مجلة البحوث الهندسية

العدد الاول — المريخ (مارس) — 1989

مجلة البحوث الهندسية تصدر دوريا عن مركز بحوث العلوم الهندسية ـ طرابلس / الجماهيرية

المحتويات

1 ـ اولويات البحث العلمى مركز بحوث العلوم الهندسية

2 ـ مقترح معايير الصرف الصحى بالجماهيرية (الجزء الاول)
د . بشير فارس

3 ـ حول التخطيط للاجيال القادمة من الاقمار الصناعية العربية
د . عبدالقادر عكى

4 ـ لمحة عن التعليم الهندسى والبحوث التطبيقية بالوطن العربى
د . صالح البارونى

5 ـ تقنية عربية — د . فؤاد معتوق — د . عبدالله التليسى

6 ـ الصيانة والتشغيل فى الجماهيرية ـ المرحلة القادمة
د . فؤاد معتوق و د . عبدالله التليسى

7 ـ ضخ المياه الجوفية للمناطق الرعوية باستخدام طاقة الرياح
د . محمد المنتصر

8 ـ مدى اثر الاهتزازات على جسم الانسان د . ابوبكر الجعيدى

9 ـ صياغة طريقة التكامل المتناهى المعدلة (باللغة الانجليزية)
د . مصطفى الطويل

10 ـ الربط بين معامل الاختراق القياسى ومقاومة القص غير الناشف لطبقة طينية صلدة (باللغة الانجليزية) د . ماهر عطاالله

11 ـ استخدام اعشاب البحر كمكيف للتربة ومصدر للطاقة (باللغة الانجليزية) د . عياد القلال

ضخ المياه الجوفية للمناطق الرعوية باستخدام طاقة الرياح

* د . محمد عبدالله المنتصر -
م . حسين مختار زايد *
* مركز بحوث العلوم الهندسية / جامعة الراية الخضراء / الجماهيرية .

ملخص : -

أثبتت الدراسات التى أجريت فى الجماهيرية ، أن الطاقة الحالية ، والتى مصدرها الوحيد « النفط » سوف لن تكون كافية لتأمين احتياجاتنا من الطاقة فى المستقبل .

ولذلك بدأ المختصون فى مجال الطاقة فى دراسة امكانية استغلال الطاقات البديلة المتوفرة فى بلادنا والتى من أبرزها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، فقد أجريت دراسات حول استغلال طاقة الرياح فى ضخ المياه الجوفية ، وأثبتت جدواها وامكانية استغلالها .

أما هذه الورقة فتتناول دراسة الدور الذى يمكن أن تقوم به طاقة الرياح فى سد احتياجات قطاع المراعى فى الجماهيرية ، فقد تم أعطاء نبذة عن طبيعة الرياح وكيفية تكونها ، وتطبيقاتها وأنواع مكائنها ، وتم حساب القطر اللازم لضخ ما يحتاجه كل موقع رعوى من مياه وذلك باستعمال المعلومات المتوفرة عن الوضع المائى ووضع الرياح وتم رسم وردة الرياح لكل موقع والتى باستعمالها يمكن اختيار المكان المناسب لنصب تلك المراوح ، وأجريت المقارنة الاقتصادية لمعرفة الجدوى من هذا التطبيق ، وعلى هذا الاساس أمكن تصنيف المناطق الرعوية الى مناطق جيدة جدا حيث تزيد سرعة الرياح فيها عن 6 متر / ث ، وأخرى جيدة تزيد سرعة الرياح فيها عن 5 متر / ث ، أما باقى المناطق تعتبر غير مجدية (مقارنة) بسعر وحدة الطاقة الكهربية الحالى (02 ، 0 دينار ليبى) ، وأخيرا نوقشت هذه النتائج على ضوء الظروف الحالية والمتوقعة فى المستقبل وتم اقتراح بعض الآراء والتوصيات .

مقدمة : -

أجريت دراسات عديدة (1 ، 2) حول مستقبل الطاقة فى ليبيا ووضعها فى السنوات القادمة نتج عنها أنه لابد من الكشف عن مصادر بديلة عن النفط والعمل على تطويرها واخضاع النفط لتسخيره فى دعم التطبيقات المناسبة للطاقات الجديدة والمتجددة كبدائل تؤمن نضوبه فى فترة من الفترات .

ومن أبرز هذه البدائل ، طاقة الاشعاع الشمسى وطاقة الرياح ، حيث أجريت الدراسات والأبحاث النظرية ، ودعمت باجراء الاختبارات والتجارب الحقلية ، ولاتزال المصادر الأخرى مثل (الطاقة الجيوحرارية ، وطاقة الموجة البحرية ، والطاقة المستخرجة من حرق النفايات ، والكتلة الحيوية) فى طور الدراسات المبدئية النظرية .

أما الرياح فقد أستخدمت منذ عدة قرون كمصدر رخيص للطاقة لأجل ضخ المياه الجوفية وطحن الغلال ، وفى نهاية القرن الماضى أى سنة 1895 م بدأت أول مروحة هوائية فى توليد الكهرباء بالدينمارك ، وخلال الأربعين سنة الماضية كانت هناك ما يقرب من 50,000 مروحة هوائية تستعمل حول البحر التوسط لاجل الرى ، ولازالت هناك 6000 مروحة هوائية تستعمل فى جزيرة كريت (3) ، وكذلك استعملت المراوح فى جنوب شرق أسيا والصين لضخ مياه البحر الى اليابسة لاستخلاص الملح .

وبظهور النفط فى منتصف القرن الحالى وجد بديل رخيص وفى متناول الجميع تم على إثره إهمال الطواحين « المراوح » الهوائية القائمة والاستغناء عنها .

أما الآن فان الاهتمام بدأ يتزايد بهذا المصدر خاصة فى استراليا والارجنتين حيث يوجد هناك ما يقرب من مليون مروحة هوائية يستعمل أغلبها لغرض سقى الحيوانات بالمراعى والذى يعتبر المجال الامثل لمثل هذا التطبيق .

وتكمن المشكلة الوحيدة التى تعيق هذا التطبيق فى عدم انتظام سرعة الرياح مما يؤدى الى تذبذب القدرة الناتجة .

الطاقة الشمسية أيضا طاقة مجانية استعملت على مر العصور ، وزاد الاهتمام بها كمصدر نظيف للطاقة ، وتعتبر كلفة المواد الاولية المستخدمة فى بناء اجهزتها أهم عائق يحول دون استخدامها ، بالاضافة الى المساحات الكبيرة المطلوبة لوضع هذه الاجهزة ، كما أن مشكلة تخزين الطاقة المستخرجة تمثل هى الاخرى احدى المشاكل ، ويعتبر وجود النفط كمصدر للدخل فرصة ثمينة للتغلب على هذه العوائق .

ومع ذلك فان بعض الاستخدامات تعتبر اقتصادية فى الوقت الحاضر ، مثل تسخين المياه ، وإعذاب المالح وتهيئته للشرب ، وتجفيف المنتجات الزراعية .

الطاقة النووية مصدر هائل ورخيص للطاقة ، غير أن الأمن

والسلامة هى من أهم مشاكله ، حيث يمثل احتمال تسرب الاشعاعات النووية مصدر خطر وازعاج لسكان المناطق المحيطة بالمحطات النووية اضافة الى مشكلة التخلص من النفايات الذرية المشعة .

يتضح من ذلك انه لكل مصدر من مصادر الطاقة مميزات وعيوب ، ولكن الفيصل فى اختيار أحد تلك المصادر هو نوع التطبيق ومكان التطبيق .

ونظرا لامتداد رقعة الجماهيرية ، وتباعد مواقع المشاريع بها ، مما يؤدى الى صعوبة امداد كل موقع بما يحتاجه من طاقه كهربية ، وخاصة المواقع الرعوية والنائية البعيدة عن محطات التوليد المتركزة عادة بجوار المدن الكبرى ، حيث تزداد تكاليف امداد الاسلاك وتكاليف نقل القدرة اضافة الى زيادة معدلات الفقد ، وصعوبة التبليغ عند حدوث انقطاع فى التيار الكهربى ، وارتفاع تكاليف الصيانة ..... كل ذلك يجعل من المصادر البديلة كطاقة الرياح اكثر مناسبة واكثر جدوى من الناحية الاقتصادية اضافة الى محافظتها على نظافة البيئة ، كما انه يمكن انشاء وحدات صغيرة مستقلة سهلة التركيب وسهلة الصيانة ، اضافة الى ان المراوح الهوائية تتمتع بعمر افتراضى طويل مقارنة بالوسائل الاخرى ، حيث ان المضخة التى تشتغل بالرياح تعمر من 4 الى 10 اضعاف ما يعيشه محرك ديزل وحوالى 20 مرة ما تعيشه المضخات الصغيرة التى تشتغل بالتيار الكهربى (3) . كما ان المراوح لا تحتاج الى ايد عاملة كثيرة فهى ذاتية التشغيل .

والامر المشجع هو ان ليبيا تتمتع بوضع هوائى جيد بحكم موقعها الجغرافى من حيث اطلالها على ساحل طويل من البحر المتوسط ولذلك فانه من الجدير بالاهتمام والدراسة محاولة استغلال هذا المصدر المجانى ، وذلك ما تهدف اليه هذه الورقة .

فيزيائية الرياح : -

يرجع السبب الرئيسى فى تكوين الرياح اساسا الى تأثير الشمس على الارض والطبقات السفلى من الهواء المتاخمة لها ، فتحدث تغيرات فى درجات الحرارة على الاسطح ، التى بدورها تسبب فى اختلاف الضغط الجوى بين منطقة واخرى ولهذا تعتبر طاقة الرياح جزءا من الطاقة الشمسية حيث ان ما يقارب من 2٪ من طاقة الشعاع الشمسى تتحول الى رياح ، فى أثناء النهار يظل الهواء الملامس لاسطح البحار والمحيطات والبحيرات باردا ، نظرا لاستهلاك كمية كبيرة من الاشعاع الشمسى فى تبخير المياه او يمتص بالوسط المائى نفسه ، أما الهواء الملامس لسطح الارض فانه يسخن بسرعة فتقل كثافته ويتصاعد الى اعلى ليحل محله الهواء البارد .

أثناء الليل يحدث العكس ، لان اليابسة تبرد أسرع من الماء (الذى يظل ساخنا) فتقل كثافة الهواء فوقه ويتصاعد باستمرار محدثا دوامة تسبب الرياح .

اما الرياح الدائمة فيرجع السبب فى تكوينها الى انخفاض درجة حرارة قطبى الكرة الارضية وارتفاع درجة حرارة المنطقة الاستوائية ، ونتيجة لميلان الكرة الارضية ودورانها حول الشمس ينتج تغيرات فصلية فى اتجاه الرياح وقوتها على كل نقطة فوق سطح الكرة الارضية .

تطبيقات طاقة الرياح : -

تتحول الطاقة الكامنة فى الرياح عبر المروحة الهوائية الى طاقة ميكانيكية دورانية مباشرة وبالتالى فهى تستخدم فى عدة تطبيقات اشهرها ضخ المياه وتوليد الكهرباء وطحن الغلال ، ويمكن ان تتحول الى طاقة حرارية وذلك بواسطة اسطح خشنة محتكة .

ويعتبر ضخ المياه بواسطة المراوح الهوائية من التطبيقات الاكثر انتشارا واتاحية ويمكن أيضا أن تستغل طاقة الرياح فى تغطية ذروة الطلب على الطاقة الكهربائية فى محطات توليد القوى وذلك بأن تدفع المضخات الهوائية بكميات من المياه من مستوى منخفض الى خزان فى مستوى آخر أعلى منه ، وعندما يصل ا لطلب على الطاقة ذروته تفتح قنوات الخزان ليهبط تيار مائى قوى بضغط يساوى (الفرق بين المستويين) ويمر هذا التيار على تربين Turbine لتوليد تيار كهربائى يمكن أن يشارك فى سد العجز عند ذروة الطلب .

وتختلف المراوح من الناحية التصميمية فهناك من المراوح ماهى رأسية المحور ومنها ما هى أفقية المحور والاخيرة هى الاوسع انتشارا والمعيار المهم الذى يفصل بين جميع أنواع المراوح هو ما يسمى بنسبة السرعة (Speed ratio) وهو عبارة عن نسبة سرعة الرياح الى سرعة المروحة وتعتبر المراوح الزراعية عديدة الارياش ذات النسبة المنخفضة أنسب المراوح لضخ المياه حيث أنها تستجيب للسرعات البطيئة من الرياح (5 ، 2 متر / ث) ولها عزم عالى مناسب لرفع المياه وتصل كفاءتها الى 30٪ .

مراحل التخطيط لانشاء منظومات من المراوح الهوائية : -

- الخطوة الأولى فى التخطيط لانشاء منظومات من المراوح الهوائية هى ايجاد المتوسط السنوى لسرعة الرياح فى المنطقة المراد دراستها ويستخدم لذلك جهاز الأنيموميتر الذى يوضع عادة على ارتفاع 10 امتار فوق سطح الارض ويراعى أن يوضع فى الأماكن المفتوحة المعرضة للرياح المباشرة والمنتظمة والبعيدة عن العوائق ، والجدول رقم (1) يوضح المناطق المراد دراستها وسرعة الرياح بكل منطقة .

- **الخطوة الثانية هى معرفة الاتجاه السائد لهبوب الرياح : من أين تهب ؟** وكم ساعة فى السنة تهب من ذلك الاتجاه ؟ .. وهذان العاملان متحدان يمثلان ما يسمى بوردة الرياح (Wind Rose) التى هى عبارة عن مركب من زمن واتجاه .

الشكل رقم (1) يمثل وردة الرياح لمنطقة درنة كنموذج ، وفى الشكل كل سهم يتناسب فى طوله مع النسبة المئوية لزمن هبوب الرياح من ذلك الاتجاه ويمكن بذلك معرفة الاتجاه السائد لهبوب الرياح بمنطقة درنة كنموذج وهو (جنوب الشرق 315°) .

والاشكال من (2) الى (7) تمثل وردة الرياح لكل منطقة ، وتوضح الخارطة فى شكل (8) الاتجاهات السائدة على المناطق المدروسة فى هذه الورقة ، وأستعملت لذلك المعلومات المتوفرة بمصلحة الأرصاد بزمن احصائى مداه 10 سنوات وبمعرفة الاتجاه السائد لهبوب الرياح يمكن تحديد المكان المناسب لنصب المراوح الهوائية ومن ثم يمكن تقدير الطاقة الناتجة منها .

- الخطوة الثالثة : هى معرفة الوضع المائى للمنطقة من حيث أعماق الآبار وانتاجيتها .
- الخطوة الرابعة : هى حساب "تقدير" كمية المياه المطلوبة للاستهلاك اليومى فى كل موقع رعوى .

اختيار المكان :-

عند العزم على انشاء منظومات المراوح الهوائية يراعى أن يكون المكان مفتوحا ومعرضا لسريان الهواء المنتظم والمباشر ويجب تجنب أماكن الاضطرابات الهوائية الناتجة عن رد فعل العوائق الطبيعية مثل الأشجار والمبانى والتلال وذلك بوضع المروحة على ارتفاع 6 امتار فوق أى عائق وبعيدا عنه مسافة 100 متر على الاقل وقد وجد أن سرعة الرياح تزيد بزيادة الارتفاع عن سطح الارض تبعا للمعادلة التالية والمتوفرة بالمرجع رقم (4 ، 5) .

$$Vr = Va \left(\frac{Hr.}{10} \right)^{1/7}$$ معادلة (1) ،

حيث أن : Hr ـ ارتفاع محور المروحة (بالمتر) .
Va ـ سرعة الرياح عند مستوى الانيموميتر (بالمتر) .

Vr ـ سرعة الرياح عند سرعة المروحة (بالمتر) .

1/7 ـ الأس الملائم للمساحات الرعوية .

النموذج الرياضى :-

أولا : تحديد الكمية المطلوبة من المياه :

وتتحدد بمعرفة انواع الحيوانات الموجودة بالمراعى وعدد كل نوع والمتوسط اليومى للاستهلاك النوعى لكل نوع ، والجدول التالى يوضح الاستهلاك النوعى من المياه لكل نوع من الحيوانات الملائمة للظروف المحلية الليبية (6 ، 7 ، 8) .

جدول رقم (2) الاستهلاك النوعى للمياه :-

نوع الحيوان	أغنام	أبل	أبقار حلوب	أبقار لحوم
الاستهلاك النوعى لتر / اليوم / رأس	13.6	15	133	57

وعند الحساب أخذت الافتراضات التالية فى الاعتبار :-

1 ـ توقع تغير مقدار الطلب على المياه وذلك بتداخل القطعان ، وكذلك تزايد الحاجة الى المياه فى الفصول الحارة مثل الصيف وأواخر الربيع ولذلك أخذ معامل أمان مقداره 2 للحيوانات ذات الاستهلاك النوعى العالى وهى الابل والابقار .

2 ـ احتمالية أى تغير فى المعلومات التصميمية الرئيسية مثل عمق البئر وسرعة الرياح وفرض لذلك معامل أمان مقداره 1.3 .

3 ـ وفى كل الاحوال فان 10 ٪ من المياه المستخرجة سوف تفقد بالتبخر وتشبيع الهواء المتحرك فوق سطوحها ، وفرض لذلك معامل أمان مقداره 1.1 .

ولذلك فان الطلب على المياه فى كل موقع رعوى يمكن استنتاجه (7) كالتالى :-

$$Q = 1.43 \left(Nd. 0.03 + Nm.w. 0.266 + Nd.w. 0.114 \right) \left(Ns. 0.0136 \right)$$

المعادلة رقم (2)

حيث : Nd. ـ عدد رؤوس الابل .
Nm.w. ـ عدد رؤوس الابقار الحلوب .
Nd.w. ـ عدد رؤوس أبقار اللحوم .
Ns. ـ عدد رؤوس الأغنام .
Q ـ كمية المياه المطلوبة .

ثانيا : حساب طاقة الرياح :-

القدرة الحقيقية المتاحة من الرياح تساوى (9 ، 10 ، 11) :-

$$P_{act} = 0.593 \times \frac{\pi}{8} \times \eta_{pr.} \times P_{air} \times D \times V^3$$

المعادلة رقم (3)

حيث : $\eta_{pr.}$ = كفاءة المروحة الهوائية .
P_{air} = كثافة الهواء الجوى = 1.22 كيلوجرام / متر مكعب .

D = قطر المروحة (متر) .
$\overline{V}$ = المتوسط السنوى لسرعة الرياح م/ث .

ويتضح من المعادلة تأثير كل من سرعة الرياح وقطر المروحة على القدرة الناتجة فأى زيادة ولو كانت صغيرة فى سرعة الرياح تؤدى الى زيادة كبيرة فى القدرة وعلى سبيل المثال (سرعة الرياح فى منطقة درنة 6.48 متر / ث لها 4 أضعاف كثافة القدرة بمنطقة القريات الشرقية حيث سرعة الرياح 4 متر / ث ، ولها 11 ضعف كثافة القدرة بمنطقة اجدابيا حيث سرعة الرياح صغيرة 2.91 متر/ ث ، وهذا التأثير موضح فى الجدول رقم (3) والشكل رقم (9) وكذلك يوضح الجدول رقم (4) والشكل (10) تأثير قطر المروحة على القدرة الناتجة .

ثالثا : حساب القدرة اللازمة لرفع المياه :ـ

المعادلة رقم (4)

القدرة اللازمة لرفع كمية من المياه $\dot{Q}$ الى ارتفاع H_t تساوى :ـ

$$P_{act.} = \frac{\dot{Q} \times \gamma \times H_t}{\eta_{pump.}}$$

حيث γ = الوزن النوعى للماء = 9810 نيوتين / متر مربع
H_t = عمق البئر (متر) بما فيه الفقد .
وبمقابلة المعادلتين (3) ورقم (4) يمكن استنتاج معادلة القطر اللازم لضخ كمية من المياه مقدارها بالمتر المكعب / اليوم من عمق H_t بالمتر كالتالى :

المعادلة رقم (5)

$$D = 0.63 \sqrt{\frac{\dot{Q} \times H_t}{\eta_{overall} \times \overline{V}}}$$

المعادلة رقم (5)

ووضع برنامج للحاسب الآلى لايجاد نتائج هذه العلاقة على ضوء الظروف المتوفرة لكل موقع من حيث سرعة الرياح ، وعمق الآبار والكمية المطلوبة من المياه ومن خلال تلك النتائج أمكن رسم هذه العلاقات كما هو موضح بالشكل (11) ومن واقع النتائج على سبيل المثال فى منطقة درنة وجد أنه لضخ كمية من المياه مقدارها 30 م³ / اليوم (والتى تكفى لسقى عدد 2200 رأسا من الاغنام أو عدد 220 رأسا من الأبقار الحلوب أو عدد 520 رأسا من أبقار اللحوم أو عدد 2000 رأس من الأبل) ومن عمق 30 مترا ، وجد أن قطر المروحة اللازم لذلك يساوى 2 متر .

المنظومات المقترحة للمراوح الهوائية :ـ

لاختيار المواصفات الفنية للمراوح الهوائية ، يراعى أن توزع الكمية المائية المطلوبة يوميا على عدة مراوح هوائية صغيرة تكون متباعدة وموزعة داخل المساحة الرعوية أخذا بالاعتبارات التالية :ـ

1 ـ بالنسبة للدول غير المصنعة مثل ليبيا ، تعتبر تكلفة نقل وتركيب المراوح ذات الحجم الكبير ، عالية خاصة المنقولة الى المناطق الرعوية النائية والبعيدة عن الموانىء .
2 ـ عندما تكون هناك أكثر من مروحة موزعة داخل المساحة الرعوية ، يمكن أن يحدث نقص فى كمية المياه فى حالة تعطل احدى المراوح ، ولكن لا يمكن أن يحدث عجز كامل فى المياه (مثلما يحدث فى حالة تعطل المروحة الوحيدة داخل الموقع) .
3 ـ من السهل اجراء عمليات الاصلاح والصيانة الدورية للمراوح المتعددة الواحدة تلو الأخرى دون التأثير على حياة القطيع .
4 ـ توزيع المراوح الهوائية داخل المرعى يزيد من عملية السقاية سهولة وانتظاما وذلك لأن الحيوانات ستتوزع الى قطعان ويكون مصدر المياه قريباً منها .

ولكل تلك الاعتبارات تم اقتراح المواصفات الفنية للمراوح الهوائية كالتالى :ـ

1 ـ الدوار Rotor : عديد الأرياش (مروحة زراعية) بأكبر قطر 6 امتار .
2 ـ البرج Tower : برج حديدى بأربع قوائم ومثبت بقواعد خرسانية أدنى أرتفاع له 10 امتار .
3 ـ المضخة Pump : مكبسية ترودية مباشرة .

منظومة تخزين المياه :ـ

لتحديد حجم الخزان المرافق للمروحة الهوائية يجب الأخذ بالافتراضات التالية :ـ

1 ـ احتمالية التعطل المفاجىء للمروحة الهوائية أو منظومة الضخ مثلما يحدث فى حالات العواصف العنيفة .
2 ـ الصيانة الدورية السنوية (من تزييت وتنظيف وتركيب قطع الغيار) التى يوصى بها المصنع .

وبفرض أن يومين فى السنة كافيا لاجراء عمليات الاصلاح المناسب أو الصيانة الدورية ، لذلك يجب تخزين كمية من المياه تكافىء استهلاك اليومين .
والخزان متصل بأنبوبين مربوطين بالبئر ، أحدهما

لاستخراج المياه والآخر لترجيع المياه الزائدة الى البئر . ويجب أن يكون الخزان جيد العزل حتى يقاوم الارتفاع فى درجات الحرارة اثناء الاشهر الحارة وبالتالى يقلل من الارتفاع فى الضغط الداخلى للخزان ، كما تجدر الاشارة الى أن الخزان يجب أن يصنع من معدن خاص له القدرة على مقاومة الصدأ الذى ينتج عن تغير الظروف المحيطة .

ميكانيكية السقى :-

يمر الماء من الخزان عبر الأنبوب الاوسط كما فى الشكل (12) الى حوض الشراب والحوض مزود بعوامات لتحسس مستوى الماء فى حالتى الزيادة والنقصان لحث صمام التحكم الموجود فى نهاية الأنبوب الاوسط على الفتح والقفل حسب الحاجة .

الدراسة الاقتصادية :-

الدراسة الاقتصادية جانب مهم وضرورى لأى مشروع هندسى والهدف من اجرائها هو تقييم انجاز أى مشروع ، وذلك بمعرفة المدة اللازمة لاسترجاع تكاليف اقامة المروحة الهوائية (الثمن الاصلى + تكاليف الانشاء والنقل + التكاليف الجارية) واستعملت لذلك المعادلات المتوفرة بالمرجع (12) ، وذلك عندما تتساوى تكلفة انتاج الكيلووات ساعة المنتجة بالمروحة الهوائية مع سعر البيع لوحدة الطاقة الكهربائية وهو (0.02 دينار ليبى) . وتحسب الطاقة السنوية التى تنتجها المروحة الهوائية باستعمال المعادلة التالية (13) :-

$$E_a = 3.5064 \times D \times V^{2-3}$$ (كيلووات ساعة)

وهناك عدة عوامل يمكن أن تؤثر على تكلفة انتاج وحدة الطاقة بواسطة المراوح الهوائية منها :-

- تكاليف اقامة المراوح : والذى يزداد كما ذكرنا فى الدول غير المصنعة مثل ليبيا بينما تقل هذه التكاليف بنسبة 50 ٪ فى الدول المصنعة (14) .
- ظروف المنطقة : يمكن أن تلعب دورا هاما فى تكلفة انتاج وحدة الطاقة وتقل هذه التكلفة فى المناطق المفتوحة (حيث تزداد سرعة الرياح وتهب بانتظام) .

وبافتراض أن معدل الفائدة هو 5.5 ٪ ومعدل التضخم فى كل من المعدات والوقود هو 5 ٪ وتكاليف الصيانة 2 ٪ من الثمن الاصلى للمروحة ، وبافتراض أن سعر البيع الحالى لوحدة الطاقة الكهربائية هو (0.02 دينار ليبى) ، والعمر الافتراضى المتوقع للمروحة هو 50 سنة (9) وعليه فقد حسبت المدة اللازمة لاسترجاع اقامة المراوح للمناطق المدروسة السبع ورسمت فى منحنيات موضحة بالشكل (13) .

الجدول رقم (1) يوضح نتائج الدراسة الاقتصادية ، وبه صنفت المناطق المدروسة السبع وتعتبر هذه النتائج كمشروع دليل للمراعى فى ليبيا .

ومن واقع تلك النتائج ، مثلا فى منطقة درنة حيث سرعة الرياح عالية 6.48 متر/ث وجد أن المدة اللازمة لاسترجاع ثمن المروحة لا تزيد عن 13 سنة .

مناقشة النتائج :-

يتضح من النتائج أنه كلما زادت سرعة الرياح ، قلَّ الزمن اللازم لاسترجاع رأس المال ولذلك فان المناطق التى تتمتع بسرعات عالية للرياح تكون أنسب مكان لهذا التطبيق وعند مناقشة النتائج فان الحقائق التالية يجب أن تؤخذ فى الاعتبار :-

- التكلفة الحقيقية لوحدة الطاقة من الكهرباء هى فى الحقيقة أضعاف سعرها الحالى المعلن (0.02 دينار ليبى) ، خصوصا فى المناطق البعيدة والنائية حيث تصل التكلفة الى 10 أضعاف أحيانا (15) .
- وبالرغم من أن مولدات الديزل هى الأكثر انتشارا لانتاج الطاقة الكهربائية فى المناطق النائية والرعوية الا أن هناك عدة مشاكل تصاحب استعمالها مثل : ارتفاع تكاليف عملية التشغيل حتى بأقل سعر للنفط حيث أن تكلفة وحدة الطاقة المنتجة بمولدات الديزل تتراوح من 0.05 الى 0.17 دينار ليبى ، وتحتاج مولدات الديزل الى أيد عاملة للتشغيل كما

تحتاج الى الصيانة الدورية والتزييت المستمر واى اهمال فى ذلك يؤدى الى توقفها واستنزاف الوقت فى اصلاحها وهذا يؤدى الى اضافة وحدات اخرى من المولدات كاحتياطى تكون جاهزة عند الحاجة مما يزيد من التكاليف .

- صعوبة امداد المولدات بالوقود خاصة بالمناطق البعيدة حيث ان نقل الوقود يتم عبر مسافات طويلة وفوق طريق غير معبدة احيانا (17،16) .
- اصغر مولدات الديزل ذات قدرة 2 كيلو وات وهذا الحجم غير ملائم لضخ كميات قليلة من المياه لاستعمالات المراعى .
- كل ذلك يجعل من مضخات المراوح الهوائية دائما اكثر جدوى اقتصادية من مضخات الديزل لضخ المياه .
- ولهذا فان مولدات الديزل يجب ان تستبدل بمراوح هوائية بعد دراسة عميقة ومستفيضة او تستعمل فى شكل تكاملى معها .
- دراسات سابقة اشارت الى ان النفط والغاز سوف ينضب اذا استمر الاستعمال بهذا المعدل .

ولذلك فانه من الناحية الاستراتيجية يبقى النظر الى المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة كالرياح امر جدير بالاهتمام، خاصة وان نتائج هذا البحث تشير بتفاؤل الى مدى الجدوى حتى فى الظروف الحالية وهذا لايمنع من اجراء دراسات اخرى اعمق واوسع تسخر لها الامكانيات وتوفر لها كل المعلومات، وتجدر الاشارة الى ضرورة الاهتمام بالدراسات المائية فى ليبيا حيث ان المشكلة لها محورين محور طاقى والاخر مائى .

الخلاصة :-

من خلال المناقشة السابقة للنتائج يمكن ان نستخلص ان استخدام طاقة الرياح وبالتحديد فى ضخ المياه للمواقع الرعوية فى مناطق مختلفة للبلاد سوف يكون تطبيقا ناجحا خاصة فى المناطق الشرقية (درنة، الجبل الاخضر، بنغازى) حيث يزيد المتوسط السنوى لسرعة الرياح بها عن 5 متر /ث .

التوصيات والمقترحات:-

النتائج والمناقشة والخلاصة السابقة يمكن ان تملى علينا التوصيات التالية :-

1 ـ المسارعة فى وضع برنامج علمى ملائم يوضح الخطوات المناسبة لادخال طاقة الرياح الى حيز التنفيذ واستغلالها فى ضخ المياه بالمواقع الرعوية .
2 ـ القيام بدراسات مفصلة وعميقة للمناطق الشرقية من ليبيا، ومحاولة الاعتماد بصورة اوسع على طاقة الرياح كطاقة جديدة ومتجددة .

وبدون شك ان محاولة التصنيع بالداخل خاصة قطع الغيار الضرورية للمراوح الهوائية ستسمح بتقليل كبير وملحوظ فى تكلفة استيراد واقامة المراوح ، وللوصول الى هذا الهدف تم اقتراح البرنامج العلمى التالى:-

المرحلة الاولى :-

ترشح منطقة وتعتبر حقلا لاجراء التجارب وتزود بعدد محدود من المراوح من شركات عالمية مختلفة كنموذج عمل، وتجرى الاختبارات والدراسات الفنية والاقتصادية عليها ومدى نجاح هذا المشروع وملاءمته للظروف البيئية المحلية ويتولى المختصون متابعة هذا الحقل دوريا وعلى مدى فترة زمنية محدودة ولتكن سنتين على الاقل، ويتم تقييم المشروع فى حالة ما اذا كانت النتائج حسنة وحققت المراوح بالمنطقة الكفاءة المتوقعة والغرض المطلوب فانه يمكن بعد ذلك اجراء المراحل التالية :-

المرحلة الثانية :-

وضع برامج لدورات تدريبية على كل من المستويين الهندسى والفنى، فى الداخل والخارج .

المرحلة الثالثة :-

بعد نجاح برامج التدريب الفنى، فانه يمكن استيراد الاعداد الكافية من المراوح الهوائية ويراعى فى ذلك تعدد مصادر الاستيراد .

المرحلة الرابعة :-

بعد اتمام عملية التدريب الفنى، على المدى البعيد فانه يمكن البدء فى تصنيع بعض الاجزاء الرئيسة مثل الابراج وكذلك قطع الغيار الضرورية والبسيطة

المرحلة الخامسة :-

بعد الانتهاء من برنامج التدريب والتعليم الهندسى فانه يمكن التعاقد على انشاء وحدات صناعية متكاملة من اجل التصنيع بالداخل. ويتم التوسع فى الاعتماد على طاقة الرياح كطاقة بديلة وخاصة فى المجال الزراعى.

الجدول رقم (1) تصنيف المناطق المدروسة

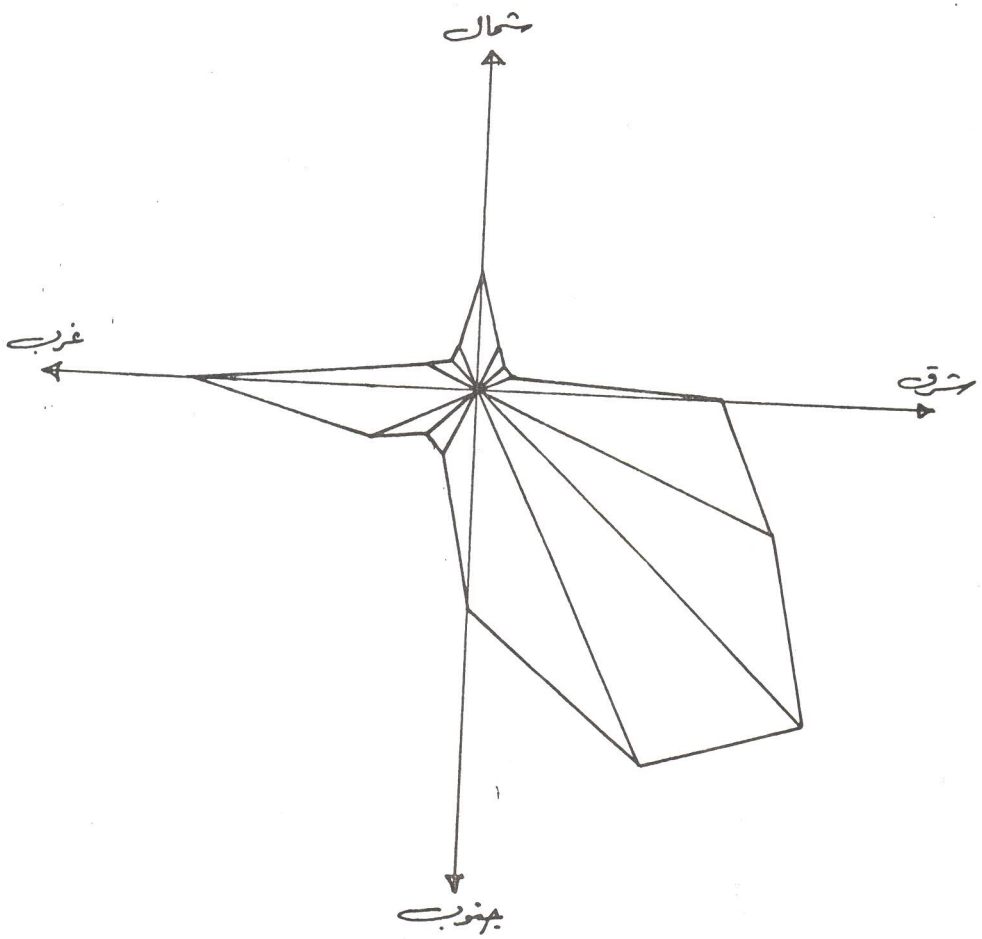
رقم .	المنطقة	متوسط سرعة الرياح متر/ث	الزمن اللازم لاسترجاع راس المال «سنة»	التصنيف ،
1	درنة	6.48	13	جيد جدا
2	بنغازى	5.17	36	جيدة
3	سرت	4.14	اكثر من 45	غير مقبولة
4	يفرن	3.85	اكثر من 50	غير مقبولة
5	زوارة	3.83	اكثر من 50	غير مقبولة
6	مصراتة	3.39	اكثرمن 50	غير مقبولة
7	اجدابيا	2.91	اكثر من 50	غير مقبولة

جدول رقم (3) تاثير سرعة الرياح على كثافة القدرة:

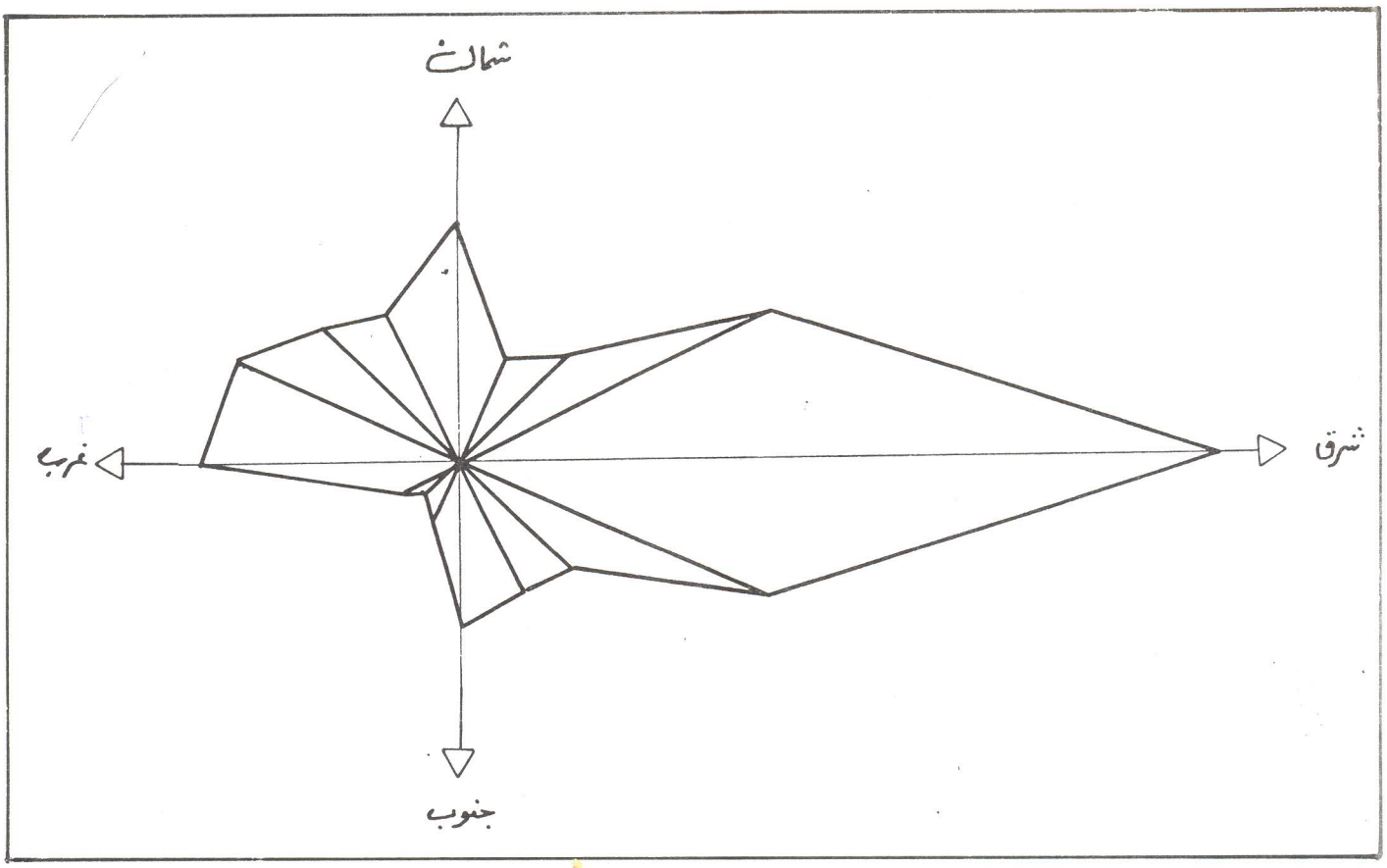
المنطقة	درنة	القريات الشرقية	اجدابيا
متوسط سرعة الرياح /متر /ث	6.48	4	2.91
كثافة القدرة وات/ متر مربع	29.53	7	2.67

جدول رقم (4) تاثير كل من سرعة الرياح وقطر المروحة على القدرة الناتجة -

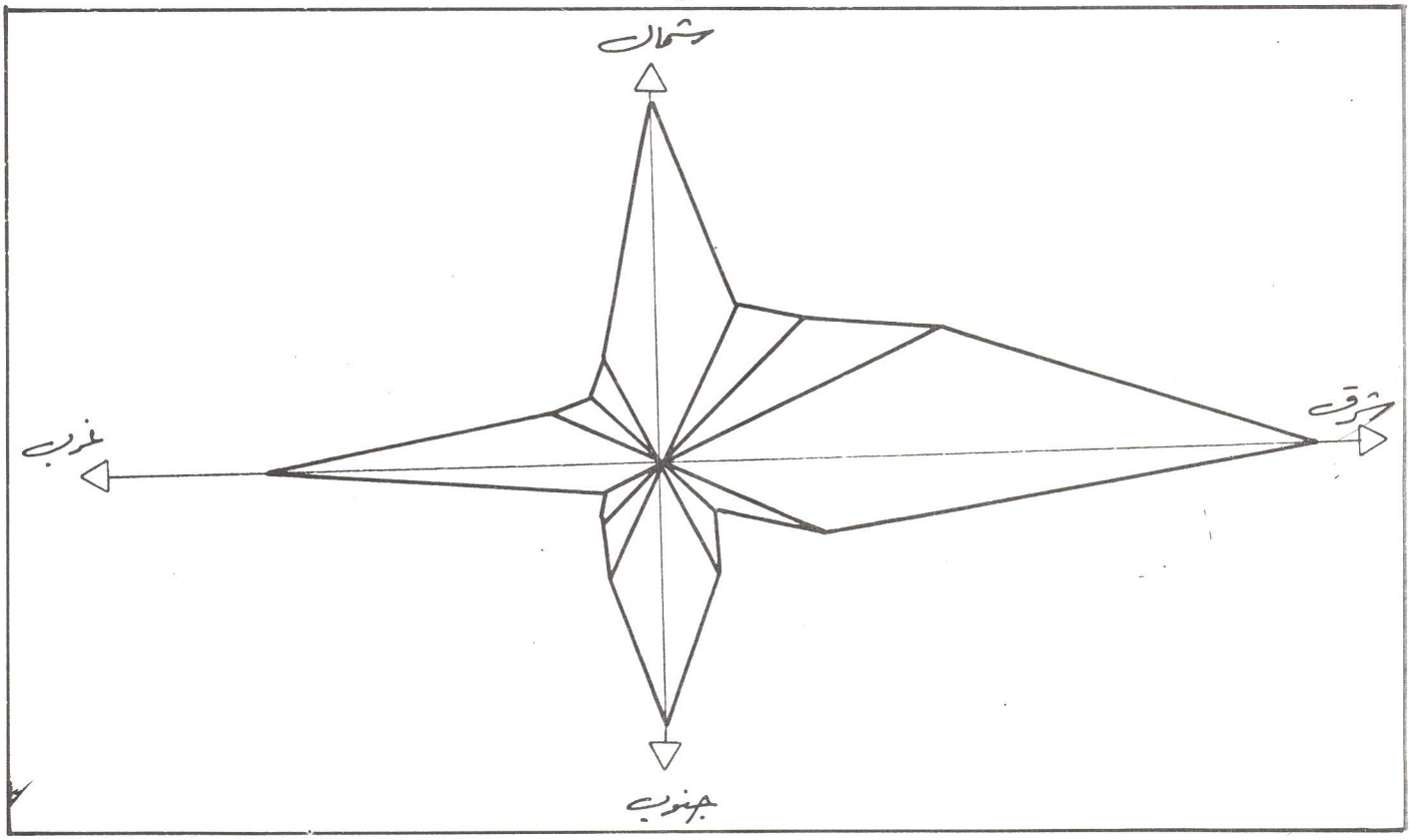
المنطقة	درنة			القريات الشرقية			اجدابيا		
متوسط سرعة الرياح متر /ث	6.48			4			2.91		
قطر المروحة متر	2	4	6	2	4	6	2	4	6
القدرة الناتجة وات	8 و92	1 و371	9 و 834	22.2	88.6	199.3	8.4	33.6	75.6



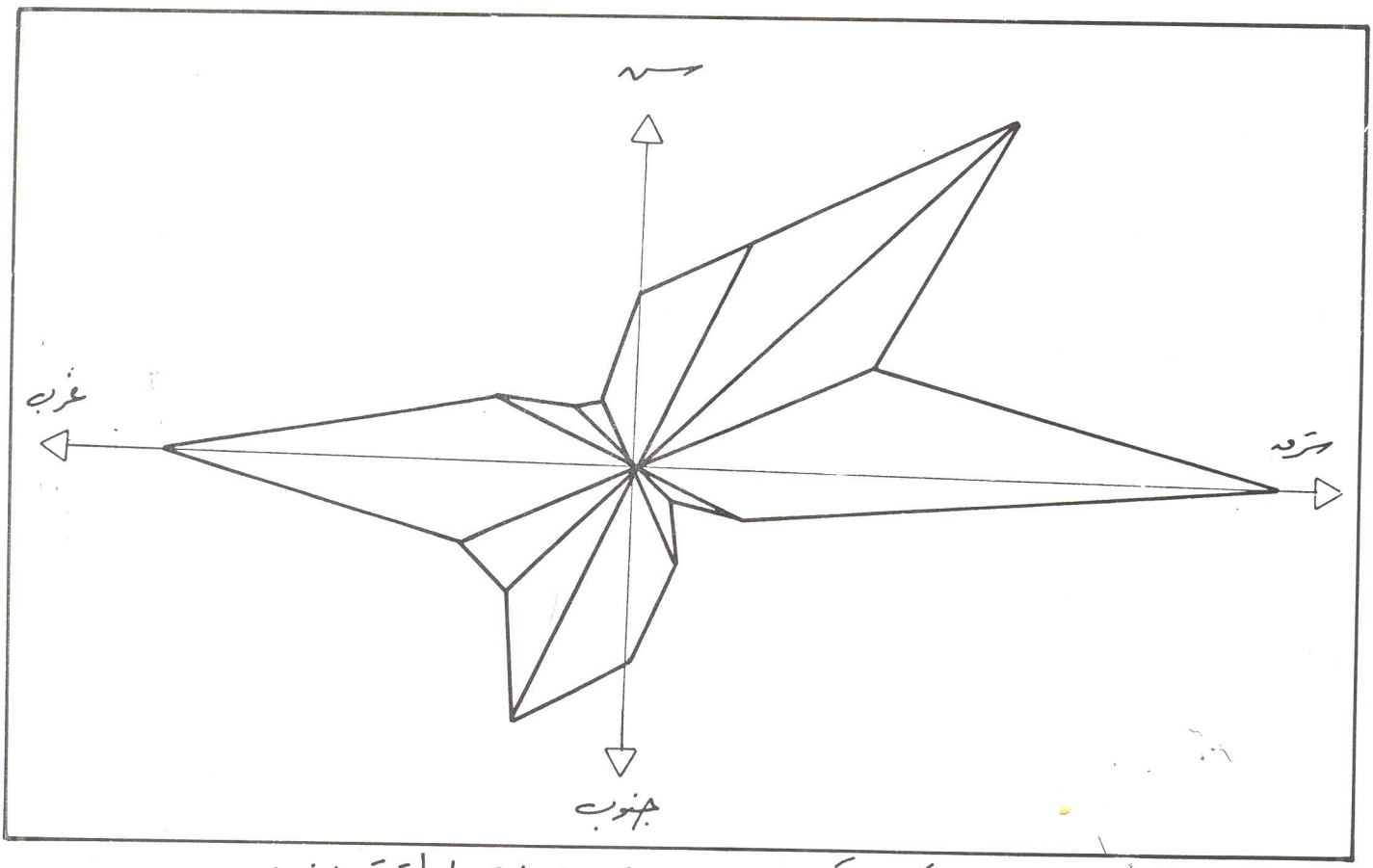
شكل رقم (1) وردة الرياح لمنطقة درنة.



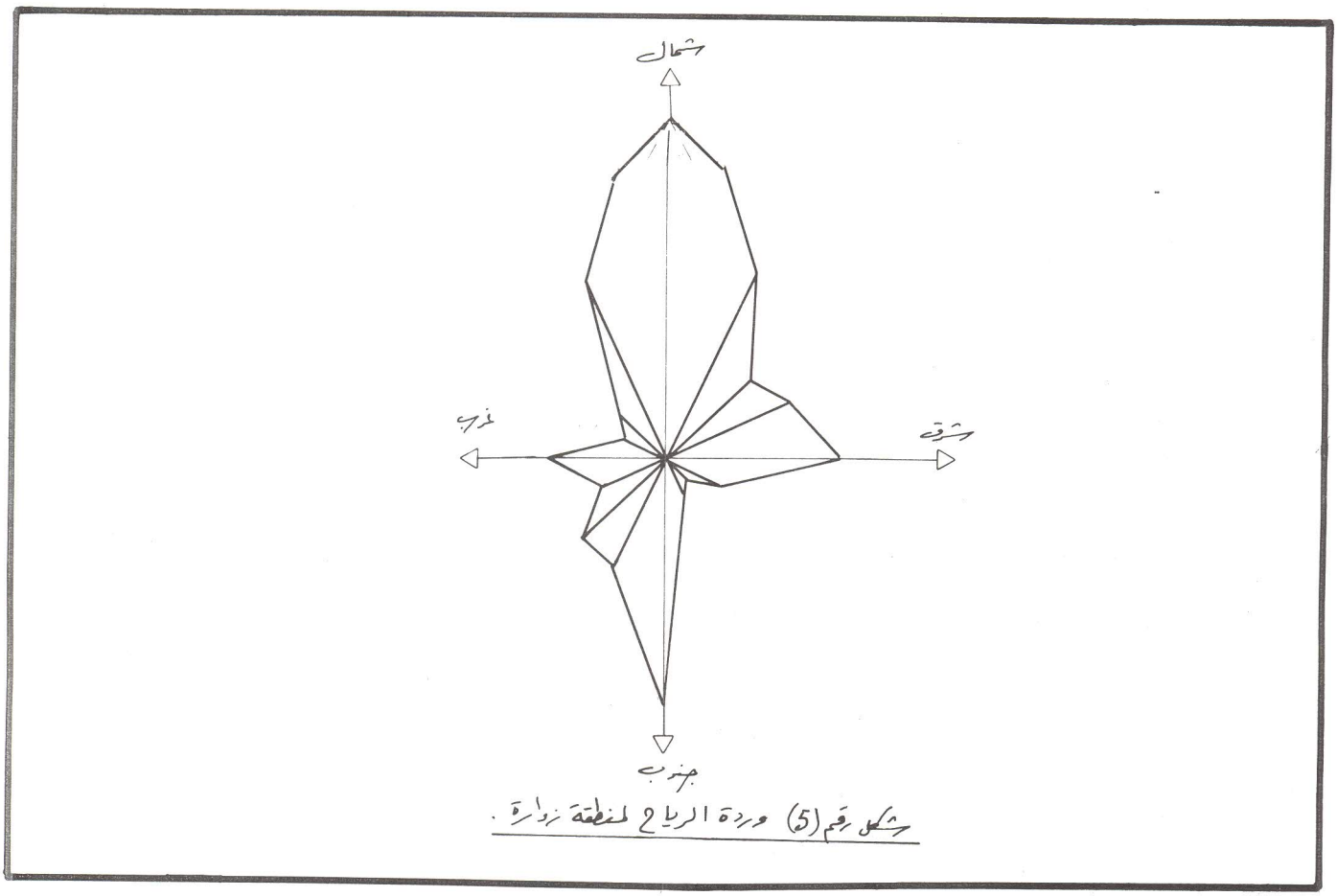
شكل (2) وردة الرياح لمنطقة بنغازي



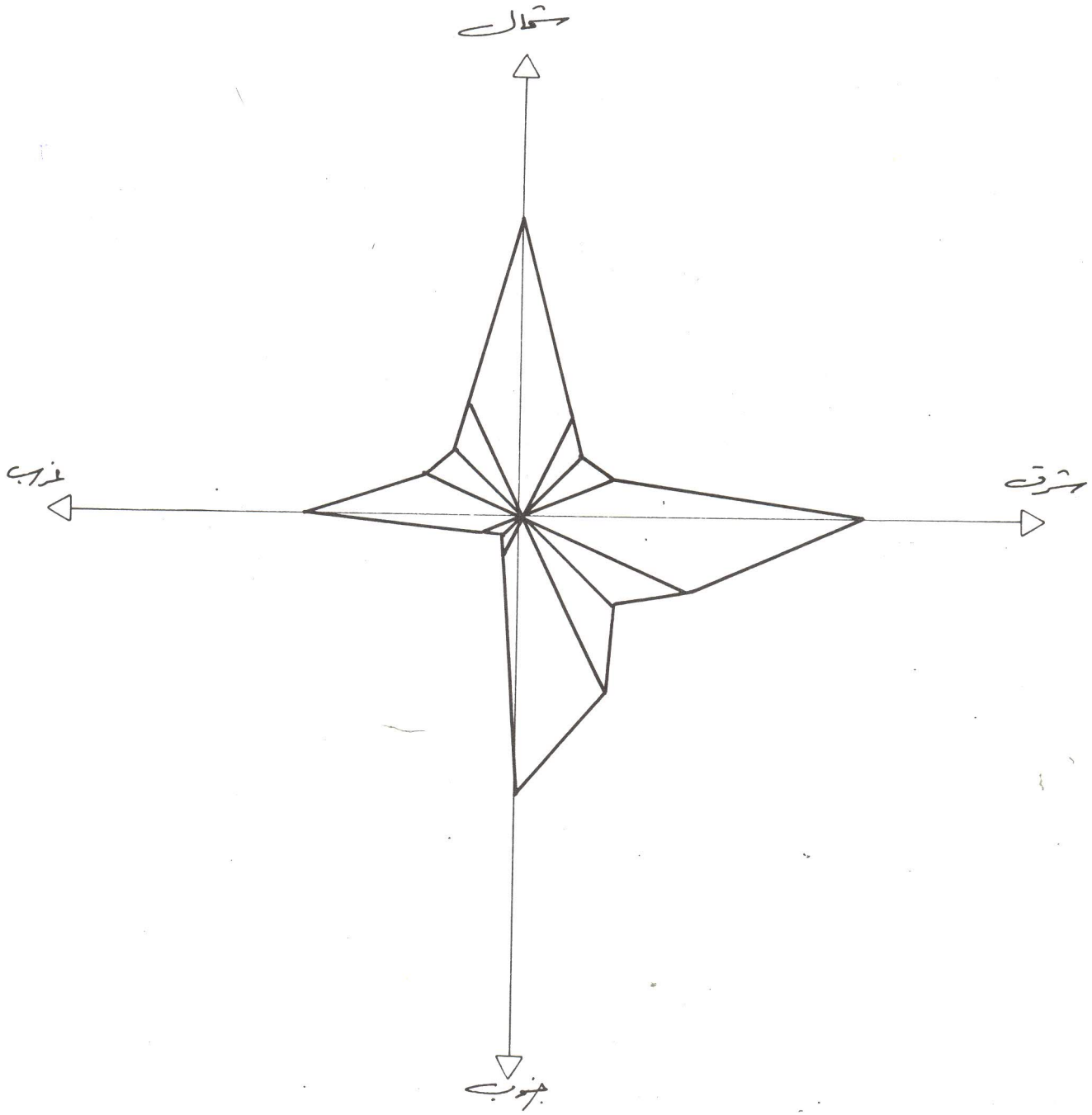
شكل رقم (3) وردة الرياح لمنطقة سرت .



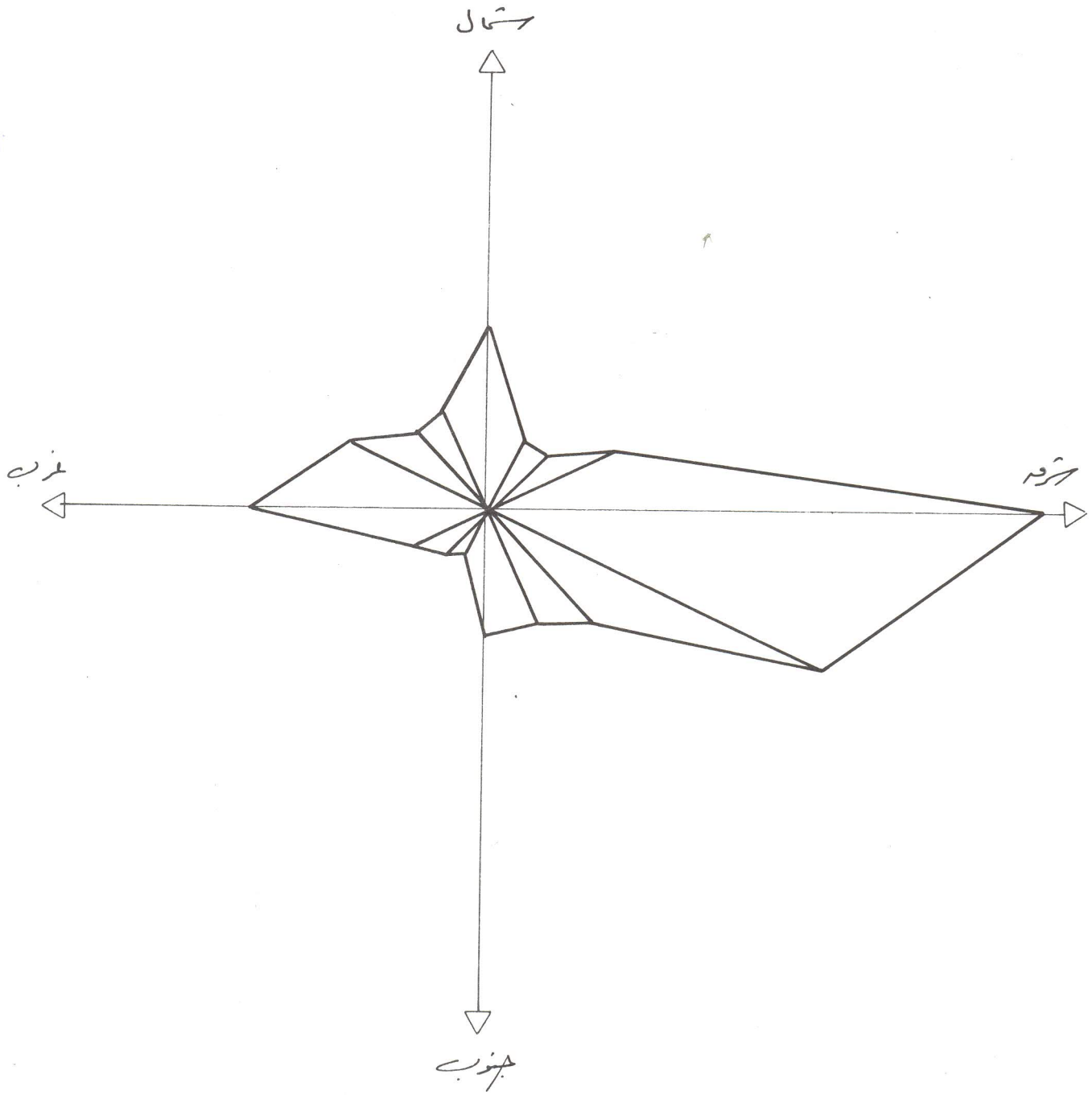
شكل رقم (4) وردة الرياح لمنطقة يفرن



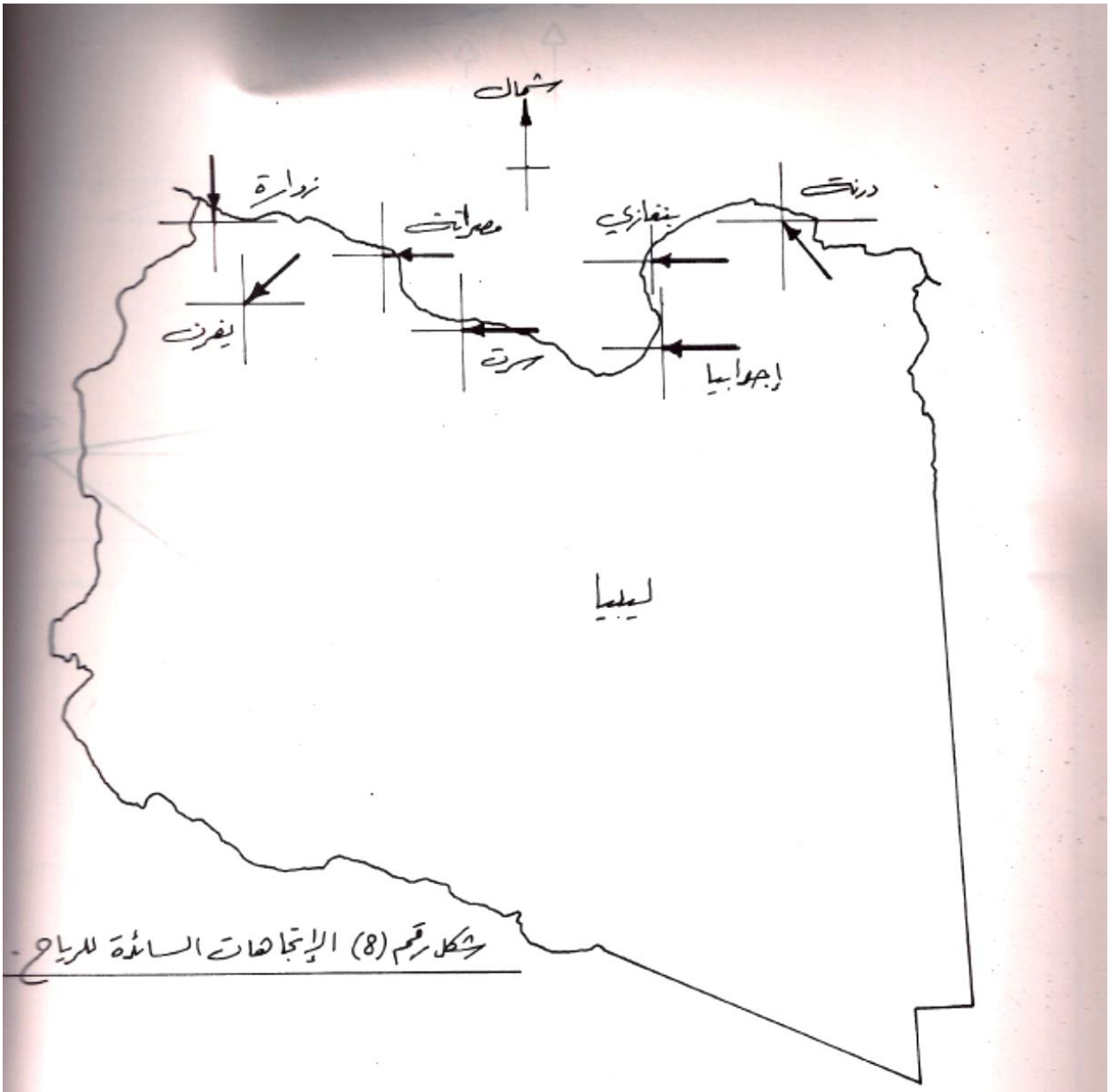
شكل رقم (5) وردة الرياح لمنطقة زوارة.



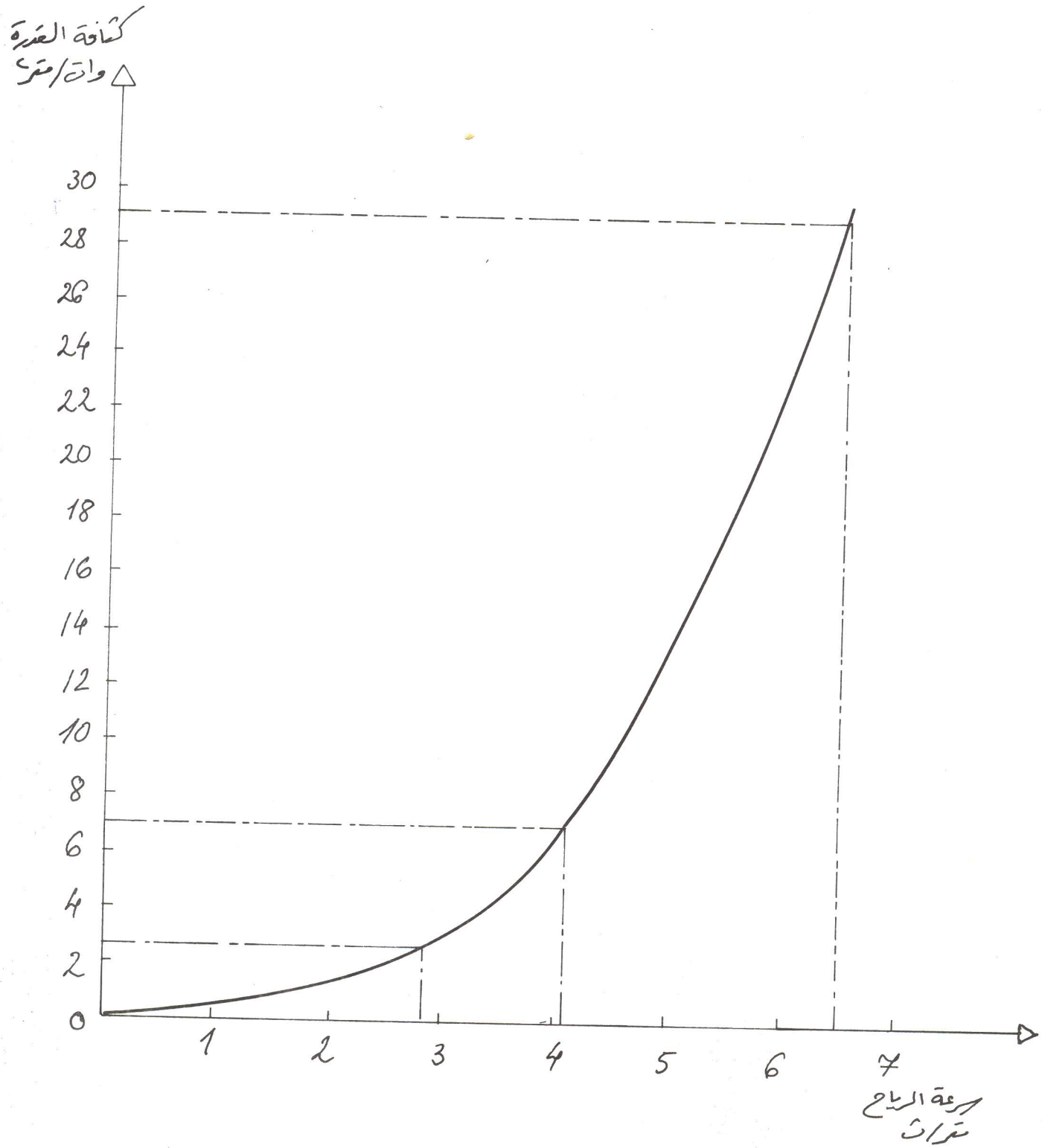
شكل رقم (6) وردة الرياح لمنطقة مصراتة.



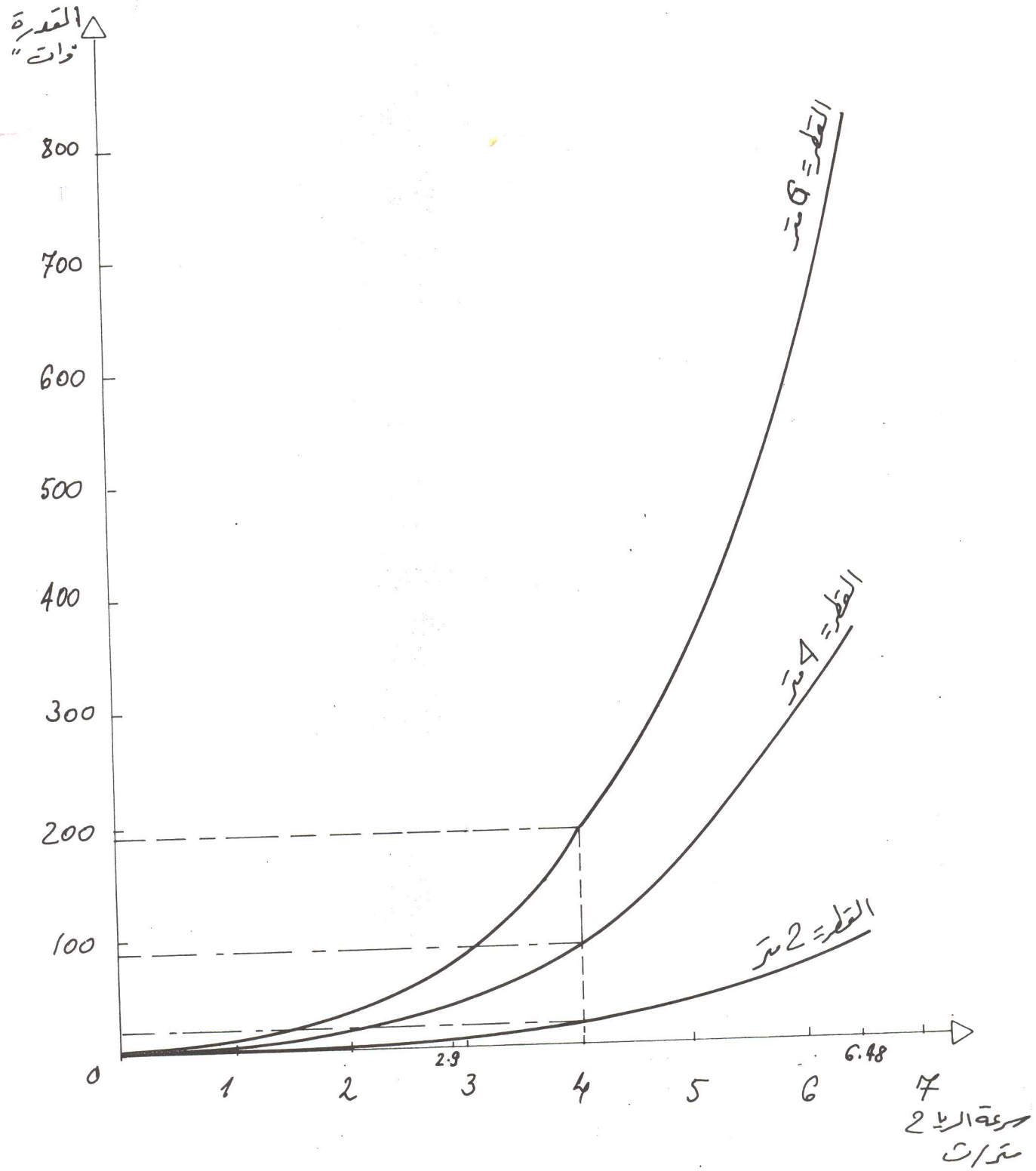
شكل رقم (7) وردة الرياح لمنطقة إجدابيا.



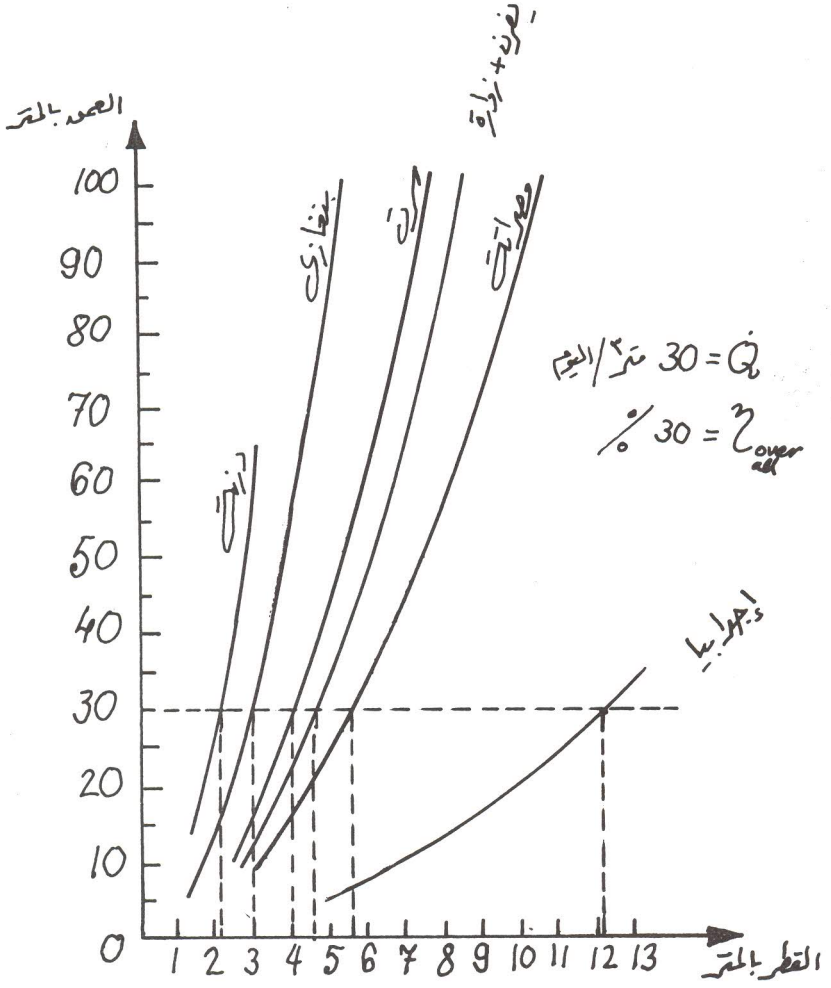
شكل رقم (8) الإتجاهات السائدة للرياح.



شكل (9) تأثير تغير سرعة الرياح على كثافة القدرة.

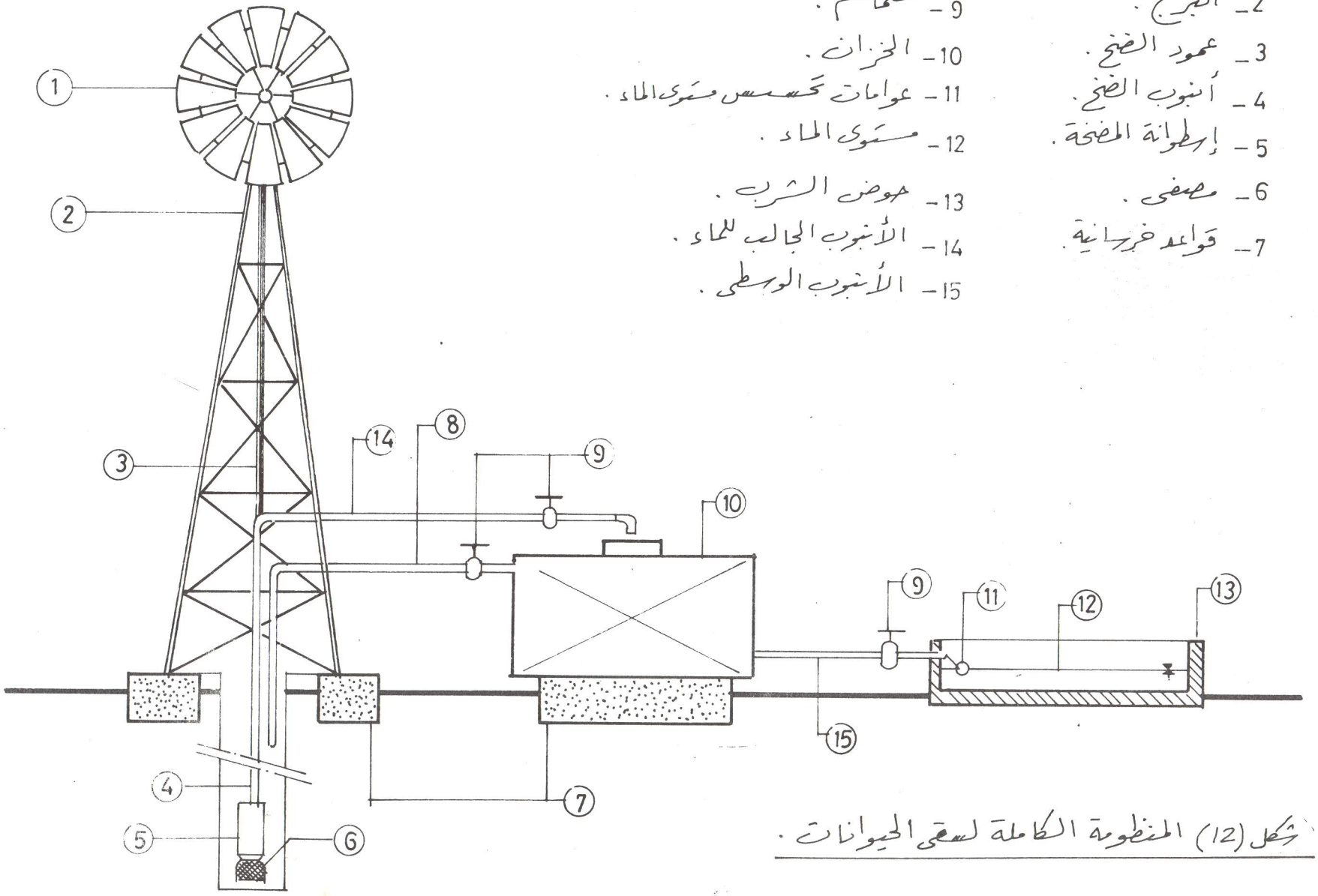


شكل رقم (10) : تأثير كل من سرعة الرياح ، وقطر المروحة على القدرة الناتجة .

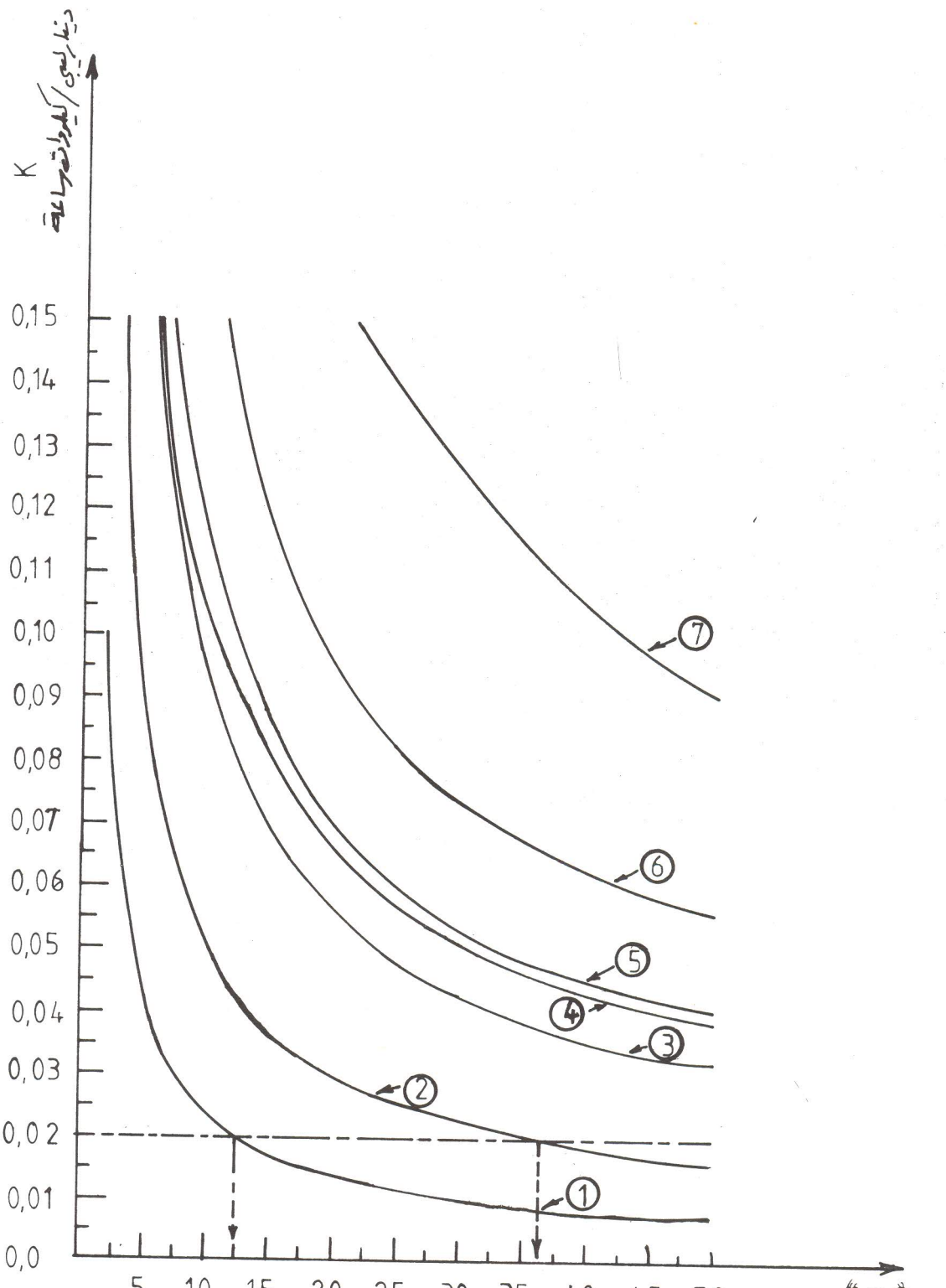


شكل (11) العلاقة بين سرعة الرياح، وكمية المياه، والعمود، وقطر المروحة.

1- الدوار .
2- البرج .
3- عمود الضخ .
4- أنبوب الضخ .
5- إسطوانة المضخة .
6- مصفى .
7- قواعد خرسانية .
8- أنبوب الإرجاع .
9- صمام .
10- الخزان .
11- عوامات تحسس مستوى الماء .
12- مستوى الماء .
13- حوض الشرب .
14- الأنبوب الجالب للماء .
15- الأنبوب الوسطي .



شكل (12) المنظومة الكاملة لسقي الحيوانات .



شكل (13) المدة اللازمة لإسترجاع رأس المال.