توطن محطات انتاج الكهرباء من الرياح في مصر
(دراسة في جغرافية الطاقة المتجددة)

اعداد

مروة محمد العزب على عيسى
(المعيدة بالقسم)
إشراف
الأستاذ الدكتور/ **سعيد أحمد عبده**
أستاذ الجغرافيا البشرية بالكلية

مقدمة:

تتعدد العوامل التي تؤخذ في الإعتبار جيداً عند إختيار مواقع محطات إنتاج الكهرباء من الرياح , ويسبب التقصير في أي عامل من هذه العوامل الكثير من الأضرار البيئية وتتجه الدولة لإنتاج الكهرباء من الرياح ليس فقط من باب التنويع في مصادر الطاقة ودعم الشبكة الكهربائية الموحدة والحفاظ على توازنها وإنما كل ذلك جنباً إلى جنب مع حماية البيئة من الأضرار التي يسببها الوقود التقليدي وبالتالي لابد من إختيار المواقع جيداً لكي لا نكلف البيئة أضراراً أخرى.

وتتركز مزارع الرياح فى مصر على الساحلين الشمالى والشرقى من خلال تسعة مواقع أربعه منها ممثلة فى محطات الزعفرانه وجبل الزيت والغردقة الأولى والغردقة الثانية , وتعد هذه المحطات هى مراكز الانتاج الفعلى للكهرباء المولدة من الرياح فى مصر , أما مواقع الساحل الشمالى فكلها خارج الخدمة ولا تساهم فى الانتاج بأى شكل لإنتهاء عمرها الافتراضى واحتياجها للإحلال والتجديد ومن هنا اقتصرت الدراسة على المحطات القائمة فقط .

أسباب اختيار الموضوع :

1- دراسة أسباب ارتباط مزارع الرياح فى مصر بالساحلين الشمالى والشرقى لمصر.

2- دراسة كيفية مساهمة مزارع الرياح فى دعم الشبكة الكهربائية الموحدة المصرية .

اهداف الدراسة :

1- دراسة عوامل توطن مزارع الرياح فى مصر والمفاضلة بين هذه العوامل للتوصل للعامل الرئيسى فى اختيار مواقع مزارع الرياح .

2- دراسة منظومة انتاج الكهرباء من الرياح بداية من الانتاج الى الربط مع الشبكة الكهربائية الموحدة .

مداخل الدراسة :

1- **مدخل تحليل نظم الطاقة : Energy Systems Analysis Approach**

يعالج منهج تحليل النظم أى مصدر من مصادر الطاقة على أنه نظام متكامل فالنظام يتكون من مجموعه من العناصر تربط بينها علاقات وظيفية كما تربط بين خصائصها (). وقد تم الإستفادة من

هذا المدخل فى دراسة طاقة الرياح كمصدر للطاقة المتجددة بداية من محطات انتاجه مرورا بربط هذا الانتاج بالشبكة الكهربائية الموحدة .

تنقسم مزارع الرياح عامة إلي نوعين رئيسيين من حيث الموقع الأول هو مزارع الرياح البرية والتي تقام على الشواطئ البحرية ويطلق عليها مصطلح **On Shore**, أما النوع الثاني وهو مزارع الرياح البحرية التى تقام داخل البحار والمحيطات بعيداً عن الشاطئ ويطلق عليها مصطلح **Shore Off** والتي لازالت نادرة على مستوى العالم حيث أنها عالية التكلفة ومعقدة تكنولوجيًا , رغم تعدد مزاياها.

والتى من أهمها البعد عن المناطق السكنية وبالتالي تقليل الضوضاء بالإضافة إلى توفير المساحات الكبيرة من الأراضي لإستغلالها في مجالات أخرى وذلك بالإضافة إلى سرعة الرياح العالية التي لا يعوقها شيء لإستواء سطح الماء عنه على اليابس.

ولا يوجد فى مصر من مزارع الرياح سوى مزارع الرياح البرية وهذا يرجع إلي أن مصر مازالت في مرحلة البدايات في مجال طاقة الرياح , بالإضافة لاحتياج مزارع الرياح البحرية لتكنولوجيا أكثر تعقيداً وأكثر تكلفة من مزارع الرياح البرية , وتمتلك مصر مساحات من الأراضى ذات سرعات الرياح العالية , ومن الممكن أن تتجه لهذا النوع من مزارع الرياح فيما بعد .

وتتمثل عوامل توطن مزارع الرياح في متوسط سرعة الرياح وإتجاهها وشبكات البنية التحتية بالإضافة الى القرب من الشبكة الكهربائية الموحدة , ثم مساحات الأراضي التي تشغلها مزرعة الرياح واستخداماتها ومسارات هجرة الطيور وتأثيرها المهم في إختيار المواقع المناسبة , وأخيرا مخرات السيول والعواصف الترابية وما لها من تأثير سلبي على مزارع الرياح .

ومن الصعوبة بمكان تحقيق كل هذه العوامل مجتمعه فى موقع معين ولكن عند توطن مزرعة الرياح يتم المفاضلة بين هذه العوامل لإختيار أفضل موقع مع محاولة التغلب على باقى العوامل التى تتباين من موقع لآخر تبعا لظروف كل موقع.

ويمكن تناول هذه العوامل بالدراسة على النحو التالي :

1-متوسط سرعة الرياح وإتجاهها :

تعد سرعة الرياح العامل المؤثر الرئيسي في إنتاج الكهرباء من الرياح وبالتالي تعتمد مزارع الرياح فى توطنها على متوسط سرعة الرياح فى المقام الأول وذلك لتناسب الطاقة المولدة مع مكعب سرعة الرياح ().

وسوف تعتمد دراسة متوسط سرعة الرياح واتجاهها على ثلاثين محطة قياس رياح تغطى كافة أنحاء الأراضي المصرية , حيث تمتد بين دائرتى عرض 22^{o} حتى 31^{o} شمالاً وبين خطى طول 25^{o} إلى 33^{o} شرقاً.

ويوضح الجدول (1) الموقع الفلكى لهذه المحطات الثلاثين كما يوضح الشكل (2)التوزيع الجغرافى لها على الأراضى المصرية :

جدول (1) الموقع الفلكى لمحطات قياس الرياح فى مصر

المحطات	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)	المحطات	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)
سيدى برانى	31 37 36.5 ْ	25 54 29.8 ْ	سانت بول	28 48 12.6 ْ	32 44 23.5 ْ
رأس الحكمة	31 12 21.4 ْ	27 52 0.3 ْ	رأس غارب	28 20 25.7 ْ	33 1 37.0 ْ
الجلالة	31 1 43.6 ْ	28 10 59.7 ْ	خليج الزيت (شمال غرب)	27 54 21.5 ْ	33 5 20.10 ْ
الإسكندرية (62318)	31 10 55.2 ْ	29 57 7.2 ْ	خليج الزيت	27 47 23.9 ْ	33 28 23.3 ْ
بورسعيد	31 10 5.8 ْ	32 18 4.6 ْ	الغردقة (تجريبية)	27 18 59.3 ْ	33 42 3.5 ْ
العريش (62337)	31 4 57.7 ْ	33 49 41.0 ْ	الغردقة	27 11 5.1 ْ	33 48 7.9 ْ
نويبع	28 58 53.2 ْ	34 41 6.8 ْ	القصير	26 6 44.0 ْ	34 15 21.5 ْ
نبق	28 7 45.2 ْ	34 25 46.3 ْ	القصير	25 49 56.2 ْ	34 25 33.0 ْ

القطمية	29 ◌ً 54 ◌َ 21.2 ◌ْ	31 ◌ً 46 ◌َ 8.4 ◌ْ	الفرافرة	27 ◌ً 3 ◌َ 29.3 ◌ْ	27 ◌ً 59 ◌َ 20.7 ◌ْ
السويس	29 ◌ً 52 ◌َ 27.8 ◌ْ	32 ◌ً 28 ◌َ 18.8 ◌ْ	الخارجة	25 ◌ً 46 ◌َ 20.3 ◌ْ	30 ◌ً 39 ◌َ 40.1 ◌ْ
رأس سدر	29 ◌ً 25 ◌َ 57.8 ◌ْ	32 ◌ً 47 ◌َ 25.5 ◌ْ	جنوب الداخلة	24 ◌ً 37 ◌َ 19.0 ◌ْ	29 ◌ً 6 ◌َ 22.8 ◌ْ
أبودراج (شمال غرب)	29 ◌ً 17 ◌َ 15.0 ◌ْ	32 ◌ً 34 ◌َ 53.4 ◌ْ	شرق العوينات	22 ◌ً 27 ◌َ 31.2 ◌ْ	28 ◌ً 41 ◌َ 51.1 ◌ْ
أبودراج	29 ◌ً 16 ◌َ 49.4 ◌ْ	32 ◌ً 36 ◌َ 3.3 ◌ْ	أسوان	23 ◌ً 27 ◌َ 55.1 ◌ْ	32 ◌ً 49 ◌َ 30.4 ◌ْ
الزعفرانة (م 7)	29 ◌ً 10 ◌َ 22.2 ◌ْ	32 ◌ً 37 ◌َ 44.9 ◌ْ	أبو سمبل	22 ◌ً 25 ◌َ 49.1 ◌ْ	31 ◌ً 33 ◌َ 25.7 ◌ْ
الزعفرانة	29 ◌ً 6 ◌َ 48.7 ◌ْ	32 ◌ً 36 ◌َ 38.9 ◌ْ	سانت بول	28 ◌ً 48 ◌َ 12.6 ◌ْ	32 ◌ً 44 ◌َ 23.5 ◌ْ

المصدر: أطلس رياح مصر(2005) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، هيئة الأرصاد الجوية، معامل ريزو الدانمركية.

Source:Wind ATLAS For Egypt ,2005, New and Renewable Energy Authority, Egyptian Metrological Authority, Rios National Laboratory,p14.

يتضح من الجدول (1) انتشار محطات قياس الرياح فى مصر ويلاحظ تركزها على الساحلين الشمالى والشرقى حيث سرعات الرياح العالية التى تنبأت بها قياسات الرياح عام 1987 , وعام 2003 .

ويوضح الجدول (2) متوسط سرعة الرياح فى كل محطة قياس مع ارتفاع هذه المحطة عن مستوى سطح البحر والفترة الزمنية الممتدة لهذه المحطة على النحو التالى :

جدول (2) متوسط سرعة الرياح فى محطات منطقة الدراسة

سرعة الرياح (متر/ثانية)	الإرتفاع (متراً)	الفترة الزمنية	المحطة	سرعة الرياح (متر/ثانية)	الإرتفاع (متراً)	الفترة الزمنية	المحطة
8.2	24.5	2000-2005	سانت بول	6.1	10	1995-2004	سيدى برانى
9.8	24.5	2000-2005	رأس غارب	6.5	24.5	2004-2005	رأس الحكمة
10.3	24.5	2000-2005	خليج الزيت ش	6	24.5	2004-2005	الجلالة
10.1	24.5	1995-2005	خليج الزيت	4.3	9.5	1995-2005	الإسكندرية
6.7	24.5	1992-2005	الغردقة	4.7	24.5	2004-2005	بورسعيد
6.6	9	1995-2005	الغردقة م	2.5	8.5	1995-2005	العريش
4.5	10	2001-2005	القصير	5.5	24.5	2004-2005	نويبع
5.5	24.5	2001-2005	القصير م	6.8	24.5	2004-2005	نبق
3.3	6	2003-2005	الفرافرة	5.2	25.5	2004-2005	القطمية

السويس	1995-2005	10	5.3	الخارجة	2004-2005	24.5	6.5
رأس سدر	2000-2005	24.5	7.4	جنوب الداخلة	2004-2005	24.5	6.4
أبودراج ش	2001-2005	47.5	8.2	شرق العوينات	2000-2003	24.5	6.5
أبودراج	1991-2005	24.5	8.8	أسوان	1995-2005	6	4.6
الزعفرانة 7	1998-2005	47.5	9.7	أبو سمبل	2004-2005	6	4.6
الزعفرانة	1991-2005	24.5	9	سانت بول	2000-2005	24.5	8.2

Source: Wind Atlas for Egypt (2005),op.cit,p14

يتضح من الجدول (2) ما يلى :

ارتفاع متوسط سرعة الرياح فى كل من محطتى الزعفرانه الأولى والثانية ,ومحطة رأس غارب , ومحطتى خليج الزيت , خليج الزيت شمال لتصل الى 9 ,9,7 ,9,8 , 10,1 ,10,3 متر/ ثانية على التوالى .

بلغ متوسط سرعة الرياح 8,8 متر/ ثانية فى محطة أبودراج , بينما بلغ متوسط سرعة الرياح(8,2 متر/ثانية) فى كل من أبودراج شمال , سانت بول 1 وسانت بول 2.

بلغت متوسط سرعة الرياح فى محطات رأس سدر, نبق, الجلالة , رأس الحكمة , سيدى برانى , الغردقة 1 , الغردقة 2 ,الخرجة , جنوب الداخلة وشرق العوينات 7,4 , 6,8 , 6, 6,5 , 6,1 , 6,7 ,6,6, 6,5, 6,4, 6,5 متر/ثانية على التوالى.

بينما انخفض متوسط سرعة الرياح الى2,5 ,3,3 , 4,3 , 4,5 ,4,6 ,4,6 ,4,7 , 5,2 ,5,3 ,5,5 ,5,5 ,5,5 .متر/ثانية فى محطات العريش, الفرافرة, اسكندرية, القصير, اسوان , ابوسمبل , بورسعيد , القطامية, السويس,نويبع و القصير 2 على التوالى .

تتعرض مصر لتيارات هوائية مختلفة حيث أنها تقع فى الإقليم المناخى شبه المدارى، ففى خلال الفصل البارد الذى يمتد من منتصف الخريف حتى نهاية الربيع تتأثر مصر بمناخ البحر المتوسط الذى يتميز بمرور المنخفضات الجوية والتى تؤثر بشكل كبير على الرياح السطحية فى مصر من حيث السرعه والاتجاه ,الا أنه يمكن القول بصفة عامة أن الرياح السطحية السائدة خلال فصل الشتاء هى الرياح الشمالية والشمالية الغربية بينما خلال فصل الصيف ونصف الخريف و هو الفصل الحار تتأثر مصر بمنخفض الهند الموسمى خلال الصيف ومنخفض السودان الموسمى خلال الخريف وتكون الرياح السائدة خلال هذا الفصل هى الرياح الشمالية الشرقية وبشكل عام فإن معظم الرياح السائدة على مصر طوال العام هى الرياح الشمالية فيما عدا فصل الشتاء الذى تسود فيه الرياح الغربية والشمالية الغربية .

2-القرب من شبكات البنية التحتية :

يعد عامل القرب من شبكات البنية التحتية من أهم العوامل المتحكمة في توطن محطات إنتاج الكهرباء من الرياح حيث تتعدد المزايا المكتسبة من تحقيق هذا العامل عند إختيار مواقع المحطات , وتتمثل أهم هذه المزايا في أن القرب من شبكات البنية التحتيه كشبكات المياه والتليفونات والانترنت والكهرباء بالإضافة إلى شبكات الطرق الرئيسية يعد ضرورة أساسية لا مفر منها سواء في مراحل تأسيس المحطة نفسها أو لسهولة إنشاء مجتمعات مناسبة للعاملين في هذا المجال وتوفير الإحتياجات الأساسية والضرورية لهم .

وبالفعل تقوم الشركة المنفذة للمشروع بتوفير كافة ما سبق للمحطة من خلال ربطها مع الشبكات القومية القريبة من المكان فمثلا يتم توفير الكهرباء للمحطة وتغذيتها من خلال محولات تغذية بغض النظر عن أن المحطة تنتج الكهرباء أم لا .

بالإضافة إلى توفير شبكة الانترنت في جميع محطات الرياح لما لها من ضرورة في المتابعة والمراقبة والاتصال سواء بالتوربينات نفسها للمتابعة أو مع مقر الهيئة .

ومن الأهمية بمكان عند توطن محطات إنتاج الكهرباء من الرياح خلال مراحل الإنشاء والتشغيل أو الصيانه توافر الطرق وخاصة فى مراحل الإنشاء حيث عادة ما تواجه محطات إنتاج الكهرباء من الرياح مشاكل عديدة بسبب المركبات الثقيلة والأحمال الضخمة التى تنقل الى الموقع .

وتقع كل المحطات التي تم إقامتها على طول الطرق الرئيسية بالدولة فمحطات الساحل الشمالي تقع على الطريق الدولي الإسكندرية /مطروح في حين أن محطات الساحل الشرقي كلها تقع على طريق القاهرة/ السويس/الغردقة, ويعد القرب من شبكات الطرق من أهم عوامل التوطن للمحطات بداية من إمكانية نقل مستلزمات الإنشاء للموقع ولتحقيق إمكانية الوصول لمواقع المحطات مما يعمل على إمكانية القيام بأعمال الصيانة واصلاح الأعطال المفاجئة أثناء التشغيل فمعظم العمالة متنقلة بين المحطات لقلة العاملين بالمجال .

3-القرب من الشبكة الكهربائية الموحدة :

يهدف إنشاء مشروعات محطات الكهرباء من الرياح فى الأساس إلي دعم الشبكة الكهربائية الموحدة بالإضافة لتغذية المناطق المنعزلة والربط مع الشبكة الكهربائية الموحدة يكون على حسب حجم المحطة وتكاليف المشروع نفسه والشائع أن معظم المحطات يتم ربطه مع شبكات التوزيع وبعضها مرتبط مع شبكات النقل , ويجب أن تقع مزارع الرياح على بعد 15كم تقريبا من الشبكة القومية الموحدة لتقليل تكاليف نقل الكهرباء() .

وتنتج محطات إنتاج الكهرباء من الرياح كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية التى يتم نقلها من خلال كابلات وخطوط النقل المرتبطة بالشبكة الكهربائية الموحدة الموجودة بالفعل وبالتالي تقل التكلفة حيث أنه مع زيادة المسافة والبعد عن الشبكة الكهربائية الموحدة ترتفع التكلفة إلا أن هذه التكلفة فى إضافة وصلات للخطوط تكون أثناء الإنشاء ومرة واحدة وتختفى التكلفة مع العائد المحقق().

وهناك نموذجان رئيسيان من مشروعات طاقة الرياح المتصلة بشبكات الكهرباء في جميع أنحاء العالم النموذج الأول هو إقامة مزارع الرياح الكبرى والتي تضم قدرات كبيرة (عشرات أو مئات الميجاوات)أما النموذج الثاني فهو المشاريع الصغيرة التي تتراوح قدرتها ما بين (1 - 50 ميجاوات)().

و في مصر يسود النموذج الأول والذي يقام بالتعاون بين هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة كممثل من قبل الدولة والمستثمرين بقوانين معينة تفرضها الدولة كنظام البوت(Boot)السائد في معظم محطات إنتاج الكهرباء من الرياح في مصر*.

ويتسم القرب من الشبكة الكهربائية الموحدة بمزايا إقتصادية عديدة أهمها إمكانية ربط هذه المحطات بالشبكة الكهربائية الموحدة فتدعم الشبكة الموحدة بقدرات مركبة إضافية مما يعمل على زيادة أمن الطاقة الكهربائى بالدولة من خلال الحفاظ على توازنها بتنويع المصادر وزيادة القدرات الكهربائية المركبة وبالتالي كمية الطاقة المولدة ويستفاد من ذلك في مجابهة الزيادة المطردة في الطلب على الطاقة الكهربائية .

وقد قامت الدولة بالفعل بربط المحطات الكهروريحية القريبة من الشبكة الموحدة في حين قامت بعض المحطات الصغيرة التجريبية بتوفير إحتياجات بعض المناطق النائية والتي يصعب تغذيتها من الشبكة الموحدة وهنا يصبح قيام هذه المحطات بشكل منفصل ميزة إقتصادية أيضاً وهى إمكانية استغلالها حيث وجدت لتوفير الاحتياجات الذاتية مثل محطة سيدي برانى والتي أقامتها القوات المسلحة لإنارة المنطقة العسكرية الغربية بالإضافة لمحطات أخرى عديدة أقامتها الدولة بغرض الإنارة مثل محطة الداخلة التي تقوم بإنارة قرية عبد الزين ,بالإضافة لتنوع الأغراض أيضاً لتتعدى الإنارة فمثلاً في محطة أبو الغصون أقيمت بهدف توفير الكهرباء لصناعة الثلج للصيادين لحفظ الأسماك .

إلا أن المحطات البسيطة التي تقام في المناطق النائية مثل محطات الساحل الشمالي بمجرد دخول الشبكة الكهربائية الموحدة تفقد أهميتها وتتوقف وبالتالي أصبح المجال الآن للمحطات الكبيرة التي تقوم بدعم الشبكة الكهربائية الموحدة وخاصة بعد أن غطت الشبكة الكهربائية الموحدة كافة أنحاء الدولة .

وقد تم ربط جميع محطات الإنتاج الكهربائى من الرياح مع الشبكة الكهربائية الموحدة وان كانت وسائل الربط مع الشبكة تتباين مع تباين المحطات من حيث كمية الإنتاج فمثلا محطة الغردقة الأولى ترتبط مع شبكة مدينة الغردقة من خلال محول صغير يوضحه الصورة (2) وذلك تناسبا مع كمية الإنتاج في المحطة ونجد وسيلة الربط مع الشبكة في محطة الغردقة الثانية تصل إلى لوحة توزيع كاملة على الشبكة المحلية لمدينة الغردقة .

أما محطات الإنتاج الكبيرة مثل محطة الزعفرانة الكهروريحية فلها محطتين تحويل جهد 220ك.ف سعة 125 ميجا فولت أمبير توضحها الصورة (3) وأخيرا محطة جبل الزيت التى مازالت محطة التحويل الخاصة بها تحت التنفيذ لم يتم تركيب سوى محولين سعة 125 ميجا فولت أمبير وذلك لأن محطة التحويل مصممة لتخدم كل مشروعات محطة جبل الزيت والتى لم ينته منها سوى أول مشروع (جبل الزيت 1).

ويتم ربط محطة إنتاج الكهرباء من الرياح بالشبكة الكهربائية الموحدة من خلال تجميع الطاقة الناتجة من التوربينات عبر كابل تجميع للطاقة الناتجة من كل توربينة وبعد التجميع يتم الربط مع الشبكة الكهربائية الموحدة من خلال محطة تحويل رفع الجهد للتغلب على عامل المسافة بين محطات انتاج الكهرباء ومراكز الاستهلاك .

وتتصل كل توربينة عن طريق محطة تحويل لرفع الجهد الخاص بها و يكون بجانب أو بداخل برجها وذلك لربطها بالشبكة الكهربائية الموحدة ومن الشائع فى مصر أن يكون جهد محطة التحويل لرفع الجهد 690 فولت / 22 كيلو فولت , ويتم ربط محولات كل مجموعة من التوربينات من جهد 22 كيلوفولت مع بعضها البعض ثم يتم تجميعها على محطة تحويل مجمعه ومنها إلى خلايا الربط بمغذيات محطة المحولات وعادة يجب أن يراعى ألا تزيد قدرة التوربينات المجمعة عن 15ميجاوات على المغذى الواحد وذلك للتقيد بسعة خلايا الربط بمحطة المحولات وكذلك قطر كابلات تغذية الشبكة الكهربائية الموحدة ولا يوجد فارق جوهرى فى مواصفات محطة التحويل المجمعه عن محطة تحويل التوربينات أو محطة تحويل نهاية الخط إلا فى عدد سكاكين الربط كما أن محطات التحويل المجمعة يكون بها حمايات أخرى مثل الحماية من التيار الزائد ويتم توصيل التوربينات بنظام تحكم ومراقبة مركزى من خلال لوحة تحكم فى التوربينه نفسها ويضم المركز عدداً من أجهزة الحاسبات والمحتوية على برامج خاصة موضوعة فى غرفة تحكم ().

وترتبط الحاسبات بوحدات تجميع بيانات سرعات وإتجاهات الرياح من محطات الأرصاد بالموقع كما فى الصورة (4) كما ترتبط الحاسبات بوحدات التحكم فى التوربينات السابق وصفها ومحطات التحويل عن طريق كابلات ألياف ضوئية أو كابلات نحاسية وكل مجموعة من التوربينات متصلة معا يتم توصيلها بكابل بيانات واحد بحيث تكون متصلة معا كدائرة بيانات واحدة جدير ويتم من خلال النظام الحصول على بيانات الطاقة الكهربائية المرسلة والمستهلكة ويمكن اصدار مختلف

أنواع التقارير مثل تقارير الإنتاج والأعطال سواء لتوربينة أو لمشروع حيث يتم جمع البيانات المتوسطة والعظمى والصغرى فى خلال فترات معينة (غالباً كل عشر دقائق)وتخزينها بقاعدة بيانات لعمل التقارير اليومية والشهرية والسنوية وخلال فترة زمنية مختارة وإعتماداً على تلك التقارير يتم إستخراج أهم المؤشرات الفنية للأداء ().

ويؤخذ فى الإعتبار عند تحقيق تكامل دمج طاقة الرياح مع شبكات الطاقة الكهربائية أنه يعتمد على التغيرات المناخية لذلك فإن دراسة ومعرفة هذه التغيرات والتنبؤ بها يعد شيئا ضروريا من أجل دمج الطاقة الكهربية المنتجة من طاقة الرياح مع شبكة كهرباء المدنية بدقة وكفاءة , وتعتبر تدفقات الكهرباء من الرياح فى الشبكات هى بالأصل متغيرة وتتأثر هذه الشبكات بعدد كبير من العوامل سواء المخططة أو غير المخططة ولكنها صممت لكى تتعامل مع هذه التغيرات من خلال أنظمة وتجهيزات مراكز التحكم والتوزيع والأحمال ونتيجة لوجود المئات أو الآلاف من توربينات الرياح المدمجة مع الشبكة الكهربائية الموحدة فإن انتاج الطاقة الكهربائية من محطات انتاج الكهرباء من الرياح لا تخرج من شبكات التغذية الكهربائية فجائيا مثلما يحدث مع محطات التوليد الكبيرة بسبب حدوث عطل ما ولكنها تحدث تغيرات متدرجة صعوداً وهبوطاً وفق حالة الرياح ().

ويمكن عبر نظام التحكم والمراقبة المركزى إختيار توربينة وفصلها أو تشغيلها عن بعد وإظهار مختلف البيانات عنها مثل فولت وتيار وتردد ومعامل القدرة والطاقة المولدة ويتم إستعراض البيانات التراكمية للتشغيل والتى تم تخزينها فى وحدة التحكم الخاصة بها مثل الطاقة المولدة والمستهلكة ذاتيا عند بدء تشغيل التوربينة وعدد ساعات التشغيل وكذلك درجات الحرارة وغيرها من المتغيرات , كما يمكن عادة إظهار المخطط العام لمزرعة الرياح ككل أو لصفوف محددة وحالة التوربينات سواء كانت تعمل أو متوقفة نتيجة خطأ أو متوقفة لعمل صيانات أو طوارىء أو هناك فقد فى التوصيل مع غرفة التحكم ويكون غالباً تغير لون التوربينة على الشاشة موضحا لحالتها كما يمكن إظهار حالة محطات التحويل من حيث الفصل او التوصيل ومعرفة مكان العطل فى الشبكة الكهربية وإختيار توربينة أو مجموعة توربينات متصلة بمغذى معين وفصلها أو تشغيلها عن بعد ().

ويتم متابعة الشاشة التي تتكون من إحداثيات لكل توربينه مع لون لكل توربينه وهناك 4 ألوان الأحمر يعنى أن التوربينه متوقفة والأصفر تنذر التوربينه بالتوقف ويشير اللون الأخضر لسلامة

التوربينه أما الرمادي فيدل على أن التوربينه غير متصلة فيتم المتابعة من خلال الكمبيوترات لإصدار الأوامر للمهندسين بالذهاب للتوربينه التي تحتاج للصيانة أو للمتابعة وفى حالة توقف النظام يضطر المهندسين للذهاب للتوربينات للمتابعة وهى تعتبر عملية شاقة للغاية .

4- مساحة الأرض :

يعد عامل مساحة الأرض أحد العوامل المؤثرة في توطين المحطات الكهروريحية نظراً لإنخفاض كثافة طاقة الرياح بالنسبة لوحدة المساحات من الأرض مما يتطلب مساحة أكبر من المعدات الضخمة ولذلك يفضل أن تقام مزارع الرياح فى المناطق الصحراوية الشاسعة والمكشوفة ().

وفى استخدام الأرض من الأفضل عند الأخذ فى الإعتبار الإستخدامات الحالية النظر أيضا للإستخدامات المستقبلية عند إختيار المواقع وتسمح طاقة الرياح بإستخدامات أخرى ولكن يصعب إستخدامها فى زراعة الأشجار حيث تعوق الرياح ولكن يفضل إستخدامها فى الزراعه والمحاصيل التى لا تتأثر بالظل والرعى أو الترويح والسياحة وخاصة مع المساحة الواسعة التي ستجذب المزارعين .

وتتطلب محطة انتاج الكهرباء من الرياح مساحة كبيرة على الرغم من أن التوربينات ومعداتها لا تغطى فعليا من الأرض المخصصة سوى 1% تقريبا وبالتالي من الممكن إستخدامها إستخدامات أخرى خاصة أن توسعها رأسيا ().

حيث لابد من ترك مسافة بين التوربينات وبعضها البعض لتسمح للتوربينات بتتبع الرياح دون تأثير على التوربينات الأخرى ومن الحكمة أيضا ألا تزيد المسافة فتزيد أطوال الكابلات المجمعة للكهرباء للربط مع الشبكة الكهربية الموحدة بالتالي تزيد التكلفة().

ومن المعتاد تركيب توربينه والتأكد من وصول إنتاجها إلى حوالى 99% قبل البدء فى وضع التوربينه التي تليها وتصل المسافة الأفضل إلى 5-7 مرات قطر التوربينه , وتحتاج محطة كهروريحية بها 20 توربينه قدرة 1,5 ميجاوات لمسافة 100 هكتار().

وتتبع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة فى سياستها التحفيزية للمستثمرين فى طاقة الرياح توفير الأراضى المطلوبة لإقامة المحطة الريحية وذلك من خلال الدراسات الفنية التى تقام لكل مشروع , وغالبا ما تكون الأراضى المقترحة لمشروعات الرياح هى مناطق صحراوية .

ويوضح الجدول (3) التالى التوزيع الجغرافى لمساحات محطات انتاج الكهرباء من الرياح فى مصر على النحو التالى :

جدول (3) التوزيع الجغرافي لمساحات مواقع المحطات الكهروريحية في مصر 2016

المساحة كم2	المحطة	المساحة كم2	المحطة
	ثانياً: محافظة مرسى مطروح		أولاً: محافظة البحرالأحمر
4,5	رأس الحكمة	4	الغردقة الأولى
6	الجلالة	2,5	الغردقة الثانية
8,4	الرويسات	156	الزعفرانة
6	المثانى	36	جبل الزيت 1
6	باجوش	198,5	إجمالي محافظةالبحر الأحمر
229,4	إجمالي الدولة	30,9	إجمالى محافظة مرسى مطروح

المصدر: 1- هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة , بيانات غير منشورة

2- الدراسة الميدانية لمحطات محافظة البحر الأحمر

المصدر: من عمل الطالبة اعتمادا على بيانات الجدول (3)

- يتضح من الجدول(3) ما يلى :

- بلغت المساحة المستغلة كمحطات إنتاج كهرباء من الرياح فى محافظة البحر الأحمر 86,5% فى مقابل 13,4% لمحافظة مرسى مطروح على الرغم من احتواء محافظة مرسى مطروح على ستة مواقع فى مقابل أربعة فقط لمحافظة البحر الأحمر .
- إستأثرت كل من محطتى الزعفرانه وجبل الزيت الأولى بحوالى 78,6% و18,1% من إجمالى المساحة المستغلة كمزارع رياح فى محافظة البحر الأحمر على التوالى وحوالى 68% و15,6% من اجمالى المساحة المستغلة كمزارع رياح فى الدولة على الترتيب ويرجع هذا لارتفاع القدرات الكهربائية المركبة بهذه المحطات لتصل الى 545 ميجاوات فى الزعفرانه و200 ميجاوات فى جبل الزيت .
- تتقارب محطات الساحل الشمالى فى المساحة التى تتساوى فى محطات الجلالة والمثانى وبجوش بنسبة 19,4% من إجمالى المساحة المستغلة كمزارع رياح فى محافظة مرسى مطروح ونسبة 2,6% من اجمالى المساحة المستغلة كمزارع رياح فى الدولة نظرا لصغر القدرات الكهربائية المركبة التى تتراوح بين 125 و 150 كيلو وات .
- تتضاءل نسبة باقى المحطات التى تتروح ما بين 1-3% من إجمالى المساحة المستغلة كمزارع رياح فى الدولة , وتتباين المحطات فى المساحة تبعا لتباين القدرات وقيمة الأرض فتستحوذ محطتى الزعفرانه وجبل الزيت على المساحات الكبيرة لأنها أرض فضاء رخيصة الثمن بعكس موقع كالغردقة منطقة سياحية غالية الثمن مما حال دون إمتداد المحطة وتم نقل الموقع الثانى خارج المدينة .

فالمحطات لا تستغل فيها المساحة للتوربينات فقط بل تتكون المحطة من المخازن والورش والمبانى السكنية والمبنى الإدارى الذى يحتوى على مركز التحكم بالإضافة الى الأكشاك الأمنية كما يتضح من الصورة (5).

تستخدم محطة كالزعفرانه مساحة من الحقل للإدارة من خلال مبنى رئيسي للإدارة وستة مخازن وورشة مجمعه لجميع المواقع ومحطة للرفع الصحي وقاعه لكبار الزوار مرفق بها مسجد

بالإضافة لكشكين امن ومحطتين للمحولات بالإضافة لسبعة وحدات سكنية وملعب لكرة القدم للترويح بالإضافة لحديقة خضراء وتتكون الورشة من المكابس الكهربية والمخارط والمولدات التالفة وطفايات الحريق والأوناش لحمل المعدات.

بالإضافة الى أن التوربينات تحتاج إلى توزيع معين داخل المزرعة لكى تتجنب الإصطدام مع بعضها البعض , حيث أنه تترك مسافات فاصلة بين كل برج والذى يليه حتى تكون هناك مسافات فاصلة مناسبة لأعمال الصيانة لكل وحدة إنتاج على حدة ودون توقف بقية الوحدات المجاورة لها () هذا بالإضافة إلي الطرق والممرات بين التوربينات .

أ- طريقة توزيع التوربينات فى مزارع الرياح :

عند وضع عدة توربينات بجانب بعضها البعض فى مكان ما فإن أول مشكلة يمكن أن تظهر هى مسألة الأبعاد بين التوربينات والتى يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار لتجنب التأثير المتبادل بين التوربينات وإلا لن تعمل المزرعة بشكل إقتصادى منذ البداية .

5-مسارات هجرة الطيور :

تعد دراسة مسارات هجرة الطيور من أهم عوامل توطن المحطات الكهروريحية حيث أن المحطات الكهروريحية قد تعترض مسار الطيور المهاجرة ويؤثر ذلك بالسلب المتبادل إما بقتل الطيور المهاجرة وبالتالى إختلال التوازن البيئى وإما بإعاقة حركة هذه التوربينات مما يؤدى لإيقاف تشغيل التوربينات وإحتياجها للصيانه والتنظيف وبالتالى التأثير السلبى على كمية الطاقة المولدة وبالتالى رفع التكلفة الإقتصادية .

وبالفعل كانت دراسة هجرة الطيور من العناصر الأساسية التى تم اتخاذها فى الاعتبار عند إعداد دراسات الجدوى البيئية الخاصة بمشروعات محطات الرياح لتوليد الكهرباء فى منطقة خليج السويس سواء فى الزعفرانة أو فى جبل الزيت , أما محطة الغردقة فتوربيناتها لا تتعدى 20متر وبالتالى ينعدم التأثير المتبادل بين التوربينات والطيور.

وقد أثبتت دراسات الجدوى الإقتصادية أن الأقاليم الجغرافية التى تركز عليها الدولة فى الوقت الحالى لتنفيذ محطات توليد الكهرباء إعتمادا على الرياح تقع فى مسار الطيور المهاجرة من شرق ووسط أوروبا فى طريقها إلى المناطق الدفيئة فى شرق ووسط إفريقيا وغربها خصوصا إنها تسير

على متوسط إرتفاع لا يقل عن 100متر وبالتالى لابد من التعرف على مسارات هذه الهجرة وتوقيتها بهدف التقليل من مخاطرها على البنية الأساسية لمحطات ومزارع الرياح .()

ويظهر من الشكل (4) أن مسارات هجرة الطيور تتجه نحو ساحل البحر المتوسط وسيناء والبحر الأحمر وعند ساحل البحر الأحمر تتخذ ثلاث إتجاهات و الاتجاه الاول يكون بمحاذة البحر الأحمر و يتجه نحو شرق القارة , فى حين يأخذ الإتجاه الثانى الإتجاه نحو وسط وجنوب القارة الإفريقية بينما يكون الإتجاه الثالث نحو غرب القارة .

ويعتبر الإتجاه الأول هو الأهم حيث أنه يقع فى نطاق الأقاليم الجغرافية المناسبة للمحطات الكهروريحية وتقوم الدولة حاليا بالتوسع فى هذه الأقاليم بمحطات جديدة أهمها جبل الزيت .

فتعد مصر محطة لإستقبال الطيور حيث أن الطيور تكون قد إستمرت فى الطيران على طول امتداد البحر ومن الطبيعى أن تستريح فى نهاية البحر وبالفعل خلال فصل الخريف يمر بها مئات الآلاف من الطيور المهاجرة من شرق أوروبا وشمال غرب أسيا فى طريقا إلى شرق ووسط وجنوب وغرب إفريقيا ().

ويعتبر فصل الشتاء بنهاية شهر أغسطس وبداية شهر سبتمبر هو ذروة هجرة الطيور حيث تمر على هيئة أسراب متلاحقة ومن أهمها طيور السمان والأبالق والهداهد والطيور الجارحة والحوامات والقلق الأبيض خلال فصل الربيع مستغلة تيارات الهواء الدافئة التى تساعدها خلال رحلة العودة إلى مواطنها الأصلية .()

أما فصل الخريف فيمثل موسم الهجرة الرئيسية إعتبارا من منتصف شهر أغسطس وحتى نهاية شهر أكتوبر الموسم الرئيسى لإستقبال مئات الآلاف من أعداد الطيور المهاجرة وأما فصل الشتاء فبداية من شهر ديسمبر وحتى نهاية فبراير تصل الطيور المهاجرة من أوروبا فى طريق هجرتها لإفريقيا وتمثل الطيور المائية أكثر الأنواع تسجيلا خلال هذه الفترة ومنها النورس وغراب البحر ().

وأما رحلة العودة فإعتباراً من شهر مارس وحتى نهاية مايو تبدأ الطيور فى رحلة العودة مرة أخرى إلى موطنها الأصلى مستغلة فى ذلك التيارات الهوائية الدافئة التى تساعد العديد من الطيور فى رحلات العودة دون بذل المزيد من الجهد.()

وقد أثبتت الملاحظة والمتابعة لسنوات عديدة على الطيور بأن الطيور عادة ما تنحرف فى أثناء طيرانها نهارا عن المنشآت وفقط فى حالات نادرة تتسبب المنشآت فى قتل بعض الطيور وفى الليالى الحالكة وفى الضباب تصطدم الطيور أحيانا ليس فقط بالتوربينات الهوائية وذلك لأنها تتعرف على تغير جريان الهواء الناشىء عن القسم الدوار والأجنحة الدوارة .()

وقد كشفت الدراسة الميدانية عن أن محطات الانتاج الكهروريحية كلها فى مسار هجرة الطيور إلا أنها تتباين فى التأثير على مسارات هجرة الطيور فمحطة كالغردقة الاولي والثانية تتميز بإنخفاض التوربينات فيها فلا تتأثر بها التوربينات أما محطة الزعفرانه والتى يصل فيها ارتفاع التوربينات الى 90 متر تقريبا فقد خضعت لمراقبة المنظمات الدوليه لمدة عشر سنوات للمتابعه وتم رفع المراقبة بعد التأكد من عدم مرور الطيور فى المحطة وانما بجوارها .

أما محطة جبل الزيت فهى التى تواجه هذه المشكلة لوقوعها فى المسار بالفعل بالاضافة لإرتفاع التوربينات التى تصل الى 105 متر وقد تم التغلب على المشكلة بالرادار الذى يتنبأ بقرب الطيور فيتم فصل التوربينات فترة مرورها على المحطة وبالتالي التقليل من فترة التوقف وبالتالي التقليل من كمية الطاقة المفقودة خلال هذا التوقف .

تعترض توربينات الرياح مسارات هجرة الطيور وقد تتسبب فى موت أو هلاك بعضها ولذلك لابد عند تحديد مواقع المحطات تجنب مسارات هجرة الطيور ولكن تبقى المشكلة قائمة لتحكم عامل السرعة فى تحديد الجدوى الإقتصادية من مشروعات انتاج الكهرباء من الرياح .

ولكن ليست التوربينات وحدها التى تقتل الطيور فأبراج الراديو والتليفزيون الإذاعية , ومداخن وحدات القوى , وخطوط القوى الكهربية من الممكن أن تصعق الطيور , وأيضا الطرق السريعة والمبانى والتلوث , ومناجم الفحم تدمر الطيور , أما توربينات الرياح فتحتاج فقط لإختيار مواقعها بدقة لكى تتجنب الضرر الهائل للطيور خاصة الطيور المهددة بالإنقراض ().

ومما سبق يتبين أن مشكلة الطيور تتركز فى محطة جبل الزيت إلا أنها حاولت التغلب على المشكلة من خلال الرادار لتقليل فترة توقف التوربينات وبالتالي تقليل كمية الفقد فى الطاقة الناتج عن هذا التوقف.

6- السيول والعواصف الترابية :

تبين من الدراسة الميدانية أن جميع محطات إنتاج الكهرباء من الرياح في مصر تقع فى نطاق مخرات السيول وقد تعرضت محطة الزعفرانة لسيل شديد عام 2014 قام بتدمير الطرق والممرات الممهدة للسير بين التوربينات مما أدى لصعوبة الوصول للتوربينات سواء للصيانة أو المتابعة مما أدى لفقد كبير في الطاقة وقطعت الطريق الرئيسي والكابلات العمومية والرئيسية .

وشكل السيل برك تضررت منها التوربينات حيث أدى تركز المياه حول التوربينات إلى كشف الأساسات وحفرت حول المحولات وغطت السيول محطة المحولات بالكامل والأسلاك والثكنات التي كانت مخصصة للعاملين وتم السيطرة على الموقف بمكن شفط المياه ومازالت هناك آثار للسيول في المحطة حتى الآن كما يظهر من الصورة (7) رغم مرور سنتين على هذا الحدث .

وتتعرض المحطة أيضا للعواصف الترابية الدوامية لدرجة أن بعض التوربينات تظهر باللون الأسود إلا أنه بعد الانتظار قليلا حتى تهدأ العواصف تراها باللون الأبيض مرة أخرى ويظهر هذا فى الصورة (8) ولهذه العواصف أثريين أحدهما سلبى والآخر إيجابى أما الأثر السلبى على التوربينات حيث تملأها بالتراب وتعمل على إتساخها إلا أن الهيئة كانت تتعاقد مع شركة نظافة أجنبية تقوم بعمل النظافة الدورية للتوربينات من هذه العواصف والأتربة ولكن مع الوقت وارتفاع التكلفة توقف التعاقد وانحسر تنظيف التوربينات على التنظيف الداخلى للتوربينات وخاصة أن له التأثير الأكبر على تشغيل التوربينات أما الأثر الإيجابى فيتمثل في أن هذه الأتربة تمنع إنعكاس ضوء الشمس من التوربينات فتحد من التأثير البصرى الناتج عن هذا الإنعكاس.

الخاتمة : بعد دراسة عوامل توطن محطات الكهرباء من الرياح تم التوصل الى بعض النتائج والتوصيات على النحو التالى :

أولاً: النتائج

1. يتم المفاضلة بين المواقع العديدة المقترحة تبعا لإعتبارات وظروف معينة تتمثل فى كمية طاقة الرياح المولدة ، وتوافر مساحات الأراضى والبنية التحتية .
2. مزارع الرياح دائماً ما يسبقها التخطيط والتنسيق ودراسات جدوى بيئية عديدة والتى تتضمن تأثير المحطة على البيئة المحيطة ممثلة فى الضوضاء ومسارات هجرة الطيور والمنظر الطبيعى وغيره , ويتم تقييم هذه الدراسات من خلال المطابقة مع الواقع وينتهى الأمر بالقرار المناسب تجاه إنشاء المحطة من عدمه .

ثانياً: التوصيات

1. نظرا لأن سرعة الرياح تعد أهم عوامل توطن مزارع الرياح لذلك فإنه يجب إجراء قياسات تفصيلية للرياح لفترة زمنية معقولة لإمكانية دراسة متوسط سرعة الرياح وإتجاهها لمعرفة مدى إنتظامها ودوام هبوبها وبتحليل هذه البيانات ودراستها يتم الإختيار الأنسب للمواقع .
2. تطوير تكنولوجيات التوربينات ومعداتها للتغلب على المشكلات الناتجة عن فعل السيول وهجرات الطيور قدر الامكان .
3. التوسع فى انشاء محطات كهروريحية فى مواقع سرعات الرياح المناسبة للإنتاج على طول ساحل البحر الأحمر ممثلة فى مدينة رأس غارب التى تصل فيها سرعات الرياح الى 13 متر / ثانية .
4. تجنب انشاء محطات كهروريحية فى مناطق مخرات السيول وذلك بعمل دراسة تفصيلية للعوامل الجغرافية الطبيعية للمنطقة

قائمة المصادر والمراجع

أولاً: المصادر

(1) وزارة الكهرباء والطاقة , هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2015), التقرير الاحصائى السنوى , القاهرة .

(2) Wind Atlas for Egypt (2005): New and Renewable Energy Authority, Egyptian Meteorological Authority, RisoNational labority.

ثانياً: المراجع

أولاً:المراجع العربية :

(1) أحمد عجوة ,(2010),جغرافية مزارع الرياح وتوليد الكهرباء في مصر, مجلة المجمع العلمي المصري , العدد الخامس والثمانون, القاهرة.

(2) سعيد أحمد عبده (2012),مستقبل الطاقة المتجددة فى مصر ,مجلةالمجمع العلمى المصرى , العدد السابع والثمانون, القاهرة .

(3) سيد عاشور أحمد ,(2009),الطاقة المتجددة والبديلة وآفاق إستخدامها فى الوطن العربى ,الطبعة الأولى, بدون دار نشر.

(1) ماجد كرم الدين محمود ,2012, رياح التغيير فى الانظمة العالمية والعربية الكهرباء من الرياح , المركز الاقليمى للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة , القاهرة .

ثانياً: المراجع الاجنبية : Refrances

(1) Australian government Australian greenhouse ,2004,wind farm siting issues in Australia ,p.

(2) Eric R Farrell, All about wind energy ,Irish Aviation Ireland- .

(3) The Energy Center of Wisconsin,2000,WWW.Wind .ecW.org.

ثالثاً: المواقع الالكترونية :

(1) www.kawn group.com