الفصل الثامن عشر
العوامل التى تؤدى إلى تراكم الرمال

١ ـ أسباب تراكم الرمال

عندما تتراكم حبات الرمل التى تنقلها الرياح أو المياه فى مكان ما على شاطىء البحر ، أو على ضفاف مجرى للمياه ، أو على أراضى زراعية مزروعة أو غير مزروعة، فإن هذه الظاهرة تسمى بعملية تراكم الرمال .

وعندما تتحرك تلك التراكمات الرملية أو الكثبان فإنها تدفن تحت كتلها المساحات المزروعة ، والمساكن وطرق المواصلات ، وشبكات نقل المياه . وقد تبلغ الخسائر المادية والأضرار الاقتصادية والاجتماعية درجة من الخطورة ، تجعل من تثبيت هذه الكثبان الرملية هدفا له الأولوية المطلقة . إذ أنه لإمكان التعرف على كيفية استخدام وسائل المقاومة ، يجب أولا تمييز العاملين اللذين يساهمان فى تكوين وتحرك الكتل الرملية أى : الرياح والتربة .

الرياح

وهى تلى الحرارة أهمية فى الصحراء ... إذ هى العامل الثانى الذى يتحكم فى مصير العمران فى « الواحات الخارجة » و « الواحات الداخلة » خاصة . وبقية أراضى الصحراء بوجه عام .

فالرياح تنقل الكثبان من أماكنها إلى أماكن أخرى ، وهذه الكثبان لها من الخطر مالها ، إذ تغير على القرى فتطمرها ، والدروب فتمحوها ، وتعيد وجه الأرض سيرته الأولى ، فيضل السارى سواء السبيل ، كما حدث لجيش « قمبيز » الذى سيره عام ٥٢٥ ق . م . من « الواحات الخارجة » إلى « واحة سيوه » ليغزوها ويضرم النار فى معبدها المقدس ، فثارت به الأنواء ، وائتمرت به السافيات ، فى قلب الصحراء ، فطمرته الرمال ، فلم يصل إلى هدفه ، ولم يعد إلى قاعدته التى بدأ منها زحفه ، ولم يقف له أحد ـ حتى اليوم ـ على أثر .. !

كما أن الكثبان تطمر العيون والآبار ، وتكتسح الزروع ، وتعصف نتائج ذلك كله ، بحياة الإنسان والحيواد ، وترمى كل كائن حى بالهلاك !!

هذه هى مضار الرياح العاصفة فى تلك الأصقاع ... أما منافعها فقد قال تعالى فى كتابه العزيز : «وأرسلنا الرياح لواقح » إذ تحمل حبوب اللقاح من غصن إلى غصن .. ومن فنن إلى فنن ، ومن زهرة إلى أخرى فتتم عملية الإخصاب ويعقد الثمر ، وتزدهر الأرض بالفاكهة من كل زوج بهيج حدائق وأعناب ، صنوان وغير صنوان ، تسقى بماء واحد .

والرياح عامل هام فى نقل غذاء النبات إليه ، من أقصى الأرض ، إلى حيث يقيم فى مكانه عنه لا يريم ، وذلك لأنها تهب ملاصقة لسطح الأرض ، فتحمل ذراتها الدقيقة المجهزة بأطيب العناصر الغذائية التى تفيد التربة .. وكذلك تعمل على نشر النباتات بين منطقة وأخرى ، بحملها للبذور المجنحة من مكان إلى مكان ، فإذا ما صادفت ظروفاً ملائمة ، ضربت بجذيراتها فى الأرض ، وأرسلت ريشتها فى الهواء ونمت نماء حسنا .

١ ـ تعريف الرياح

الرياح هى كتلة من الهواء متحركة وفقا لمركبة أفقية . وتتجه الرياح من الضغوط العالية إلى الضغوط المنخفضة

العاصفة (التورينة) هى تحرك الهواء حول محور بميل متغير ، وتضاعف سرعة الرياح بما لا يقل عن خمسة أضعافها ، وبذا تنقلب إلى عامل فعال للتآكل والنقل .

وتنعدم سرعة الريح على مستوى التربة ، إلا أنها تتزايد تدريجيا كلما ارتفعت عنه . وفى الإمكان ملاحظة أهم اختلاف فى السرعة على مستوى المليمترات أو السنتيمترات الأولى فوق السطح ، وتسمى طبقة الاضطراب . والعواصف التى تنطلق فى هذه المنطقة، هى التى تسبب تحرك ذرات الرمال .

أما الريح الفعالة فهى التى تزيد سرعتها عن الحد الحرج ، إذا ما وصلته استطاعت حمل الجسيمات ونقلها . ومن المتفق عليه أن هذه السرعة ، تتراوح بين ٤ و ٦ أمتار /

ثانية ، تبعا لحجم الجسيمات .

وتشمل المناطق التى تواجه اثارا خطيرة بفعل الريح : شمال افريقيا ، وللمناطق الجافه وشبه الجافه شمال الصحراء الكبرى ، وافريقيا الجنوبية الجافه حول كالاهارى ، وبعض قطاعات جنوب ووسط آسيا ، واستراليا وجنوب أمريكا اللاتينية ، والمناطق الجافه وشبه الجافه فى أمريكا الشمالية وجنوب الاتحاد السوفيتى .

٢ ـ التربة

التآكل أو النحر بواسطة الرياح الانجراف من مظاهر مهاجمة الريح للتربة . ومن المحتمل جدا أن يحدث هذا النوع من التآكل كلما كانت التربة تتسم بالآتى :

ـ جيدة الحرث ، جافة ، دقيقة التفتتت ،

ـ سطح متسق (مستو) ،

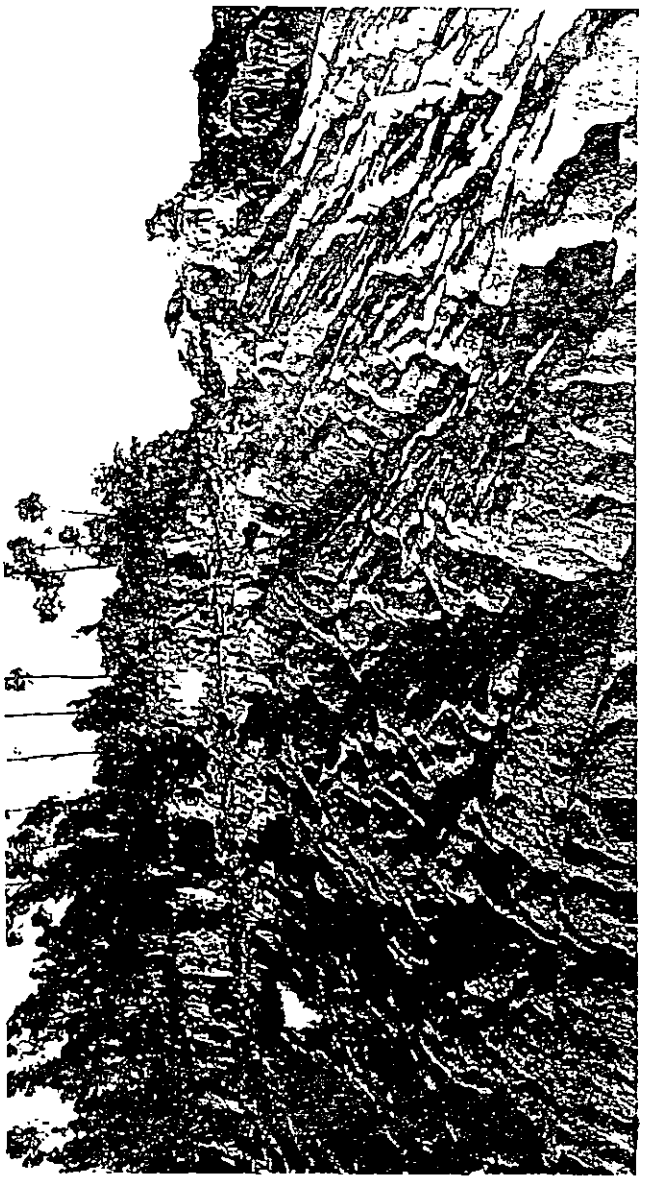
ـ غطاء نباتى منعدم أو قليل الكثافة ،

ـ منطقة ممتدة بصورة كافية فى اتجاه الريح . انظر الشكل رقم (٢٢)

العوامل التى تؤثر فى الانجراف بالرياح : ان القابلية للانجراف بالرياح ترتبط ارتباطا مؤكدا بما تحتويه الأراضى من الرطوبة . فالأراضى المبللة لا تذروها الرياح . وينخفض المحتوى الرطوبى عادة بالرياح الجافة الساخنة إلى نقطة الذبول أو ما دونها قبل أن يبدأ فعل الرياح فى الجرف .

أما العوامل الأخرى المعروفة بتأثيرها فى الانجراف بالرياح فهى : (١) سرعة الرياح ، (٢) حالة سطح التربة ، (٣) صفات الأرض . والظاهر أن معدل حركة الرياح ، خصوصا الزوابع التى تزيد سرعتها عن المتوسط ، له أثره فى الانجراف . كما أن اضطراب حركة الريح تؤثر فى قدرة الجو على النقل . ومع أن للرياح نفسها مفعولا مباشرا فى التقاط التربة الناعمة ، إلا أن الأثر الأكبر أهمية ربما كان راجعا إلى فعل الحبيبات التى تحملها الرياح على تلك التى لم تزل ملتصقة بالأرض .

ويكون الانجراف بالرياح أقل شدة إذا كان سطح التربة خشنا . ويمكن الحصول على هذه الخشونة باتباع طرق التمهيد اللائقة التى تترك كتلا كبيرة أو التى تخطط



شكل رقم (٢٢) يوضح مدى الأضرار الناتجة عن عمليات التصحر فى أثيوبيا بالحبشه .

سطح الأرض . كما أن ترك الربايب يعتبر طريقة أكثر فاعلية فى الاقلال من فقد التربة بالرياح .

وهناك : بالاضافة إلى المحتوى الرطوبى ، صفات أخرى كثيرة من الصفات الأرضية تؤثر فى الانجراف بالرياح ، وهى : (١) الثبات الميكانيكى للكتل والمجمعات الأرضية الجافة و (٢) وجود قشرة أرضية ثابتة و (٣) الكثافة الظاهرية وحجم الجزيئات الأرضية القابلة للانجراف . فيجب أن تكون الكتل مقاومة للفعل الساحق الذى تسببه الحبيبات التى تحملها الرياح ، فإذا حدث أن وجدت قشرة سطحية للتربة نتيجة لمطر سابق، فيجب أن تتحمل هى الأخرى قوة الاصطدام بدون أن تتدهور . وهنا تتضح أهمية المواد اللاحمة بجلاء .

ويبدو أن بعض حبيبات التربة تتعرض للانجراف بدرجة أكبر من بعضها الآخر تبعا لحجمها ولكثافاتها الظاهرية . فأكثرها عرضة للانجراف هى تلك التى تبلغ أقطار حبيباتها ١ر٠ ملليمتر ، وتقل القابلية للحركة إذا زادت الأحجام أو قلت عن ذلك . والظاهر أن الحبيبات التى تبلغ أقطارها ١ر٠ ملليمتر هى المسئولة الى حد ما عن تحرك الحبيبات الأكبر والأصغر منها . فعندما تتحرك الحبيبات شديدة الانجراف بطريقة الوثب فإنها تصطدم بالحبيبات الأكبر حجما مسببة تدحرجها على السطح ، وبالحبيبات الأصغر مسببة ارتفاعها فى الجو لتسبح معلقة فيه .

التحكم فى الانجراف بالرياح : العوامل التى شرحت فيما تقدم تشير إلى طرق الحد من الانجراف بالرياح . فمن الواضح أن خطر الانجراف بالرياح يقل إذا أمكن ابقاء الأرض رطبة . كما أن الغطاء النباتى يقلل من ذريان الأرض بالرياح ، خصوصا إذا كانت جذور النباتات موطدة جيدا فى الأرض . ان الاساليب السليمة للمحافظة على الرطوبة بمناطق الزراعة الجافة تستدعى تبوير بعض المساحات لفترة الصيف ، غير أن هذا يتيح للرياح الساخنة الجافة أن تقلل الرطوبة فى سطح التربة . وتبعا لذلك فلابد من الالتجاء إلى وسائل أخرى لحماية الأراضى الزراعية فى هـذه المناطق .

ينتج عن تخشن سطح التربة خفض سرعة الرياح واصطياد بعض الحبيبات المتحركة . وقد أثبت عطاء الربايب فاعليته فى هذا المنوال . وإذا كان الغرض من الحرث هو تكوين

سطح كتلى فيجب أن يجرى عموديا على اتجاه الرياح السائدة . وكذلك يجب أن تكون الزراعة الشرائطية ، وتبادل شرائط الأرض المتزرعة مع البور عمودية على اتجاه الرياح . وتعتبر المصدات ، فعل الرياح عليها أكبر ما يمكن فى الولايات المتحدة هى ذلك الامتداد العريض المسمى « بالسهول العظمى » . فيها يعمل سوء استغلال أراضى المحصولات وانخفاض مقدرة الاستيعاب لحشائش المراعى، بسبب الرعى الجائر ، على تشجيع فعل الرياح بدرجة كبيرة . لقد أظهرت الخبرة أن النتائج فى السنوات الجافة كانت تدعو إلى شدة الرثاء .

مناطق الانجراف الريحى الزائد : توجد فى الولايات المتحدة منطقتان لحدوث عواصف الغبار الهائله يطلق عليها اصطلاح قصعات الغبار : الاولى ، وهى الأكبر ، تشمل معظم الأجزاء الغربية من ولايات كانساس ، وأوكلاهوما ، وتكساس ، وتمتد فى جنوب شرق كلورادو وشرق ولاية نيويورك . والثانية ، وهى غير منتظمة ، ومشتقة إلى حد ما ، تقع عبر الأجزاء الوسطى لثلاث ولايات ـ نبراسكا ، وداكوتا الشمالية وداكوتا الجنوبية ـ وتتأثر المناطق الشرقية من ولاية مونتانا كذلك بهذه العواصف . ومن العريب أن مناطق الانجراف المائى الشديد تقع ملاصقة لهذه القصعات الغبارية ويكثر على حدودها الانجراف الخورى والسطحى التى تسببه السيول.

وربما بلغت المساحات التى تتأثر بالانجراف الريحى فى الولايات المتحدة ما يلى ؛ ١٢ فى المائة من مساحة اليابسة تتأثر بدرجة طفيفة ، ٨ فى المائة بدرجة متوسطة ، ٢ أو ٣ فى المائة بدرجة شديدة . وعلى الرغم من أن معظم التلف ينحصر فى الأقاليم القليلة الأمطار ، فإن بعض الانجراف الرياحى الشديد يحدث فى المناطق الرطبة ، ويعتبر تحرك الكثبان الرملية مثلا جيدا لذلك . كما أن الأراضى الرملية ذات الأهمية الكبيرة فى زراعة الخضروات تتأثر غالبا بالرياح . ويكون هذا النوع من الانجراف هداما بصفة خاصة على الأراضى العضوية Peat المتزرعة ، خصوصا تلك التى زرعت كثيفة لفترة طويلة . أن جفاف الطبقات السطحية المخدومة والناعمة فى الأراضى الطمييية الرملية والعضوية يعرضهما لسفى الرياح بدرجة شديدة .

ميكانيكية الانجراف بالرياح : على غرار ما كانت عليه الحال فى الانجراف بالماء ،

نجد أن فقد التربة نتيجة لحركة الرياح يشمل عمليتين : (١) الفصل ، (٢) النقل ؛ إذ ينتج عن سحق الرياح للتحببات أو الكتل الأرضية فصل الحبيبات الدقيقة المكونة لها . وتزداد قوة الرياح للسحق زيادة كبيرة إذا كانت محملة بحبيبات التربة . فحينئذ يتسبب اصطدام هذه الحبيبات سريعة الحركة بكتل التربة ومجمعاتها فى فصل حبيبات أخرى منها ، تصبح بدورها عرضة للتحرك كذلك .

وتنقل الحبيبات بعد فصلها بعدة طرق : أولها وأهمها « الوثب » Saltation أو تحرك حبيبات التربة فى سلسلة من القفزات على سطح الأرض .

أما إذا كانت الخلجان كبيرة جدا ، فكثيرا ما تستعمل السدود الترابية أو الخرسانية ، أو الحجرية بنجاح . فى هذه الحالة تترسب معظم المواد المعلقة أمام السد وتردم الخور ببطء . هذا ويوصى كذلك فى بعض الظروف باستعمال سدود الحجز شبه الدائمة ، أو ذات الفتحات أو المجارى المبطنة ، وكذلك قنوات التحويل . إن الصعوبة الوحيدة فيما يختص بالمنشآت الهندسية هى أن تكاليفها قد تزيد على الفائدة الناتجة منها أو حتى على قيمة الأرض التى تخدمها . وهى بهذا قد تكون غير اقتصادية .

الانجراف بالرياح (الريحى) ـ أهميته والتحكم فيه

بالرغم من أن هذا النوع من تدمير الأرض يغلب فى الأقاليم الجافه وشبه الجفة ، فإنه يحدث إلى حد ما فى المناخات الرطبة كذلك . انه أساسا ظاهرة من ظواهر لجو الجاف ، ولهذا فهو يعنى مشكلة الرطوبة جميع أنواع الأراضى والمواد المكونة لها تتأثر بهذا الانجراف كما أن أجزاءها الناعمة تحمل فى بعض الأحيان الى ارتفاعات كبيرة ولمئات الأميال .

فى العاصفة الترابية الكبرى التى حدثت فى مايو ١٩٣٤ ، والتى بدأت من عرب كانساس وتكساس وأوكلاهوما ، والأجزاء المتاخمة من كولورادو ونيومكسيكو ، تحركت سحب الغبار شرقا إلى ساحل الاطلنطى ، بل وإلى مئات من الأميال فوق المحيط . مثل هذا النشاط الهوائى ليس بظاهرة حديثة بل كان شائعا فى جميع العصور الجيولوجية . فالطاقة الهوائية التى سببت ظهور الرواسب اللوس السافية (Loessial deposits) ذات الأهمية الزراعية فى الولايات المتحدة وغيرها من الدول ، إنما تنتمى إلى هذا النوع من

النشاط .

غالبا ما تكون الآثار المدمرة للانجراف بالرياح خطيرة للغاية . فهى لا تسلب الأرض أتربتها الغنية فقط ، بل إنه اما أن يذرو المحصولات أو يتركها لتموت بجذورها مكشوفة أو بردمها بالفتات السافى . وقد لا يكون هبوب الرياح شديدا غير أن الأثر البتار والساحق للرمال بصفة خاصة على المحصولات الغضة ذو أثر مدمر فى أغلب الأحيان . ان المساحة التى يبلغ كالنطاقات الواقية الشجرية ، (انظر شكل ٢٣) ، فعالة فى خفض سرعة الرياح لمسافات قصيرة ولاصطياد التربة السافية .

شكل (٢٣) تصلح الشجيرات والأشجار كمصدات جيدة للرياح ،وتزيد من جمال المزرعة ،كما يظهر فى الصورة المأخوذة لاحدى مزارع ولاية داكوتا الشمالية

وفى حالة الاراضى الرملية ، والطمية الرملية ، والعضوية المتزوعة التى تذروها الرياح فى الأقاليم الرطبة تتخذ وسائل عدة للتحكم ، نخص بالفاعلية منها مصدات الرياح والحشائش المتشبثة والشجيرات اما الحوائط الوتدية وستائر الخيش فعلى الرغم من ضآلة مفعولها كمصدات للرياح إلا أنها تفضل على بعض الأشجار كالصفصاف نظرا لامكان

نقلها من مكان إلى آخر تبعا لتغير المحصول وطرق الزراعة . ومن الطرق التى تستعمل أحيانا على الأراضى العضوية زراعة الحنطة فى شرائط ضيقة بعرض الحقل . جميع هذه الطرق المستخدمة للتحكم فى الانجراف بالرياح ، سواء استخدمت فى أقاليم جافة أم رطبة، وسواء أكانت تعتمد على النبات أم طرق ميكانيكية بحتة ، فما هى إلا حالات من المشكلة العريضة ، وهى التحكم فى الرطوبة الأرضية .

ويظهر التآكل بواسطة الرياح فى أخطر أشكاله فى المناطق الجافه وشبه الجافه فالأراضى التى يجف سطحها لأشهر طويلة ، لا تجد ما يحميها . فانعدام الحماية التى يوفرها الغطاء النباتى الطبيعى تحت تأثير الرعى الجائر ، وقطع الأشجار لاستخدامها فى أغراض الحريق (التحطيب) والاستصلاح من أجل الزراعة ، يحرم هذه الأراضى من المواد العضوية أو الدبال ، ويضعف تماسكها ويحولها إلى أراضى هشة للغاية ذات هيكل ترابى .

٢ ـ مصدر الرمال

عندما تنقل التيارات البحرية الرمال لتتراكم على الشاطىء . فإنه يتحول إلى ما يسمى بالكثبان البحرية أو الشاطئية . ولكن عندما يجىء الرمل من داخل الأراضى فإنه يكون ما يسمى بالكثبان القارية . وفى هذه الحالة قد يكون مصدر الرمل :

ـ بعيدا فيطلق عليه اسم الرمل الخارجى .

ـ محليا : فيسمى الرمل المحلى .

١ ـ الرمل الخارجى

قد يحمل الهواء الرمل وينقله بعيدا جدا . ويقتصر النقل عندما يتم إلى مسافات بعيدة ، على الحبيبات التى يقل قطرها عن ٠٫٠٥ ملم . والرمل المحلى عادة أكثر خشونة .

٢ ـ الرمل المحلى

قد يكون مصدر الرمل المحلى :

ـ تحلل الحجر الرملى الذى تتكون منه الصخور الجبلية .

ـ تفتت تربة السهول الطمية التى حدث لها تعريه نتيجة لاختفاء الغطاء النباتى ،

ـ الغرين (الطمى) الذى تجرفه الأنهار والناجم عن التآكل المائى فى مراكز تجمع مياه هذه المجارى .

والرمل المحلى له لون أسود داكن ، فى حين أن الرمل الخارجى فاتح اللون ويميل إلى الاصفرار .

٣ ـ التركيب المعدنى للرمل

الرمل يتكون فى أغلبه من الكوارتز . وهو نتيجة لتحلل الصخور الرملية . وتظهر حبات الرمل (وهو صخر من الصوّان) تحت المجهر فى أشكال مختلفة ، إما ذات زوايا وإما غير منتظمة . ويرجع عدم تناسق الحبات إلى الاحتكاك المستمر وإلى تآكلها بفعل الريح .

وهناك معادن أخرى تدخل فى تركيب الرمل ، ولكن بكميات قليله للغاية مثل الكالسيت والجبس ، وأوكسيد الحديد المغناطيسى . ويرجع التباين فى ألوان الرمل إلى تأكسد الحبات ، فأوكسيد الحديد يعطى حبات الرمل لونا أحمر .

ميكانيكية التآكل

يعتمد تحديد أشكال الكثبان الرملية ، بصورة مباشرة ، على قياس نسبة الحبيبات فى جسيمات التربة . فالرياح لا تؤثر إلا على المواد ذات الأحجام المحددة .

١ ـ ميكانيكية الحركة على مستوى الجسيمات

هناك ثلاث وسائل لدفع الجسيمات : القفز ، الزحف على السطح والتعليق (الشكل ٢٤) .

ـ القفز :

تتمثل الحركة الأصلية لجسيمات التربة فى سلسلة من القفزات . ويتراوح قطر الجسيمات القابلة للقفز ما بين ٥ر٠ و ١ر١ مم . وتسقط الجسيمات بعد القفز بفعل جاذبية الأرض . ونقطة الهبوط فى المسار مائلة للغاية ناحية التربة ، بل تكاد تكون مستقيمة . وعدد الجسيمات التى ترتفع لأكثر من متر ضئيل للغاية ، كما أن ٩٠ فى

المائة منها تقفز إلى ارتفاع يقل عن ٣٠ سم . أما قيمة الذروة الأفقية للمقفزة فتتراوح بين ٥ر٠ ومتر .

وظاهرة القفز لا غنى عنها كبداية للتآكل بفعل الريح . وتعتبر أساسا كوسيلة أخرى لنقل عناصر التربة بفعل الرياح الزاحفة على السطح والتعليق فى الهواء .

ـ الزحف على السطح

تتدحرج الجسيمات ذات الأقطار الأكبر أو تنزلق على سطح التربة . ولا يمكن أن ترتفع نظرا لثقلها . أما حركتها فناجمة عن ارتطامها بالجسيمات القافزة أكثر من تأثرها بقوة دفع الرياح . وتتراوح أقطار الجسيمات التى تتحرك بهذه الطريقة بين ٥ر٠ و ٢م وفقا لشدة الرياح وسرعتها .

ـ التعليق

لا ينتقل الغبار بصفة عامة إلا إذا انطلق فى الهواء تحت تأثير الارتطام بحبات أكبر . وعندما يصل إلى طبقة الاضطراب ، فقد يرتفع إلى علو كبير بفعل تيارات الهواء الصاعدة ليشكل سحبا من الغبار كثيرا ما يتراوح ارتفاعها بين ٣ و ٤ آلاف متر . وقد يثير شكلها الدهشة ، إلا أن ذلك لا يغير من الحقيقة الواقعة ألا وهى أن الآلية الأساسية للتآكل بواسطة الرياح هى عملية القفز ، فبدونها لا يمكن أن تتشكل مثل هذه السحب .

٢ ـ الآليات على مستوى التحركات الشاملة

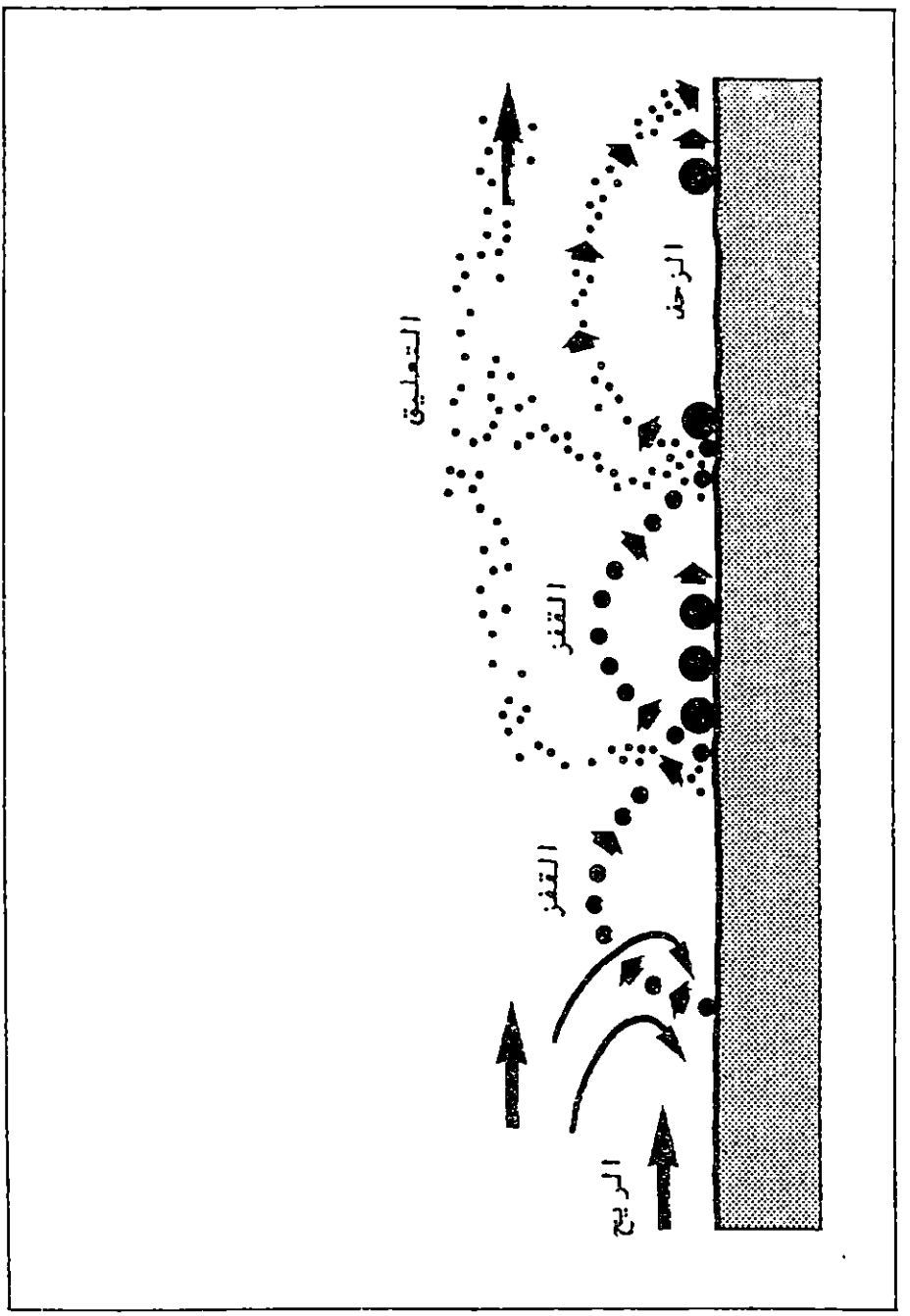
يؤدى تحرك الجسيمات إلى تفاعلات تبادلية ، من أهمها :

١ ـ ظاهرة التشبع

تعتبر هذه الظاهرة ناتجة عن القفز ، فالجسيمات القافزة تؤدى عند سقوطها ، إلى انتقال كمية أكبر من الجسيمات . وهكذا عندما تهب الريح على تربة عادية ، فإن حجم ما تحمله من جسيمات يتزايد تدريجيا إلى أن يصل إلى حد أقصى بحيث تبقى الكمية المفقودة موازية على الدوام للكمية المكتسبة .

والحد الأقصى لما تحمله الريح من جسيمات تكون متماثله ،على نحو ملموس،

(الشكل ٢٤) طريقة دفع الحبيبات



فيما يخص جميع أنواع التربة ، كما أنه يكون مشابه فيما يتعلق بالكثبان الرملية .

وتختلف المسافة اللازمة للتوصل إلى حد التشبع هذا على نحو عكسى ، تبعا لدرجة تأثر التربة بالتآكل . فقد يحدث هذا التشبع على أرض هشة للغاية على بعد ٥٠ مترا ، كما أنه قد يتطلب أكثر من ١٠٠٠ متر على أرض متماسكة .

٢ ـ الفرز

تحمل الرياح الجسيمات الدقيقة والخفيفة للغاية بسرعة أكبر من الجسيمات الأكبر . وكلما كانت الجسيمات دقيقة كلما ازدادت سرعتها ، وازدادت المسافات التى تقطعها والارتفاعات التى تصلها . وهكذا تقسم الرياح مختلف عناصر التربة إلى فئات وفقا لأحجامها : الأحجار غير القابلة للتآكل ، الحصى ، الرمل ، الصلصال والطمى ومن ثم لا تحمل الريح سوى العناصر الدقيقة وتترك العناصر الخشنة فى أماكنها .

ومن بين اثار هذا الفرز تعريه التربة تدريجيا حيث أن المواد العضوية هى أول ما تحمله الريح نظرا لأنها تتكون من عناصر دقيقة وخفيفة .

٣ ـ النحت الطبيعى

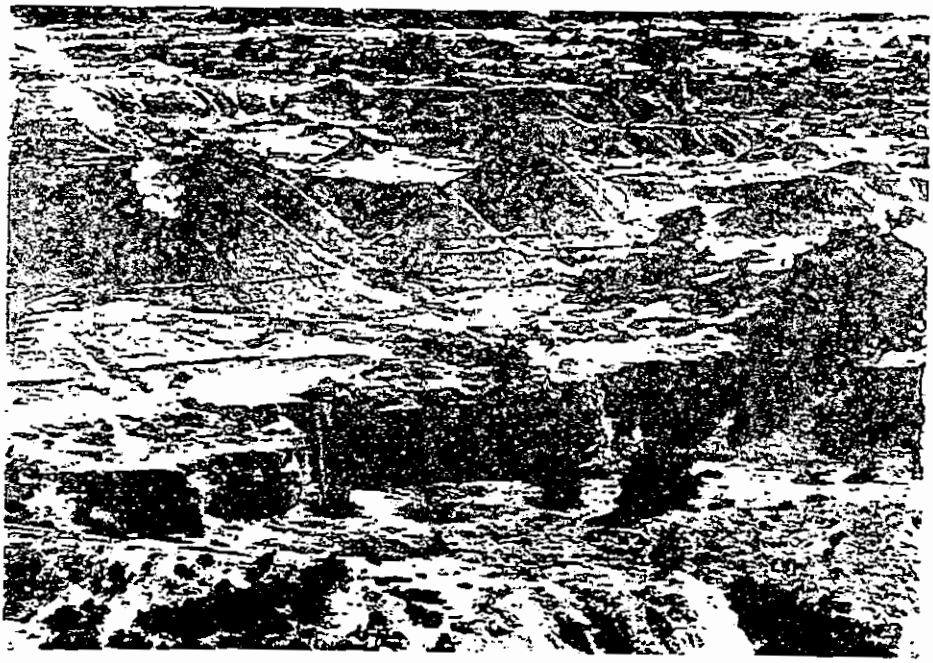
وهو النحت الآلى للسطح بفعل الرياح المحملة بالجسيمات . ويعتبر من أسباب تفاقم تآكل التربة فى المناطق الجافه .

ويظهر النحت على أى مادة متماسكة ومتجانسة على شكل حزوز متوازية أو قد يؤدى إلى جعل سطحها أملس لغاية . ويؤثر هذا الصقل على النتوءات كحصى الرق المجوّف بعض الشىء أو الذى له عدة أضلاع .

وتؤدى الرياح المحملة بالرمل ، بالإضافة إلى اثار التفاوت الحرارى إلى إعطاء التلال المختلفة من التآكل والمستقطعة من الغطاء القمى ، اشكالا مماثلة للفطر (عش الغراب) .

وتحفر الريح فى الصخور سهلة التفتت ، وبالأخص فى الأراضى الزراعية ، (الطين والطمى) حزوز متوازية تكشف جذور النباتات الصغيرة . وعندما تبدو هذه الظاهرة على شكل أكثر قوة ، فإن النحت يؤدى إلى تشكيل تلال مستطيلة ذات جوانب طولية وانسيابية يبلغ ارتفاعها عدة أمتار فى بعض الأحيان ، تسمى (ياردانج) (الشكل ٢٥)

شكل رقم (٢٥)



التراكم بفعل الريح

ـ أشكال التراكم

عندما تضعف الرياح وتفقد سرعة جرفها للرمال ، فإن هذه الرمال تتراكم .

ويكتسى التراكم الرملى أشكالا معقدة للغاية ، لا بسبب هيكل التيار الهوائى فحسب ، وإنما أيضا بسبب طبيعة سطح التربة ، والطبوغرافيا ، والنباتات وحجم حبيبات الرمل . وفيما يلى بعض الأشكال المميزة للتراكم :

ـ الذرات الهوائية

وهى عبارة عن ذرات منتشرة لجزيئات رملية على سطح التربة

ـ الرواسب الرمليه

الراسب الرملى يكون ناجم عن وجود عائق (نباتى ، صخرى) على مسار الجزيئات الرملية المتحركة . والرواسب نوعان : رواسب ذات تقوس رملى ورواسب مكومه (الشكل ٢٦) . وللراسب جانب له انحدار خفيف من الناحية المضادة للريح . أما الجانب المواجه للريح فله إنحدار شديد . والرسم المنظورى يوضح الشكل البيضاوى للراسب الرملى علما بأن طرفها الأدق يقع فى الجهة المضادة للريح . أما حجم الراسب فلا يتعدى بضعة ديسيمترات ارتفاعا وما بين متر و ٤ أمتار طولا . وتتكون الرواسب بسرعة بعد بضعة أيام من هبوب رياح قوية ذات اتجاه ثابت .

(الشكل ٢٦) رواسب هوائية

وقد تنهار أيضا بسرعة وبعضها ذات أشكال عابرة ، فى أعقاب هبوب رياح محملة بالرمال وتدل الرواسب على حركية الرمال على المستوى المحلى .

ـ البرخان

وهو تل على شكل هلال محدب فى اتجاه الرياح ويتكون على عدة مراحل : درع رملى ، درع برخانى ، برخان زوجى السطح (الشكل ٢٧) . ويكمن أصل تكوينه فى حاله وجود رياح سائده متناسقة تتكون من عناصر ذات حجم يفوق حجم تلك التى يمكن للرياح أن تحملها .

ويجوز اعتبار برخان منعزل كوسيلة لنقل الرمال التى تنتقل فى مجموعه وفقا لاتجاه

يتفق ومحور تناسقه أى اتجاه الرياح وعندما يتحول الكثيب الى برخان حقيقى فإن ديناميكيته تبقى كما هى أيا كان حجمه ، إلى أن يصل إلى حد يصبح فيه حجمه الكبير حائلا دون تحركه بالكامل ، ومن ثم ينقلب الى مستودع للرمل لتكوين سلسلة أخرى أصغر حجما . وتتوقف سرعة تحركه على حجمه وعلى درجة ميل الانحدار الذى يتحرك فوقه . علما بأن السرعة تتناسب تناسبا عكسيا مع الحجم . وعندما يكون سطح التربة مائلا فى اتجاه الرياح ، فإن سرعة تحرك التل تتزايد . أما إذا لم يكن هناك انحدار فالسرعة تتناقص وقد تبلغ سرعة التحرك عشرات الأمتار سنويا .

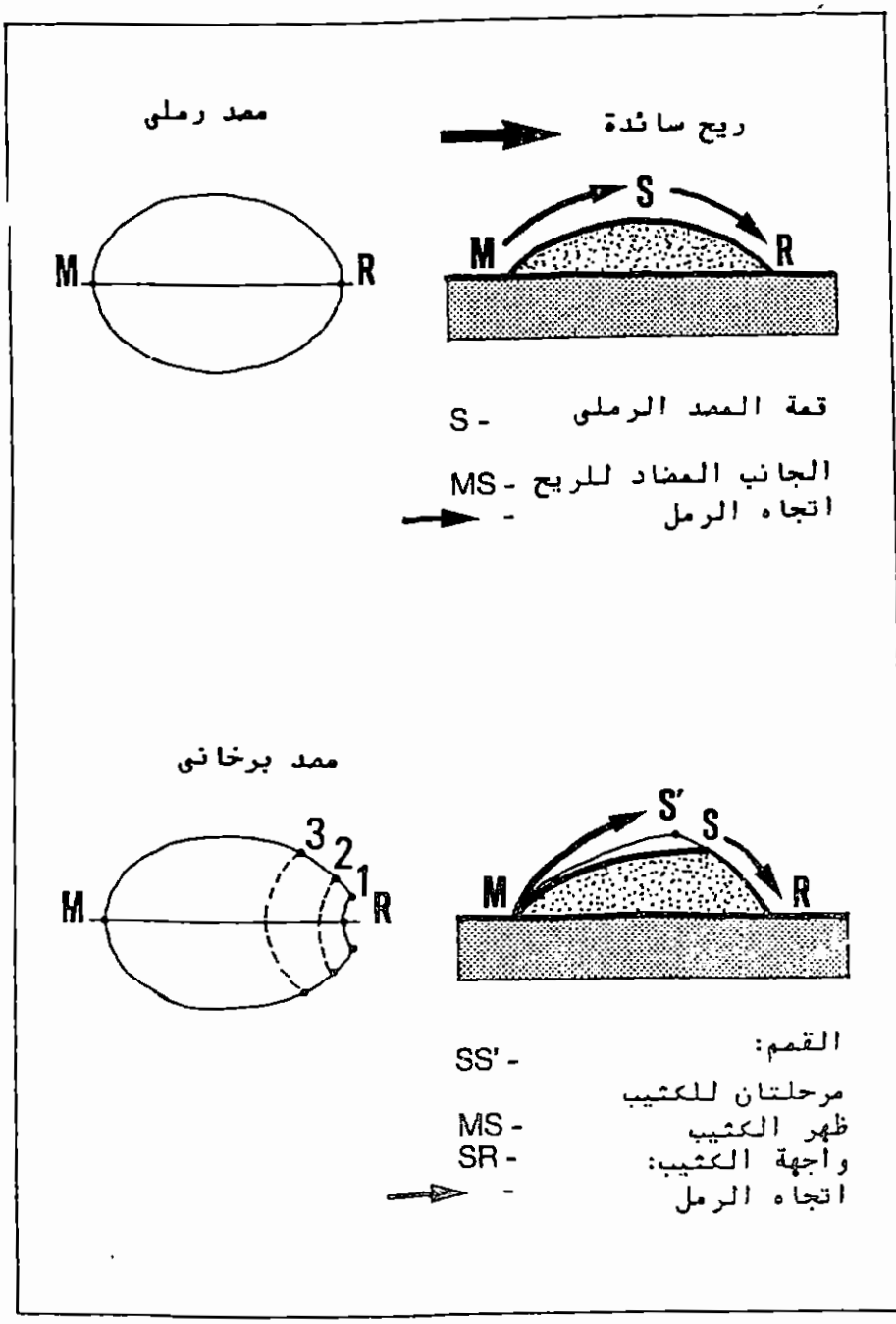
والبرخان لا يبقى عادة منعزلا ، بل يندمج فى غيره ليكون مجموعات متشابكة نوعا ما تتحول إلى سلسلة أو مجموعة حقيقية من الكثبان .

ـ الكثبان الطولية أو السيفيه

الكثيب الطولى أو السيفى (من العربية سيف) هو صرح مستطيل ، محدود ومتعدد ، له ضلعان شديدا الانحدار يلتقيان فى شكل قمة . ويزيد طول الكثيب الطولى عن عرضه على الدوام . ويتراوح طول السيف بين ٢ و ٣ كيلومترات فى المتوسط . أما عرضها فيتراوح بين ٣٠ و ١٥٠ مترا . وقد تكون هذه السيوف غير متصلة فى بعض الأحيان ومتجمعة فى شكل تجعدات يتراوح طولها بين ٣٠ و ٤٠ كيلو متر انظر الشكل رقم (٢٨)

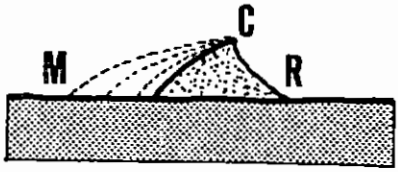
وتتكون الكثبان الطولية فى بيئة جافه يهب عليها نوعان من الرياح ذات الاتجاه المختلف أو رياح سائدة انقسمت تياراتها نتيجة لعدم تناسق الطبوغرافيا . واتجاه هذه الكثبان منحرف بالنسبة إلى الريح . ويتحرك الكثيب الطولى بالتمدد . وعندما تصطدم الرياح المحمّلة بالرمل بالكثيب الطولى ، فإنها تترك جزءا من الرمال على الجانب المواجه للرياح ، أما الجزء المتبقى فيتخطى القمة إلى أن يصل إلى الجانب المضاد للرياح حيث يسقط عليه تحت تأثير دوامة الهواء . ويتحرك الرمل الملقى على الكثيب كما وكأنه يمر على خط حديدى مواز للصرح الذى يتمدد وفقا لاتجاهه .

(الشكل ٢٧) ـ مجموعات برخانية وبرخان



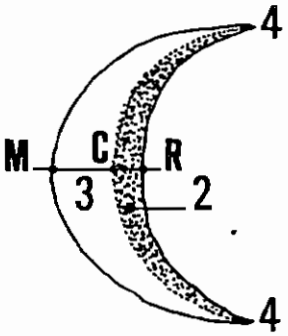
تابع الشكل رقم (٢٧)

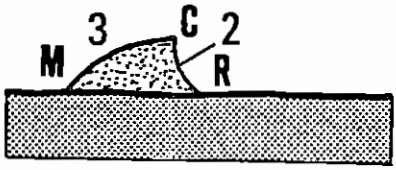
برخان زوجى السطح



MC - الظهر
CR - الواجهة
C - ظهور البرخان زوجى السطح بقمه حادة
ثلاث مراحل للكثيب -

البرخان



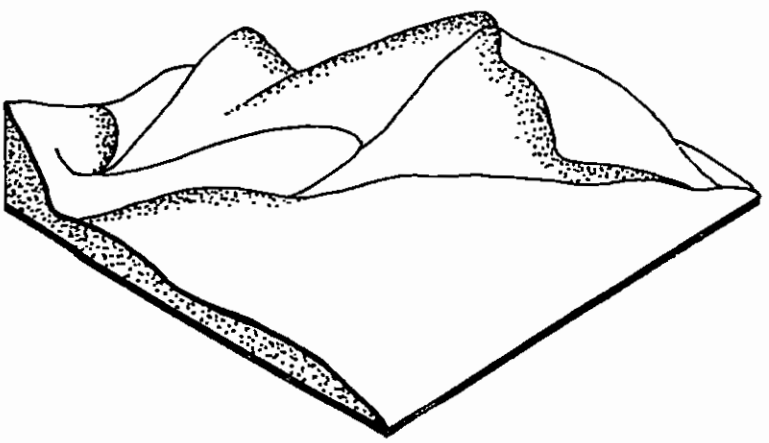


3/CM - الظهر
C - القمة الحادة
2/CR - الجبهة
4 - الذراع

ـ الكثبان الهرمية

وهى تلال رملية كثيرا ما تكون على هيئة هرم كوكبى الشكل ذى ثلاثة أذرع أو أكثر تمتد ابتداء من القمة (الشكل رقم ٢٩) . وتدل هذه الكثبان التى قد يصل ارتفاعها إلى ٣٠٠ متر على انعدام الريح السائدة . وتنشأ عند ملتقى عدة تدفقات هوائية، وتعتبر ثابتة بالفعل ومصدرا للرمال التى تتوقف على اتجاه الرياح والطبوغرافيا ، وقد تؤدى إلى إنشاء مجموعة من البرخان أو من الكثبان الطولية .

وقد تكون الكثبان الهرمية عدة صفوف تشكل سلسلة .



الشكل (٢٩) ـ الكثبان الهرمية (الغرود أو الكثبان النجمية)

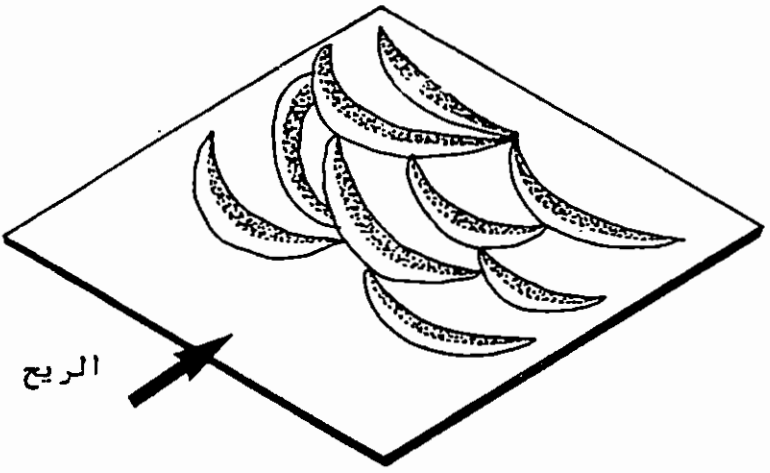
ـ الشكل الهلالى

وهو كثافة متجمعة من الكثبان الرملية المتراكمة والمتراكبة كل منها خلف ظهر الأخرى (الشكل) .

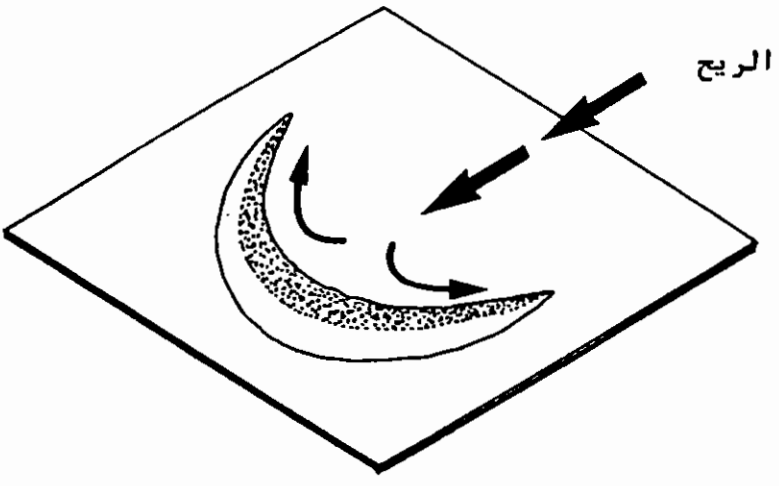
ـ الكثيب المعكوس

وهو كثيب غير متناسق ، هلالى الشكل ذو تجويف فى اتجاه الريح ، كثيرا ما يكون ثابتا نوعا ما بفعل النباتات (الشكل ٣٠) . ووضعه بالنظر إلى اتجاه الريح عكس وضع البرخان . (الشكل ٣١) . والكثيب المعكوس قليل التحرك بل إنه يبقى ثابتا فى

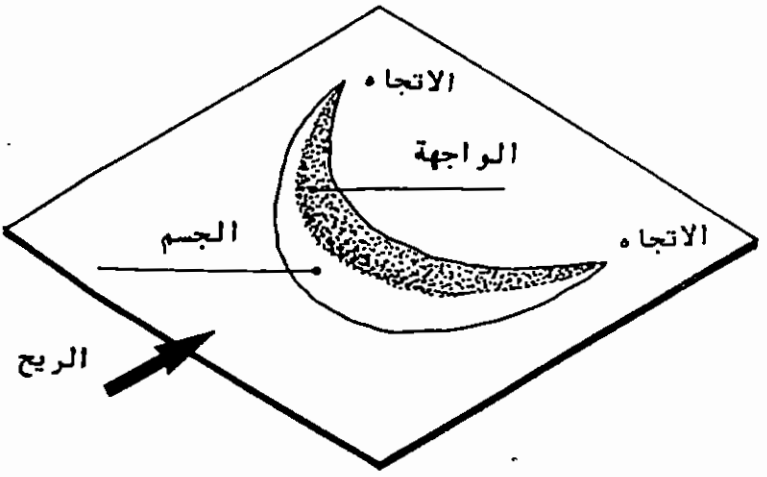
مكانه بعد أن يتكون نهائيا .



(الشكل ٣٠) كثبان رمليه معكوسه



(الشكل ٣١) ـ كثيب معكوس

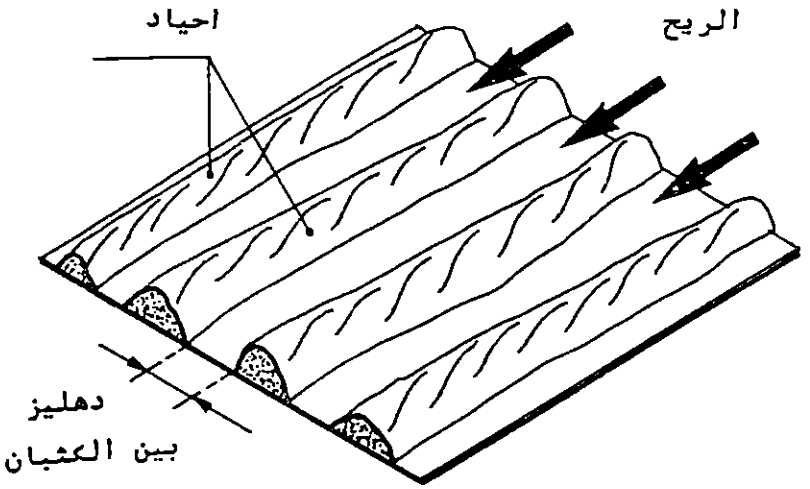


(الشكل ٣١) ـ برخان

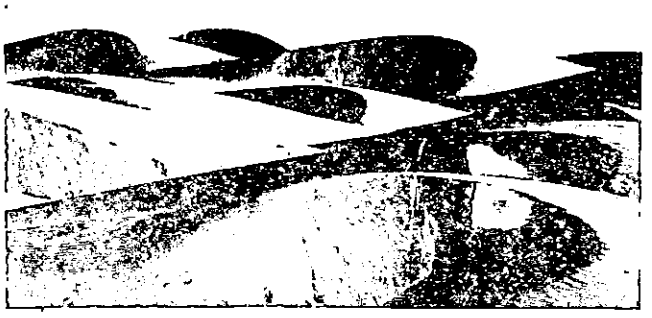
ـ الأخاديد الرملية (الشكل ٣٢)

وهى مجموعات رملية عريضة ، طولية الشكل ، تفصلها دهاليز ناجمة عن ركودالريح . وكتلتها الشاملة غير متحركة . وتختلف هذه الأخاديد الطولية عن الكثبان الرملية الطولية . فهى مصطفة فى اتجاه الرياح السائدة على عكس السيوف المنحرفة بالنسبة لاتجاه المحصلة السنوية . وتتشكل الكثبان الرملية الطولية نتيجة لترسب الرمال بزاوية منحرفة على الكثيب ، على عكس الأخاديد التى لم تتكون إلا بسبب اندثار الرمل .

والأخاديد الرملية هى أطول مجموعات هوائية أرضية وحجمها يختلف تماما عن حجم الكثبان الرملية الطولية ، فقاعدتها عريضة .



(الشكل ٣٢) الأخاديد الرملية

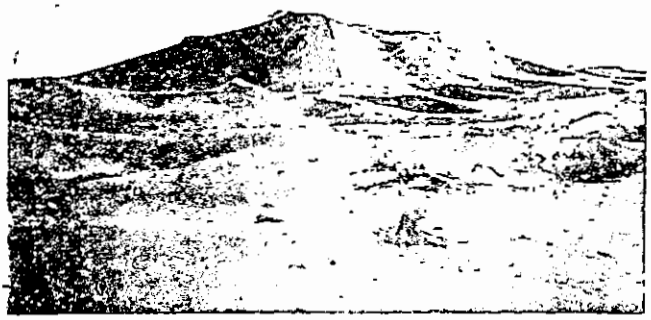


سلسلة برخانية

كثبان طولية

أ ـ فى طور التكوين

كثبان طولية ب ـ مكتملة



كثيب هرمى

تحديد مواقع تراكم الرمال ورسم خرائطها

١ ـ رصد التربة التهميدى

بالنسبة لأى موقع يتهدد بواسطة الكثبان الرملية يتطلب تدخلا للتحكم فى كميات الرمل المنقولة ، ينبغى أولا تحديد ما يلى على المستوى المحلى :

ـ مصادر الرمال

ـ مناطق النقل

ـ قطاعات التراكم .

١ ـ مصادر الرمال

قد يكون مصدر الرمل محليا (أو فى دائرة لا تزيد عن ٥ كيلومترات من الموقع) أو مختلط . وقد يجيء أيضا من مصادر مختلفة : تدهور الغطاء النباتى لتربة خشنة كثبان قديمة مغطاة ، مصاطب غرينية ، انتشار مواد عضوية بفعل الانهار أو المياه الجارية (منحدر خفيف) أو ما تنقله الأنهار .

وتحديد موقع مصادر الرمال يعتبر من المعطيات المسبقة الضرورية لاختيار طريقة التثبيت .

٢ ـ مناطق النقل

وهى المناطق التى تتحرك عليها المواد الرملية فى قفزات متتالية ، تاركة خلفها اثارا واضحة ولكنها موزعة جيوب رملية ، ذرات هوائية ، تلال صغيرة ، تراكم الرمال فى شكل رواسب رملية .

ويعتبر اتجاه تأثير الرمال مؤشرا عن إتجاه تحرك الرمال انظر الشكل رقم (٣٣)

وتحديد المواقع التى تهددها تلك الكثبان فى أى منطقة عن طريق انتقالها يعتبر تهديد لتلك المناطق بواسطة الكثبان الرملية .

١ ـ مناطق التراكم

وهى المناطق التى تغلب فيها تجمعات الرمال . ويتكون منها نماذج مختلفةمن تلك الكثبان ومن مجموعات رملية كبيرة : مجموعات برخانية ، كثبان رملية طولية ، كثبان متراكبة أو رسوبية كثبان هرمية .. وعندما تتصل المجموعات البرخانية نتيجة للتحرك أو عندما تصل الكثبان الطولية بالتمدد إلى المناطق الآهلة بالسكان ، والحدائق والقرى ، فإنها تفقد شكلها وتتحول إلى مجموعات أقل دقة تسمى قمم الكثبان .

وتشكل ذروة القمم الخطر الأكبر للرمال التى تتضخم تدريجيا ، وقد تلتهم المساكن والأشجار البالغ ارتفاعها عدة أمتار ، كما تمثل القمم مصدرا هاما للمواد الرملية التى قد تحملها الرياح لتجتاح مواقع أخرى .

٢ ـ تحديد مواقع الكثبان بواسطة الخرائط

ينبغى تسجيل المواقع المهددة على المستوى المحلى : المدينة ، الحديقة ، القرية ، قناة الرى ، على خريطة شاملة يكون مقياسها ١/٥٠٠٠ .

أما على مستوى الموقع ، فيتعين وضع كروكى اجمالى لشكل الأرض وتطور هذا الشكل فى مختلف وحدات أى موقع ، على أن يمر هذا الكروكى :

ـ اتجاهات الإرمال ؛

ـ قطاعات التراكم الرملى ؛

ـ أنواع المعالجة المقترحة.

١ ـ اتجاهات الرمال

يجوز تحديد اتجاهات الإمال باستخدام مؤشرات جيوموفورلوجية محلية : الكثبان الرملية المسماة بالذرات الهوائية والحزوز الناجمة عن البخر الطبيعى ، الكثبان الرملية

البرخانية . وتوضح هذه المجموعات الاتجاه السائد للرياح . كما ينبغى إجراء سلسلة من أعمال القياس باستخدام البوصلة . وتستخدم نتائج هذه الأعمال لتحديد الاتجاه الأقصى للإرمال ، وتحديد الحدين الأقصى والأدنى للاتجاهات الخطيرة الرئيسية والثانوية .

٢ ـ مناطق التراكم

تتمثل مناطق التراكم فى جميع المجموعات التى تتكون أساسا من الرمل المتجمع عليها : الكثبان البرخانية، الكثبان الطولية ، الهلالية ، الكثبان الهرمية ، قمم الكثبان... وينبغى تحديد حجم هذه المجموعات على الخريطة ومكانها بالنسبة للموقع المطلوب حمايته .

٣ ـ طرق التثبيت المختلفة

لامكان السيطرة على الكثبان ، ينبغى أولا وقبل كل شىء التحكم فى ظاهرة التحرك ، وهناك طريقتان لتحقيق ذلك : أما تثبيت التربة وإما بخفض نسبى بتخير سرعة الرياح بالقرب من سطح التربة . كما يجوز أيضا الانتفاع بسرعة الريح لتبديد الإرمال. وانطلاقا من هذه المبادىء العامة ، استخدمت عدة طرق منها :ـ

ـ التثبيت الاولى الذى يستهدف اما تثبيت الكتل الرملية المتحركة ، بوسائل آلية ، عندما تتهدد التجمعات البشرية أو البنية الأساسية ، واما الحيلولة دون تكون هذه الكتل الرملية ، ولتحقيق ذلك تستخدم ثلاث طرق مختلفة :

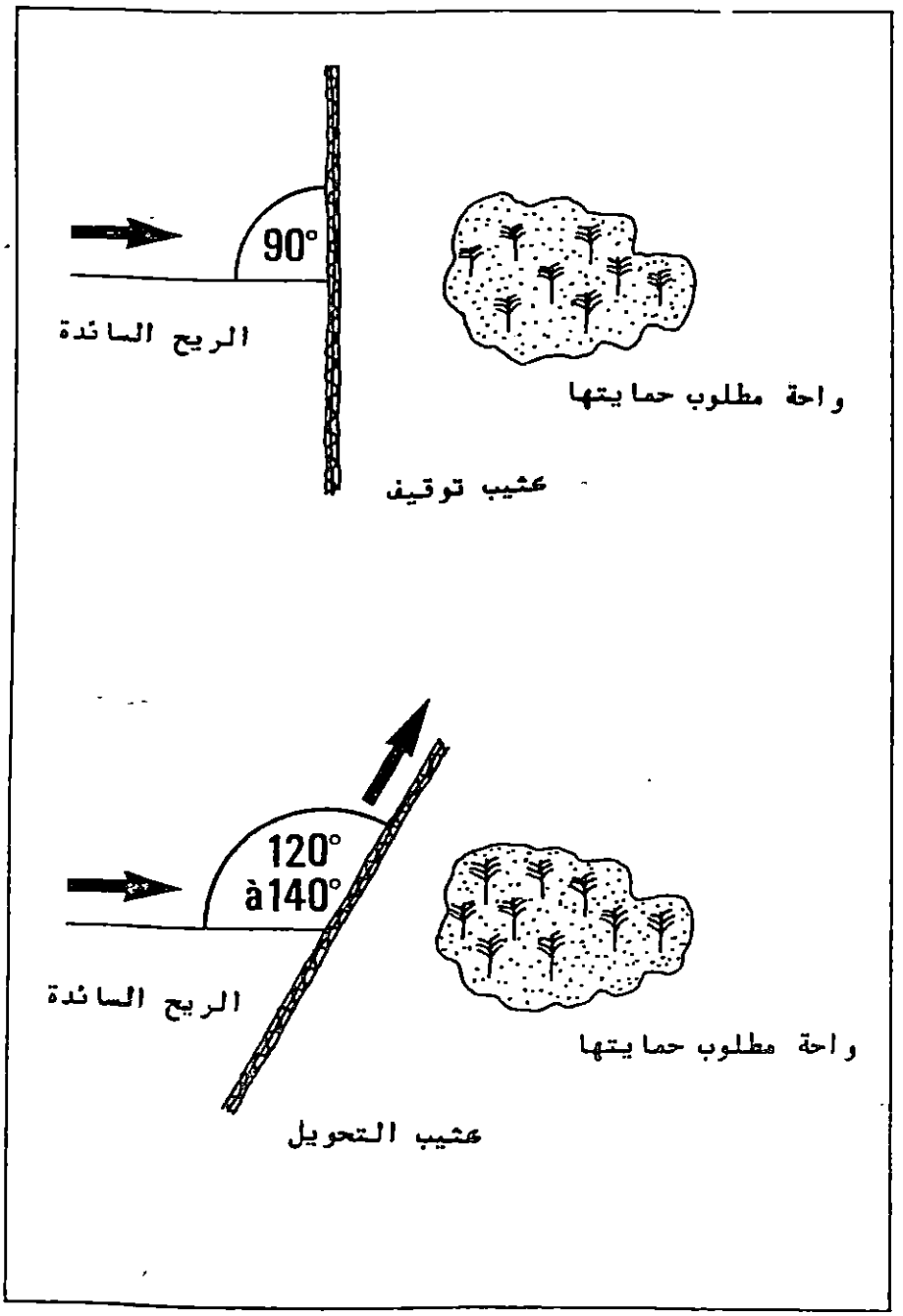
* طريقة السياج ، بإقامة مصدات للرياح ؛

* طريقة التغطية ، أى فرش أى منتج أو مادة يمكن أن تغطى التربة على نمط واحد ؛

* الطريقة الانسيابية ، أى اعطاء الحاجز بميل معين لكى لا يبطىء من سرعة الريح ،

ـ التثبيت النهائى الذى يتحقق بزراعة غطاء نباتى دائم .

(الشكل ٣٣) ـ كثبان صناعية للحماية



التثبيت الاولى : طريق الأسيجه

ـ السياج هو مصد للرياح السائدة للحد من سرعتها ولدفع الرمال المتحركة إلى التراكم أمامه. ويؤدى هذا التراكم إلى تكوين أول كثيب صناعى يمثل أول مراحل مقاومة الكثبان الرملية.

ـ تبعا لموقع السياج بالنسبة لاتجاه الرياح السائدة، يتكون نوعان من الكثبان الصناعية:

* كثيب (الايقاف) ويهدف الى ايقاف تقدم الرمال قدر الامكان . ويتكون أمام سياج فى وضع عمودى بالنسبة لأشد اتجاهات الرياح خطورة ، وهو الاجراء المتبع عادة (الشكل) .

* كثيب (الساتر) المستخدم لتحويل تقدم الرمال فى اتجاه مغاير لاتجاه الريح . ويتكون أمام سياج باتجاه يمثل زاوية تتراوح بين ١٢٠ و ١٤٠ درجة مع متوسط اتجاه هذه الرياح السائدة . (الشكل ١١ س) .

ونادرا ما يستخدم وضع التستر ، إذ أن الرمال المحولة قد تجتاح مناطق سكنية ومناطق استغلال تقع على مسافات كبيرة جدا من المنطقة التى تجرى فيها أعمال الحماية .

ـ تستخدم الرمال البحرية لاقامة السياج على شاطىء البحر، أى على أقرب مكان ممكن من منطقة تعبئة الرمال . ويتكون أمامه سياج صناعى يسمى حد ساحلى.

إذا كان الشاطىء فى وضع عمودى بالنسبة لاتجاه الريح السائدة ، فان الحد الساحلى يقوم مقام كثيب الايقاف أما إذا كان منحرفا عن هذا الوضع فسيقوم الحد بدور كثيب التستر . ويتعين عندئذ إقامة مصدات للتيار مستعرضة تستند الى الحد الساحلى وتحول دون تقدم جزء من الرمل على طول الحد..

٢ ـ إقامة السياج

١ ـ الموقع

لا يجوز إقامة أى جزء من أجزاء السياح على مسافة تقل عن ٢٠٠ متر من المنطقة المطلوب حمايتها ، فإذا ما وصلت إلى هذه المسافة ، ينبغى إيقاف تشييدها واقامة سياج ثان يتراوح بين ٤٠ و ٥٠ مترا فى اتجاه الأول (الشكل ٣٥) .

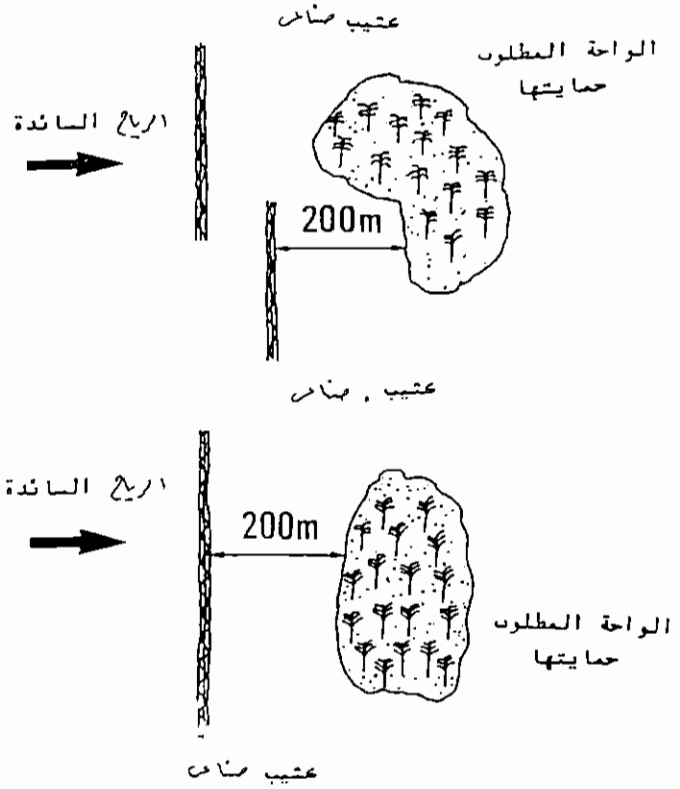
ولا يصح بأى حال من الأحوال أن تقل المسافة بين سياجين متتاليين عن ٣٠ مترا .

٢ ـ المواصفات الخاصة بالأسجيه

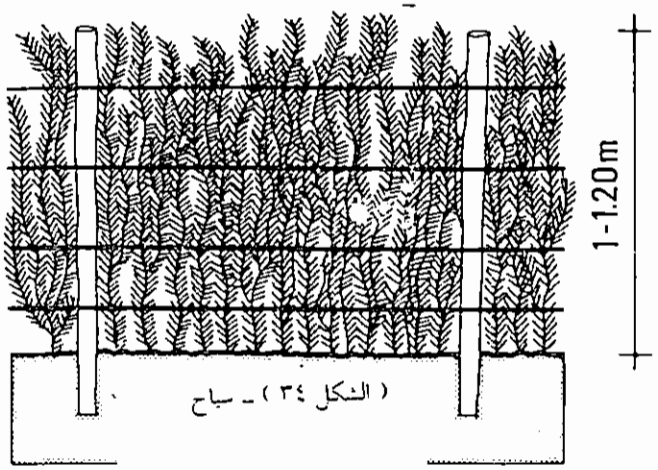
لكى يؤدى السياج دوره بفاعلية يجب أن يكون له المواصفات الآتية (الشكل ٣٤) :

* يسمح بنفاذ الرياح لكى يحد من سرعتها ويسمح بتجمع الرمل مع تجنب الظاهرة الدوامية . ونفاذ الرياح من السياح يتيح تراكم الرمال على جانبى السياج ، علما بأن مساحة الأجزاء الخاوية تمثل ما بين ٣٠ و ٤٠ فى المائة من مساحته الإجمالية ؛

* يتراوح ارتفاعه بين متر و ٢٠ر١ متر . ولا مبرر لأى حجم يزيد عن ذلك طالما أن ٩٥ فى المائة من الرمال التى تحملها الرياح هى الكامنة على ارتفاع السنتيمترات الثلاثين الأولى من سطح التربة .



(الشكل ٣٥) ـ موقع الكثيب الصناعى بالنظر إلى المنطقة المطلوب حمايتها



(الشكل ٣٤) ـ سياج

٣ ـ الاعداد

بعد تحديد اتجاه السياج ، يتم تخطيط وضعه باستخدام بوصلة ميدانية وعدد من الأوتاد . (الشكل ١٤) والمواد التى يجوز استخدامها لاعداد السياج متعددة ، ويتوقف اختيارها على مدى توافرها وعلى سعر تكلفتها .

(أ) استخدام سعف النخيل

عندما تكون المنطقة ذات تربة مفككه أو حصويه يحفر خندق بعمق ٤٠ سم وبعرض ٣٠ سم لدفن أطراف السعف (الشكل ٣٦) . أما إذا كانت التربة صلبة ، فمن الأفضل اقامة أوتاد بارتفاع ٨٠ سم تقريبا لدعم السياج . ويدفن السعف بعمق ٣٠ سم فى الخندق ويجب ألا يزيد ارتفاع السعف فوق التربة عن متر .

ويرتب السعف (الشكل ٣٧) بطول كل متر خطى وفقا للآتى :

ـ من ٧ إلى ٩ سعوف ترفع عموديا فى شكل تخميسة من الناحيتين داخل الخندق ؛

ـ ٨ إلى ١٠ سعوف مائلة على اليمين أو على اليسار بالنسبة للوضع العمودى ومتشابكة ببعضها البعض .

ـ سعفتان فى وضع أفقى على جانبى باقى السعف ومثبتتان به ، أعلى السياج بواسطة عروق السعف الأخضر .

ولمجرد العلم ، يحتاج السياج ، لكل متر طولى ، الى ١٠ سعوف يكون طولها وعرضها ٣ أمتار و ١٧ سم على التوالى وهى جافة ، ومن الأفضل تكثيف التشابك عندما يكون السعف مقطوعا حديثا ، إذ أنه ينكمش عندما يجف وبالتالى تزداد سعة الفجوات ويجوز تعزيز فعالية السياج ، إذا ما احتاج الأمر لذلك ، بدق عدد من الأوتاد يتراوح البعد بينها ٢٫٥ متر و ٣ أمتار ، تربط بالسعف بسلك وتدفن فى الخندق بعمق ٣٠ سم .

ويتوقف توافر السعف على أهمية الموارد المحلية والاستخدامات التقليدية . فقد يؤدى استخدام السعف كوقود إلى عدم توافره لأعمال مقاومة زحف الرمال .

ويجنى السعف مرتين فى السنة فى ديسمبر/ كانون الأول ـ يناير / كانون الثانى

وفى مارس / آذار .

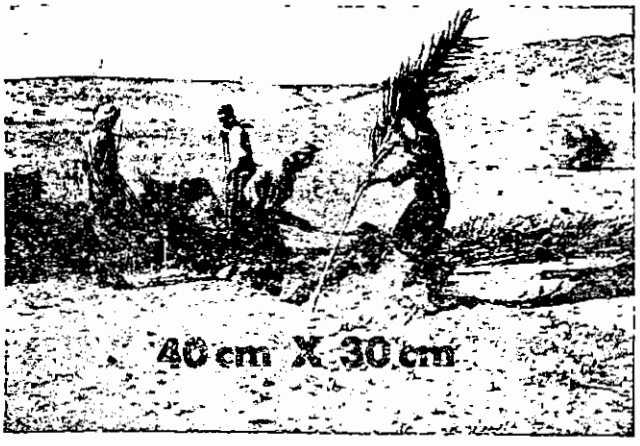
(ب) استخدام ألواح الاسمنت الليفى

فى حالة عدم توافر السعف بسهولة . يتعين بالضرورة استخدام مواد أخرى لاقامة السياج ، فقد اتاحت ألواح الاسبستوس (الشكل ٣٨) المسماة أيضا ألواح الاسمنت الليفى اقامة أسيجة فعالة للغاية . ففى المغرب ، استخدمت ألواح يبلغ طولها ٢٥ر١ متر وعرضها ٩٢ر٠ متر والوح الواحد يزن ١٤٧٠ كجم ويبلغ سمكه ٦ مم . وكل لوح به ١٦ ثقبا يبلغ كل واحد منها ٣ مم ، موزعة على أربعة صفوف تبعد عن بعضها بمسافة ٣ سم . وهذه الثقوب تسمح بنفاذ الرياح عبر الألواح .

ويتوقف تركيب الأولواح ، أسوة بالسعف ، على مدى تماسك التربة ، أى اما فى خندق وإما على أوتاد وهكذا يدفن كل لوح عموديا بعمق ٢٥ر٠ م ليبلغ ارتفاعه فوق سطح الأرض مترا . وينبغى ترك مسافة مقدارها ٤ سم بين كل لوحين متتاليين من أجل تخفيف ضغط الهواء على السياج والسماح بنفاذ الرياح .

(جـ) استخدام شباك من اللدائن الصناعيه (البلاستيك)

يوجد فى الأسواق العديد من الشباك الصناعية ويتطلب تركيبها استخدام أوتاد من الخشب يبلغ طولها ٥٠ر١ متر وقطرها ١٥ر٠ م ذات طرف مدبب تدفن بعمق ٣٠

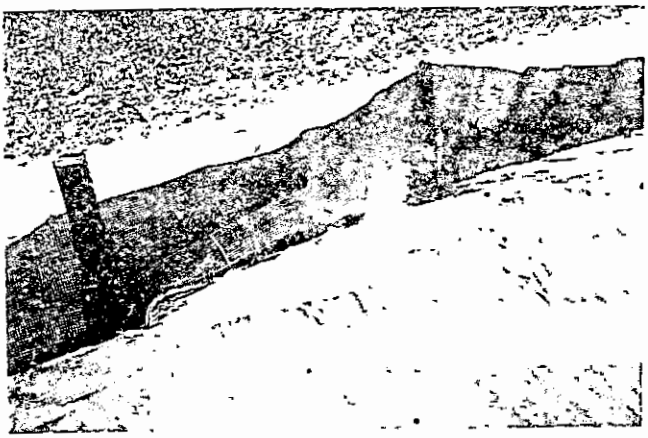


(الشكل ٣٦) ـ اعداد سياج

(الشكل ٣٧) ـ سياج

سم فى التربة وتربط بالشباك بواسطة سلك مجلفن ويدفن الطرف الأسفل للشبكة بعمق ١٠ أو ١٥ سم فى وتد على نفس الارتفاع لتجنب اهتزاز قاعدة السياج (الشكل ٣٩) .

(الشكل ٣٨) ـ لوح من الأسمنت الليفى



(الشكل ٣٩) ـ شبكة من اللدائن الاصطناعية

(د) استخدام الأغصان

من المتاح ، فى العديد من المناطق ، استخدام الأغصان . ويتعين بالطبع جمعها بعناية من المجموعات الخشبية المجاورة ، لتجنب اتلافها على نحو لا رجعة فيه . والمواد المطلوبة عبارة عن أخشاب صغيرة الحجم وأغصان متشعبة بقدر الإمكان . وباستخدام هذين العنصرين يقام حاجز يتكون من أوتاد مدفونة فى الرمال ومربوطة ببعضها بواسطة الأغصان المتشابكة والمضغوطه بما فيه الكفاية لايقاف تقدم الرمال .

٣ ـ تعلية السياج

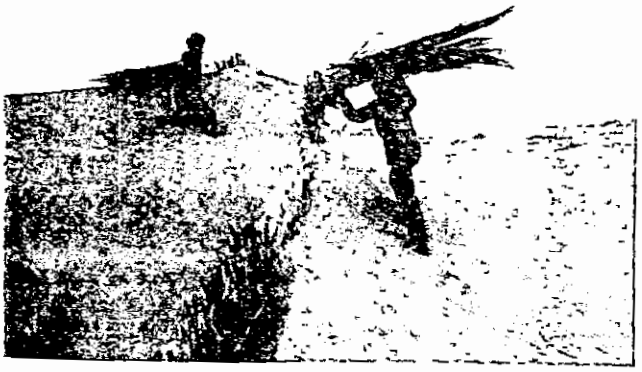
ـ إذا ما أدى السياج مهمته فسوف تغمره الرمال تماما . وينبغى عدم الانتظار إلى يصل الوضع إلى هذا الحد للبدء فى تعلية السياج . بل يجب أن يبدأ هذا العمل عندما يصل الرمل إلى ١٠ أو ١٥ سم من طرفه الأعلى . (الشكل ٤٠) .

١ ـ استخدام السعف والأغصان

عندما يكون السياج مكونا من سعف أو أغصان ، فإن عمليات التعلية تصبح صعبة ، بل قد تتعذر فى بعض الأحيان . ويتم عادة إقامة سياج جديد بنفس المواد على الكثيب الصناعى المتكون . ويتطلب الأمر تبع قمة السياج الأول وإقامة سياج جديد مماثل للأول .

وعندما يوشك السياج الجديد على الإختفاء بدوره ، تجرى تعليته بإقامة سياج

ثالث وهكذا بصفه دوريه إلى أن يصل الكثيب الصناعى إلى توازنه الجانبى .



(الشكل ٤٠) ـ تعلية السياج

٢ ـ حالة ألواح الأسمنت الليفى

لا تتطلب تعلية هذا السياج استخدام ألواح جديدة ، ويكفى استخراج الألواح الموجودة جزئيا ، واحدا بعد الواحد بحيث لا يبقى سوى ٢٥ سم مدفونة فى الرمل ويكون الارتفاع الظاهر مترا . ويجب أن تبقى المسافة التى تفصل لوحين متتاليين كما هى ومتساوية أى ٤ سم .

ويكفى لرفع اللوح ، إدخال عصا أو قضيب من الحديد فى الثقبين الموجودين فى الصف الأعلى من اللوح ، على أن يمسك بطرفيه عاملان يقفان على جانبى السياج ، وبحركات متتالية من أسفل إلى أعلى يتمكنان من استخراج اللوح تدريجيا من الرمال المتراكمة .

وأسوة بما يحدث فى حالة السياج المقام بالسعف ، يجب أن تجرى التعلية عندما يصل الرمل إلى ١٠ ـ ١٥ سم من الحد الأعلى للسياج . وقد يحدث ، زثناء التعلية ، وبالرغم من كافة الاحتياطات أن تتأثر بعض الألواح وتتلف وبالتالى ينبغى توقع استبدال نسبة تتراوح بين ٥ و ١٠ فى المائة من الألواح المستخدمة .

٤ ـ التربيع

قد يحدث وتنشأ عواصف تحمل كميات كبيرة من الرمال بين الأسجية : بفعل

رياح متفرقة ولكنها شديدة ، تهب فى اتجاه مختلف عن اتجاه الرياح السائدة . وهنا تضح الحاجة إلى استكمال الاستعدادات بإجراء تربيع يشمل كل المسافة القائمة بين سياجين متتاليين .

والتربيع عبارة عن شبكة من خطوط التوقيف تمثل مربعات أو معينات (الشكل ٤١) . أما طبيعة وطريقة اقامة خطوط التوقيف فمماثلة لطبيعة وطريقة الأسجية .

وتختلف أحجام أضلاع المربعات تبعا لشدة الريح المطلوب صدها ، ولميل المنحدرات ، ولشكل الكثيب . وبصفة عامة فإن حجم المربعات يقل على الجانب المواجه للريح عن الجهة المضادة للريح وفى المنخفضات .

وعلى سبيل المثال ، فإن متوسط حجم المربعات المستخدم على الكثبان الصحراوية فى المغرب هو ١٠ × ١٥ مترا أعلى الكثبان و ٣ × ٣ م على المنحدرات و ٤ × ٤ م فى المنخفضات .

٥ ـ الصيانة

لكى يؤدى السياج مهمته بفاعلية وعلى نحو دائم ، يتعين حمايته من أى تدهور . فأية كسر فيه تمثل منفذا خطرا للريح التى تتدفق من خلالها بسرعة كبيرة ، مما يحدُّ

شكل رقم (٤١) أ

شكل رقم (٤١) ب منطقة تم تثبيتها

من فعالية السياج بل يبطلها تماما . ومن الضرورى توفير الصيانة المستمرة لأعمال التثبيت بالتدخل على الفور لمعالجة الخلل فقد تترتب على أى تأخر آثار خطيرة . كما يتعين أيضا توفير الحراسة الدائمة للمنطقة المثبته لمنع مرور السكان والدواب بين هذه المنشآت . ولا يمكن ضمان فعاليتها إلا بهذا الثمن .

التثبيت الاولى : طريقة التغطية

تتلخص هذه الطريقة فى تغطية الرمل بطبقة واقية متناسقة قدر الإمكان لمنع أى تأثير للرياح على مستوى التربة والقضاء على ظاهرة تقدم الرمال .

ولهذا الغرض ، يجوز استخدام أى مادة كفيلة بتحقيق الغرض المنشود . وهذا يعنى أن الحلول المتاحة متعددة .

الأساليب المستخدمة

١ ـ التغطية بالقش

يعتبر الغطاء المكون من القش والحشائش المحلية أو المخلفات الزراعية فعالا للغاية فى كثير من الحالات لتثبيت سطح متحرك إلى أن تنمو النباتات . فضلا عن أنه يمد

التربة بالمواد العضوية ويساعد على خفض التبخر . إلا أن هذه المواد أقل وزنا من الرمل وبالتالى فمن السهل أن تدفعها الرياح . ومن الضرورى إذن كبسها أو دفنها . كما يجوز جعلها تلتصق بالتربة باستخدام مواد لاصقة مثل الطين أو باللجوء إلى الأوتاد والجبال انظر الشكل رقم (٤٢) .

شكل رقم (٤٢) يوضح استخدام المخلفات الزراعية لتغطية الأراضى

٢ ـ الرش بالماء

الماء مثبت طيب للرمل . فهو يدمج حباب الرمل ببعضها ويكسبها تماسكا يجعلها قابلة لمقاومة التآكل بواسطة الرياح فضلا عن ذلك فإن الرمل الرطب اثقل وزنا من الرمل الجاف وبالتالى لا يمكن للرياح أن تنتزعه من التربة . مع العلم بأنه من الضرورى مراعاة رش السطح المطلوب حمايته على الدوام عن طريق عمليات الرش المنتظمة بالماء .

٢ ـ الرش بالماء

بالإضافة إلى قدرتها على توفير تغطية كاملة للمنطقة المستخدمة فيها ، فإن لهذه الرقائق عدة مزايا أخرى :

ـ تحول دون تبخر المياه من التربة ،

ـ تبقى على مناخ مناسب على مستوى التربة ،

ـ تساعد على نمو النباتات ،

ـ تحوى دون تكون قشرة بالطبقة السطحية ، فتبقى متفتتة ومشبعة بالهواء .

ويجوز نشر هذه الرقائق وتثبيتها بواسطة الآلات فى المساحات الكبيرة وإما ـ كما هو متبع عادة ـ يدويا . ويجب شد هذه الرقائق بقوة وتثبيتها بعنايه فى الأركان الأربعة، مع دفن أطرافها فى حفر تحفر مقدما لمنع الهواء من رفعها .

٤ ـ الشباك البلاستيك

هى مادة على شكل فتيل أبيض مكون من مجموعة من خيوط البلاستيك متصلة ورفيعة للغاية . ويتم مد هذه الشباك على مساحات مختلفة العرض وبعمق ٢٠٠ متر . وتختلف الكمية اللازمة تبعا للصنع ، ولكنها تقدر بمايوازى ٥٠ كجم فى المتوسط للهكتار .

ويتميز نظام التثبيت هذا بأنه يتفق تماما ويتمشى مع جميع أنواع الكثبان إذ أن المادة المستخدمة تنطبق عليها تماما . بيد أنه ينبغى اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجنب الانحناء بفعل الريح .

٥ ـ الزيوت المعدنية

يجوز استخدام ثلاثة أنواع من هذه الزيوت لتثبيت الرمال المتحركة : القار ، الزيوت الثقيلة ،الزيوت غير المكررة . انظر الشكل رقم (٤٣) .

(أ) القار :

عندما ينشر بالرش يكوّن طبقة رقيقة واقية ولكنها هشّة ، غير قابلة للإتساخ ولا تلتصق بالتربة ولا تتغلغل فيها .

ومن السهل اتلاف هذه القشرة فى حالة مرور الأجهزة أو الاحياء عليه . ومن الضرورى فرض رقابة دائمة على المناطق المعالجة ، واجراء عمليات رش لإصلاح الأوضاع فى الأماكن التى بها أضرار لتجنب تلف القشرة تحت تأثير الانكماش وتفته . كما أنه من الضرورى تكرار الرش لزيادة سمك القشرة وتجنب هذه المخاطر .

(ب) الزيوت الثقيلة

ويقصد بها زيوت التشحيم التى تسمح بتثبيت دائم ورخيص للكثبان الرملية . وبعكس القار ، فهى تتغلغل فى الرمل على عمق يتراوح بين ٥ر١٠ سم لتكوين طبقة لزجة وقابلة للاتساخ . وإذا ما حدثت أصرار فإنها تختفى تلقائيا . وقد تتعرى الطبقة ولكن لا يحدث ذلك إلا على المنحدرات ذات الميل الشديد .

(ج) الزيوت غير المكررة :

ربما كانت هذه الزيوت ، المستخرجة من التقطير الجزئى للنفط أكثر المواد شيوعا لتثبيت الكثبان الرملية . فإذا ما تم تسخينها لتبلغ ٥٠ درجة ، ورشها على شكل رقع يبلغ عرضها ٢٠ مترا ، بمعدل ٤ أمتار مكعبة للهكتار ، فإنها تكوّن قشرة واقية بسمك ٥ر٠ سم .

ونظرا لضعف سمك هذه القشرة ولعدم تشبع الرمال بها ، فإن تثبيت المناطق المعالجة لا يعتبر نهائيا . غير أن قدرتها على المقاومة وعلى البقاء لمدة ثلاث سنوات ، تعتبر كافية لكى ينمو الغطاء النباتى المزروع ، ويقوم مقامها .

٦ ـ التثبيت الكيميائى

تتوافر عدة مواد كيميائية فى الأسواق . ونظرا لأنها غير ضارة بالنبات ففى الإمكان استخدامها لتثبيت التربة المتحركة ، ولكن لمدد قصيرة إلى أن ينتهى زراعة الغطاء النباتى أو إلى أن يظهر .

وتتوقف المدة اللازمة لتفتيت هذه المواد ، على هيكل التربة ، وعلى الميل ، وعلى طرق الرش ودرجة تركيز المادة . وهذه المواد تذاب فى الماء وترش ولكن لا تتشبع بها سوى المليمترات الاولى من الرمل المعالج . وتكوّن غشاء واقيا رفيعا وهشا للغاية . وبعد أن تتبخر المياه المستخدمة للإذابة ، تربط المادة حبيبات الرمل ببعضها مما يكسبها تماسكا كافيا لكى تقاوم الرياح ولما كانت هذه المواد تقلل من تبخر الماء من التربة ، فهى تيسر أيضا نمو البذور والنباتات .

وغالبية المواد الكيميائية المثبتة استخدمت فى مناطق متوسطة المناخ لتثبيت ميل المنحدرات القائمة على جانبى الطرق ، أو لتثبيت كثبان شاطئية بواسطة النباتات

شكل (٤٣) احدى مراحل تطور طريقة رش المشتقات النفطية ، بالعمل اليدوى

التثبيت الاولى : الطريقة الانسيابية

تستخدم الطريقة الانسيابية قدرة الرياح على النقل عندما تصل إلى سرعة كافية

وتطبق هذه الطريقة باسلوبين مختلفين :

ـ إما بجعل الريح تبدد تجمعات الرمل غير المرغوب فيها بأساليب تزيد من سرعتها عندما ترتطم بهذه التجمعات .

ـ وإما بإعطاء الحواجز التى تقابلها الريح المحمّلة بالرمال ميل معين لكى تبطىء من سرعتها عندما تقابلها .

ـ تثبيت الرمال

إن استخدام الرياح لتثبيت الرمال أو للحيلولة دون تراكمها ، أمر معروف لبعض

سكان المناطق الجافه التى تهددها الكثبان الرملية وهناك العديد من الأمثلة التى تؤكد ذلك .

١ ـ اتجاه الشوارع والطرق

إن اتجاه الطرق فى بعض قرى منطقة السهل ، وهو لاتجاه مواز اتجاه الريح السائدة ، يتيح الانتفاع بسرعة هذه الرياح لكى تنقل الرمال المحمله بها بعيداً عن التجمعات الحضريه والسكانية خاصة وانه لا يوجد أى عائق يبطىء من سرعتها .

٢ ـ إزاله الرمال من الحدائق

تستخدم الرياح أيضا لتبديد الرمل من الحدائق التى غطيت بواسطة الرمال كما هو الحال فى النيجر .

ويسوِّر المزارعون فى فاشى حدائقهم بأسيجة من السعف . وعندما تغمر الرمال أول هذه الأسجية ، يقيمون سياجا ثانيا يؤدى إلى إزاله الرمال عن الأول . أما تفسير ذلك فيمكن فى الآتى : بعد أن تتخلص الرياح من حمولتها على السياج الثانى ، تزداد سرعتها وبالتالى طاقتها مما يسمح لها بحمل الرمال المتراكمه على الأول .

فإذا غطت الرمال السياج الثانى بدوره ، فالسياج الثالث الذى سيقام من شأنه أن يؤدى نفس دور السياج الثانى تجاه السياج الأول ، ويحدث عندئذ ما يسمى باستبدال الحمل (انظر الشكل ٤٤)

٣ ـ الأحجار المسبِّبة للدوامات الهوائية :ـ

يلجأ المزارعون فى جنوب المغرب ، إلى عدة وسائل فنية تعتمد على سمات سريان الرياح . وسنكتفى بالإشارة إلى طريقتين من بين هذه الوسائل الفنية المثيرة للإهتمام : واحدة مستخدمة فى حالة الكثبان الصغيرة التى يتراوح ارتفاعها بين متر ومترين والثانية للكثبان الكبيرة (بين ٢ و ٦ أمتار) .

(أ) حالة الكثبان الصغيرة

توضع أحجار يتراوح قطرها بين ٢٠ و ٣٠ سم على طول قمة الكثبان المطلوب ازالتها ، وتختلف المسافات التى تفصلها عن بعضها ، تبعا لبعد المكان الذى تؤخذ منه

هذه الأحجار ، وإن كانت هذه المسافة تراوح بين ٥٠ر٠ سم ومتر . وعندما تهب الرياح التى تسبب النحر تنشأ اضطرابات دوامية على مستوى كل حجرة . وتؤدى هذه الاضطرابات إلى زيادة منتظمة فى سرعة الريح وفى طاقتها الحركية ، بما يتيح لها نقل الرمال المثارة بعيدا . ويحدث نحت بواسطة الرياح عند قاعدة كل حجرة فتميل عندئذ إلى الهبوط . ومن ناحية أخرى ، تنشأ بين حجرتين ما يسمى بظاهرة (الصفارة) ، التى تؤدى بدورها إلى زيادة سرعة الريح وطاقتها الحركية . وتحت تأثير هذين العاملين ، فإن الكثبان الصغيرة ، التى تآكل الأجزاء العليا منها ، تتناقص تدريجيا إلى أن تختفى تماما (الشكل ٤٥) .

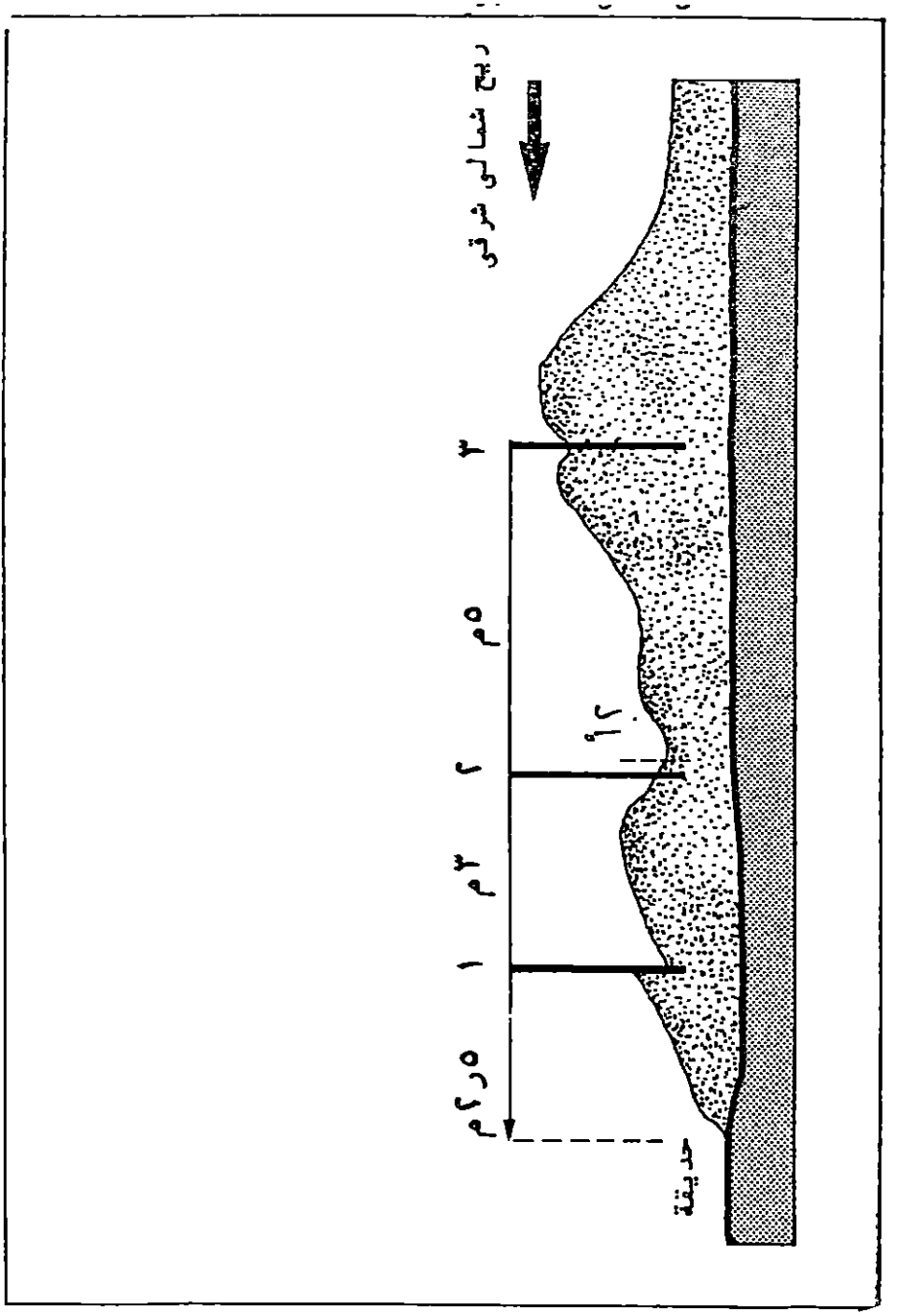
(ب) حالة الكثبان الكبيرة

يستخدم المزارعون نفس الطريقة المطبقة فى حالة الكثبان الصغيرة ، إلا أن سرعة الرياح تتزايد باستخدام اجذاع سعف النخيل الموضوعة افقيا على الاحجار المرصوصة . وعندما تمر الرياح فى المسافات بين هذه الأحجار ، وقمة الكثبان ، والجذوع تزداد سرعتها عندما تخترقها وتحمل معها الرمال . وتهبط الأحجار والجذوع فى آن واحد كلما تآكلت قمة الكثيب (الأشكال ٤٦ ، ٤٧) .

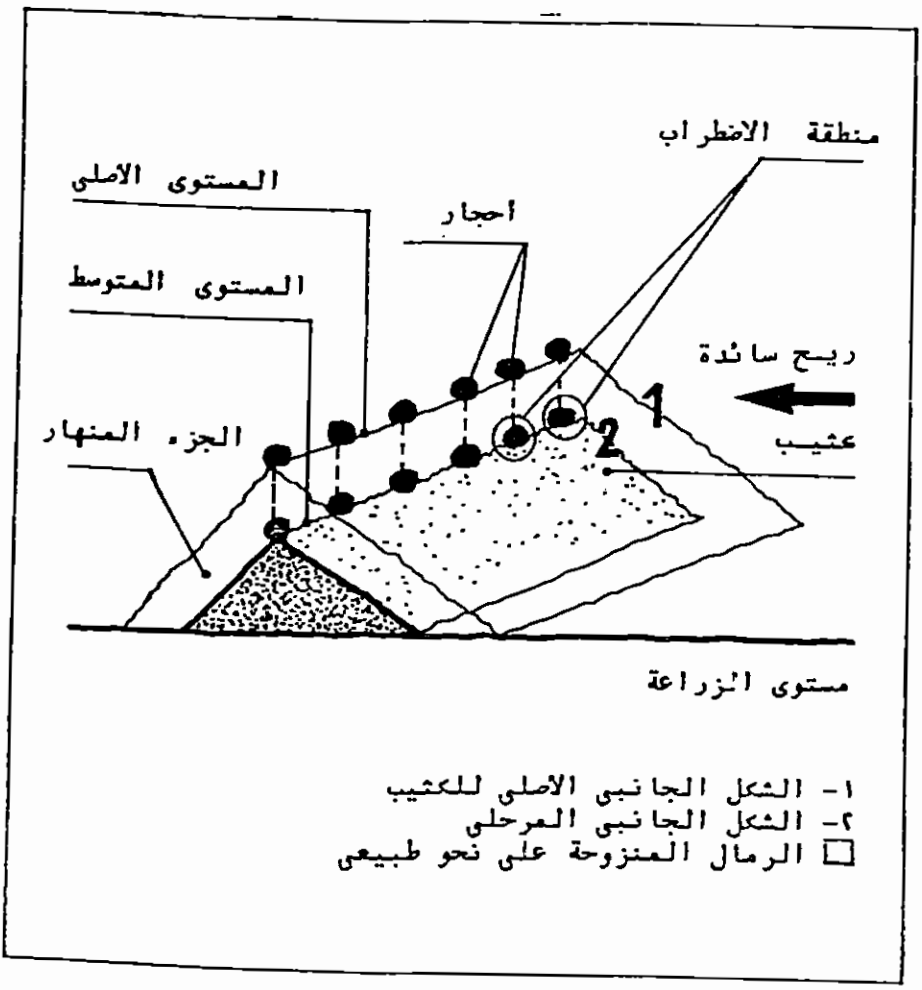
العرضية للردم المتراكم على طول القناة ، على ألا يؤدى ذلك إلى تراكم الرمل مما يهدد بسدها ، نتيجة لميل المنحدرات على جانبيها .

والعديد من المساحات المروية فى شمال افريقيا يتهددها مثل هذا السقى مما يزيد من صعوبة استغلالها . ويمكن تقليل هذا الخطر عن طريق عمل مصايد للمياه للاستفادة بها فى زراعة الأشجار شكل (٥٠) .

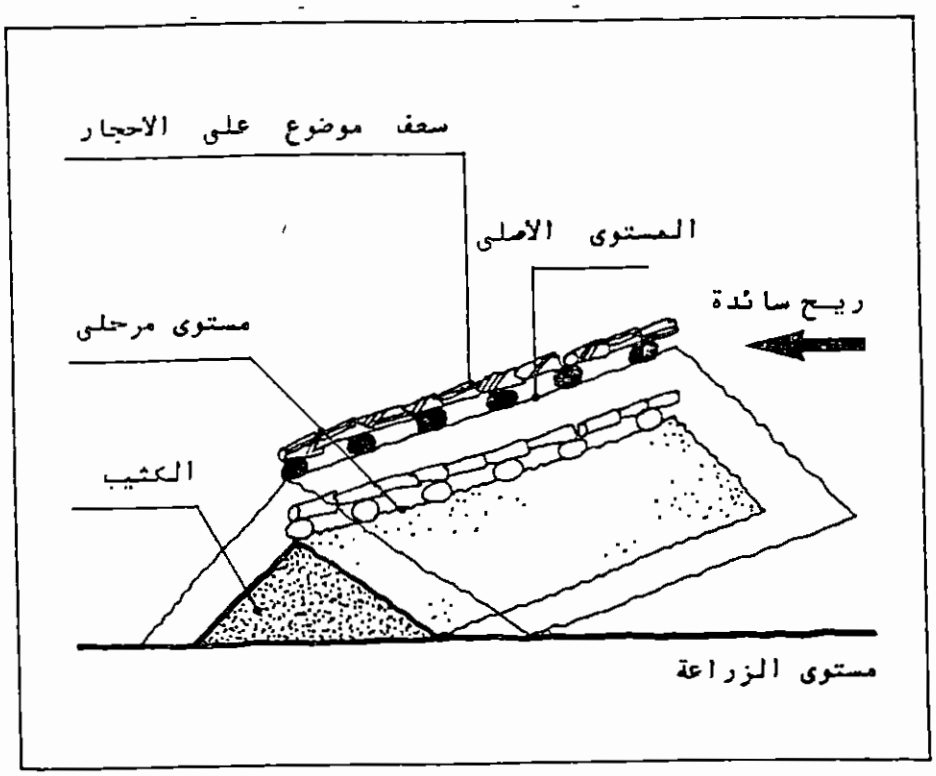
(الشكل ٤٤) مثال لمصدّ الريح يوضح ظاهرة ابدال الحمل فى فاشى (النيجر)



(الشكل ٤٥) طريقة الأحجار المسببة للإضطرابات الدوامية ـ كثبان صغيرة



(الشكل ٤٦) طريقة الأحجار المسببة للإضطرابات الدوامية ـ كثبان كبيرة



(الشكل ٤٧) الطريقة الانسيابية ـ استخدام جذوع النخيل

١ ـ الطرق والقنوات

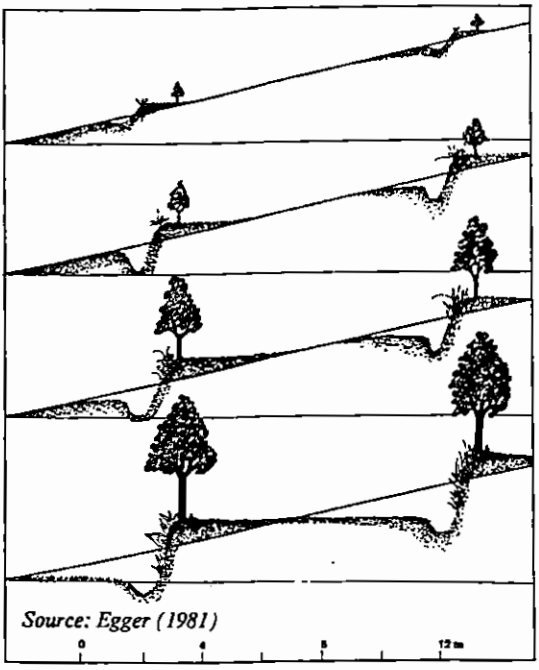
ولا شك أن من أكثر الحالات اللافتة للنظر لاستخدام هذه الوسيلة الحوائط العرضيه للطرق ومشارفها المباشرة ، أيا كان الميل العام للأرض التى يمتد عليها هذا الطريق . والشكل رقم (٤٨) يوضح طريقة الزراعة على الخطوط الكنتورية .

ويجب أن يمتد الحائط ليشمل جميع العوائق : أكوام الرمال ، كتل الأحجار وحتى النباتات . ويتم بعرض يبلغ ٢٥ مترا فى المتوسط على جانبى قارعة الطريق . ويتيح استخدام الآلات الميكانيكة ، كالتى تستخدم فى انشاء الطرق التنفيذ الملائم لهذا العمل (الشكل ٤٩) .

وينطبق هذا المبدأ على القنوات : ينبغى التخفيف قدر الإمكان من الجوانب

٢ ـ (الخطارة) فى جنوب المغرب

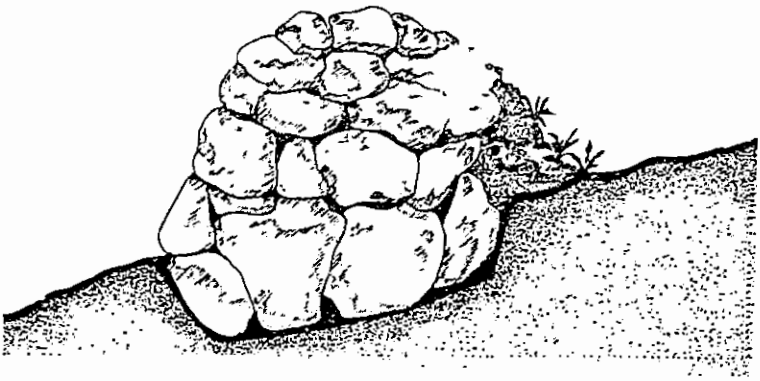
فيما يتعلق بالمبانى البارزة ، تعتبر (الخطارة) فى جنوب المغرب من الأمثلة التى لها مغزاها و (الخطارة) عبارة عن سرداب يستخدم لصرف مياه حقل ما جوفى ونقلها عن طريق الجاذبية إلى أراض مزروعة . وقد يتراوح طول هذا السرداب بين بضعة مئات



شكل رقم (٤٨) يوضح طريقة زراعة الأشجار على الخطوط الكنتورية

من الأمتار وعدة كيلومترات . ويعلو قمة هذا السرداب بئر فى الخلاء يسمح باجراء الصيانة اللازمة لهذا النظام . وهو مزود بمجموعه من الأحجار المجمعة بدون نظام . وتؤدى عادة كميات الرمل التى يحتجزها هذا العائق إلى سد البئر وحتى ممرات التصريف .

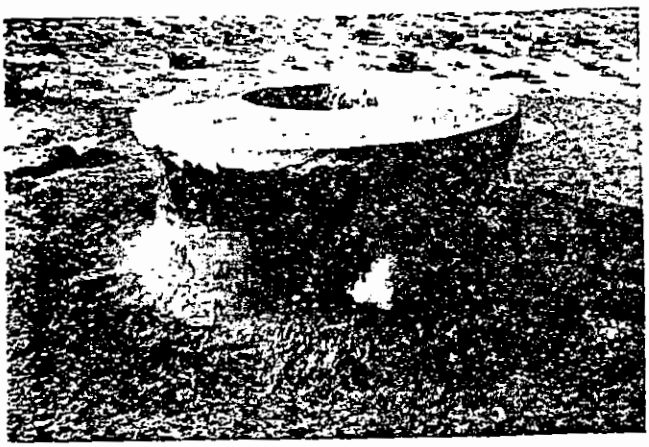
ونظرا لأهمية المحافظة على مثل هذه الإنجازات الفريدة ، طبقت الوسائل الانسيابية وأعطت نتائج ممتازة . وتتلخص فى بناء قاعدة محدبة الشكل يعلوها جدار مقعّر ،



شكل رقم (٤٩) يوضح طريقة استخدام الأحجار كسد لحجز كميات الأمطار فى المناطق الصحراوية

شكل رقم (٥٠) يوضح طريقة زراعة الأشجار مع عمل مصايد للمياه المتجمعة من الأمطار

ويؤدى الإثنان إلى زيادة سرعة الرياح مما يحول دون ترسب الرمل وترسيبه فى البئر (الشكل ٥١) .



(الشكل ٥١) ـ الخطارة

إمكانيه انشاء مناطق مشجرة

١ ـ أهداف التثبيت البيولوجى

بعد تثبيت الكثبان بإحدى الطرق الميكانيكية المشار إليها سابقا ، يصبح فى الإمكان تثبيتها نهائيا . ولا يمكن تحقيق ذلك إلا بإنشاء مناطق مشجرة دائمة فهذه المناطق لا تتعرض للتدمير بفعل تحركات الرمال التى تؤدى إلى تعرية جذور الشتلات أو الأضرار بالأجزاء العلوية نتيجة لتآكلها بفعل الرمال .

وفى الإمكان ـ فيما بعد ـ استخدام الكثبان المغطاة بهذه الكيفية لتلبية بعض الاحتياجات المحدودة لسكان المناطق الريفية .

٢ ـ مناطق الكثبان وقابليتها للزراعة

تتوقف قدرة نجاح شتلات الأشجار على الكثبان ، على العوامل الآتية :

ـ **خصوبة الرمل** : عندما تزيد نسبة الطفل عن ١ فى المائة ، يعتبر الطمى الخصب العنصر الذى يحد من النمو ، فى حين أن الرمال المنقولة التى تحتوى نسبة من الطمى تزيد عن ٢ فى المائة تعتبر بيئة جيدة للنمو . ورمال الكثبان القارية . وتزداد عادة

نسبة الطمى فى عمق الكثبان المثبتة نتيجة تراكم الطمى .

ـ **خصوبة التربة الأصلية** : تغطى الكثبان تربة أخرى تظهر فى المناطق الواقعة فيما بينها . وعندما تكون الكثبان غير مرتفعة ، تلعب طبيعة التربة الأصلية دورا هاما فى نمو الأشجار . فإذا كانت مكوّنة من طبقة صلبة من الحجر الجيرى ، كما هو الحال فى العديد من البدان الجافه فإن نمو الجذور تبقى محصورة فى أعماق الكثبان ويحتاج الأمر إلى سمك معين من الرمال فوق هذه الطبقة الصلبة . أما إذا كان الكثيب يغطى تربة خصبة قابلة للزراعة ، فإنه يعتبر أرضا مواتية للتشجير بشرط ألا تكون طبقة الرمل سميكة جدا . ومن شأن قدرة التغلغل المرتفعة للغطاء الرملى والتغطية الذ تية التى يوفرها، تحسين المحتوى المائى للطبقة الخصبة فضلا عن أن أى تربة ملحية تقع بين الكثبان يمكن تعريتها عندما تكون مغطاه بتجمع رملى هوائى .

ـ **عمق التراكمات الرملية بفعل الرياح** : يستحسن نمو الأشجار التى زرعت على كثيب مغطى بطبقة ضعيفة كلما كانت طبقة الرمل أعمق . وبصفة عامة ، فإن امكانيات استغلال المساحات العميقة متوافرة أكثر فى المنطقة الجافه حيث يسمح ارتفاع درجة حرارة الجو عن حرارة التربة ، بتعميق الجذور .

ـ **مستوى الماء الأرضى** : لما كانت مناطق الكثبان غالبا ما تقع فوق سهول غرينية، فإن تشبع التربة بالمياه كثيرا ما يعوق التشجير بدليل أنه إذا كانت الرمال المحموله الخصبه المتجمعه يبلغ سمكا معينا فوق أعلى مستوى للمياه الجوفية ، فإن هذه المواقع تصبح خصبة للغاية ، وإن كانت للملوحة آثار ضارة على أراضى دلتا الأنهار وعلى الأراضى البحرية الملحية وفى الإمكان أن يؤدى تشجير الكثبان على نطاق واسع إلى خفض مستوى المياه الجوفية فى الأماكن التى تمتد فيها الجذور لتصل إليها . وفى هذه الحالات فإن الفاقد نتيجة للنتح قد يكون كبيرا ، وإن كانت البيانات المتعلقة بهذه العملية لم تتوافر بالكامل حتى الآن .

ـ **الظروف الحرارية** : إن قدرة الإنعكاس الكبيرة التى للرمال لا تؤدى إلى خلق ظروف حرارية زائدة فى الطبقة الهوائية ، وإنما فقط فى المنطقة الملامسة لسطح الرمل . أما على المنحدرات حيث يكون اشعاع الشمس شديدا ، فقد تتسبب الحرارة فى

الإضرار بالنباتات . وعلى العكس من ذلك ، فإن برودة الجو المفاجئة ليلا قد تتسبب فى أضرار نتيجة لانخفاض الحرارة وبالأخص فى منخفضات الكثبان الصغيرة فى للنطقة القارية الإستوائية . أما الظروف الايكولوجية الملاحظة على الكثبان البحرية فهى أقل حدة من الأوضاع على الكثبان القارية ، إذ أن الجو أكثر رطوبة ودرجات الحرارة تكون أكثر اعتدالا .

٣ ـ النتائج

يعتبر الكثيب بيئة تتسم بظروف صعبة لزراعة ونمو مختلف أنواع النباتات . وعليه ينبغى مراعاة ذلك تماما باستخدام الأنواع التى تتواءم قدر الإمكان مع هذه امبيئة الخاصة ، وفى نفس الوقت بالإستفادة من الرطوبة النسبية للطبقات السفلى عن طريق الأجرآت الملائمة .