

المحاكاة الحاسوبية لناشرة قصيرة مدمجة مع وبدون حافة عند سرعات رياح مختلفة

د.م. حمزة مكارم**

م. جواد البعيني*

الملخص

بعد أن تم اختيار الأبعاد المناسبة لناشرة وتصميمها حاسوبياً، قمنا في هذا البحث بإجراء محاكاة حاسوبية على هذه الناشرة، مع وبدون حافة وذلك باستخدام برنامج ديناميك الموائع الحاسوبي CFD ANSYS، مع الأخذ بعين الاعتبار خوارزمية حل دقيقة، أي ما يعادل 100 دورة لرفع دقة النتائج، وذلك بهدف معرفة السلوك الأيروديناميكي للرياح ضمن هذه الناشرة، ومقدار الزيادة في سرعة الرياح التي يمكن أن نحصل عليها باستخدام الناشرة، وأثر الحافة عند نهاية الناشرة على هذه الزيادة، مقارنة بناشرة لها نفس الأبعاد بدون حافة. سيتم في هذا البحث إظهار نتائج المحاكاة وتحليلها فيزيائياً، عند ثلاث سرعات مختلفة للرياح (3,6,8m/s).

الكلمات المفتاحية: ناشرة ، حافة، سرعة الرياح ، ديناميك الموائع الحاسوبي.

* طالب ماجستير، قسم هندسة الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

** أستاذ مساعد، قسم هندسة الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

Computer Simulation of a Compact Short Diffuser With and Without Brim at Different Wind Speed.

Eng. Jawad Al Boueni*

Dr. Hamzah Mkarem**

Abstract

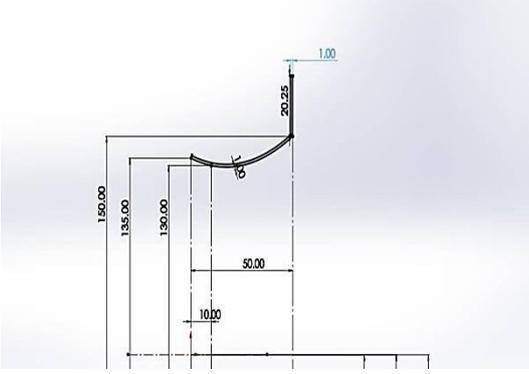
After choosing The appropriate dimensions for the Diffuser and Computer designing it, in this paper we performed computer simulation on this diffuser, with and without brim, using CFD ANSYS program, taking into consideration an accurate resolution algorithm, equivalent to 100 cycles to raise the accuracy of the results, with the aim of knowing the aerodynamic behavior of the wind within this diffuser, the amount of increase in wind speed that we can obtain by using diffuser, and the effect of brim at the end of this diffuser on this increase, compared to a diffuser having the same dimensions without brim. In this paper the simulation results and their analysis will be presented, at three different wind speed (3,6,8m/s).

Keywords: Diffuser, Brim, CFD, Wind speed.

*Master Student, General Mechanical Engineering Dep, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University .

**Assistant Professor, General Mechanical Engineering Dep, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

حسب ورقة بحثية نشرها الأستاذ يوجي أويا في جامعة كيوشو اليابانية.



الشكل (2): أبعاد الناشرة المعتمدة في هذا البحث.

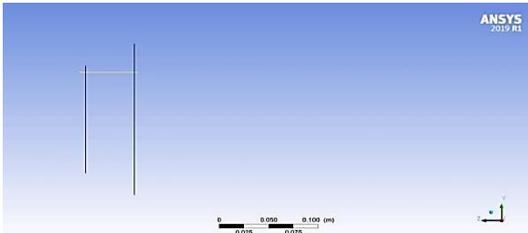
حيث:

$$\begin{aligned} D_{IN} &= 135\text{mm} \\ D_{TH} &= 130\text{mm} \\ D_{OUT} &= 150\text{mm} \\ L_T &= 50\text{mm} \\ H &= 20.25\text{mm} \\ S &= 1\text{mm} \\ \Phi &= 14^\circ \end{aligned}$$

وبالتالي حسب النموذج Ciii:

$$\begin{aligned} L_T/D_{TH} &= 0.38, L_T/D_{IN} = 0.37 \\ L_T/D_{OUT} &= 0.33 \\ \mu &= 1.4 \end{aligned}$$

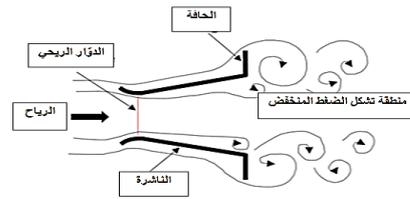
حيث تم أخذ خمس نقاط على طول الناشرة وضمنها بين كل نقطة والتي تليها مسافة 1cm، تمت الدراسة على محور ضمن الناشرة، يبعد عن منتصفها مسافة 5cm.



الشكل (3): المحور المدروس على طول الناشرة.

المقدمة:

إن ضرورة الاستثمار الأمثل لكافة مصادر الطاقات المتجددة أصبحت حاجة ملحة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، ومن أهم مصادر الطاقة البديلة هي طاقة الرياح ولكن السبب في محدودية دورها يعود إلى عدم القدرة على استخدام التوربينات الريحية بكفاءة جيدة إلا في الأماكن التي تحقق سرعة رياح مناسبة، لأن الاستطاعة الناتجة عن التوربينات الريحية التقليدية تعتمد على سرعة الرياح الواردة، وعلى طول شفرة التوربين مما يؤدي إلى زيادة التكلفة الاقتصادية وارتفاع نسبة الضجيج الناتج عن هذه التوربينات. لرفع كفاءة التوربينات الريحية وزيادة السرعة في منطقة الدوار الريحي يتم استخدام الناشرة المدمجة التي تؤدي إلى تسريع تدفق الرياح في المنطقة حول الدوار الريحي. تتكون الناشرة المدمجة من ثلاثة أقسام: المدخل لتجميع الهواء وتوجيهه باتجاه الناشرة، الناشرة لتسريع الهواء نتيجة اختلاف مقاطع أقطارها وذلك حسب مبدأ برنولي، والحافة في نهاية الناشرة المدمجة التي تؤدي إلى خلق دوامات ومنطقة ضغط منخفض خلف الناشرة فتزيد من تدفق الرياح عبر الناشرة.

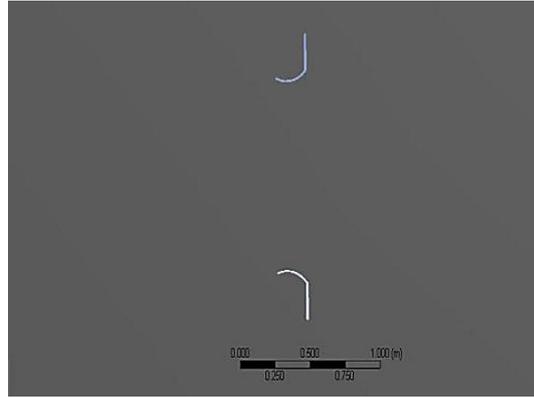


الشكل (1): مخطط توضيحي لناشرة مدمجة مع حافة

يمكن أن تكون الناشرة بأحجام وأقطار مختلفة، ولكن في هذه الدراسة قمنا بتصميم ناشرة ذات مقطع دائري قطرها المتضيق يساوي 130mm ونموذج Ciii وذلك

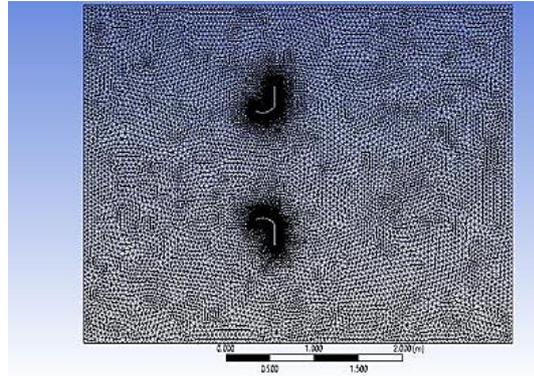
1- خطوات الحل:

بعد أن صممنا النموذج قمنا باستيراده بصيغة IGS إلى برنامج ANSYS، حيث يتم إنشاء سطح ثنائي الأبعاد للنموذج عبر ANSYS WORKBENCH



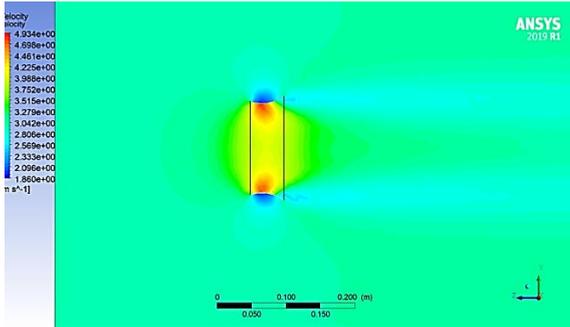
الشكل(4): سطح ثنائي الأبعاد للنموذج المدروس

ثم قمنا بإنشاء الشبكة MESH على سطح النموذج ثنائي الأبعاد، حيث تكون دقة هذه الشبكة حوالي 88%.

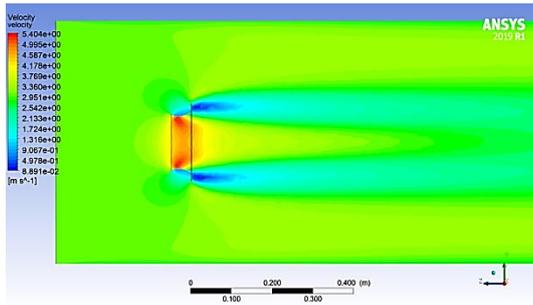


الشكل(5): شبكة النموذج المستخدم في المحاكاة.

دورات الحل (100 دورة) للوصول إلى أقرب وأدق نتيجة.
3. نتائج المحاكاة ومناقشتها فيزيائياً لناشرة قصيرة مدمجة مع وبدون حافة:
- عند السرعة 3m/s:



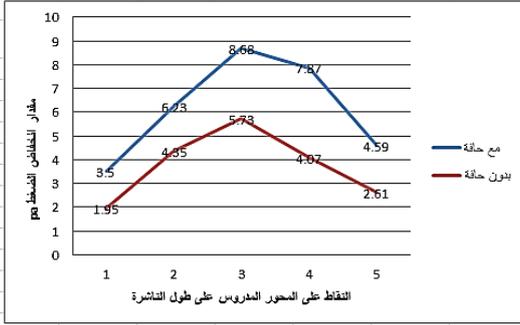
الشكل(6): توزيع السرعة للناشرة بدون حافة عند سرعة رياح 3m/s



الشكل(7): توزيع السرعة للناشرة مع حافة عند سرعة رياح 3m/s

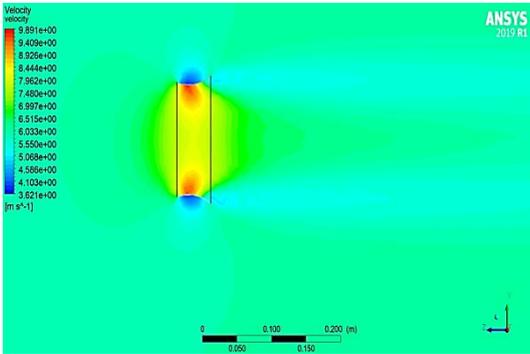
نلاحظ من خلال توزيع السرعات في كلا الحالتين أنه في حال وجود حافة قائمة لدينا انتشار مريح وواسع للاضطراب في منطقة المائع الراكد وهذا يدل على عدم السماح للأعاصير الناشئة في هذه المنطقة أن ترتبط ببعضها البعض وبالتالي الحفاظ على اضطراب ناعم وأعاصير حرة. أما في النموذج بدون حافة نلاحظ تشكل منطقة صغيرة ذات ضغوط عالية خلف النموذج ومنطقة تشكل الاضطراب أصبحت أقل امتداداً وبالتالي من الممكن أن تجتمع الأعاصير وترتبط مع بعضها فيتحوّل الاضطراب من ناعم إلى خشن فنتحول

يقوم CFD ANSYS بثلاثة خطوات قبل إظهار النتائج: المعالجة الأولية، الحل، المعالجة النهائية وذلك تبعاً للشروط الأولية التي تم اختيارها حيث تم اختيار عدد النقاط (العقد) حوالي 3089000 عقدة، وعدد العناصر الحجمية حوالي 2270000 عنصر حجمي، وتم اعتماد خوارزمية SST التي ترفع دقة النتائج وخصوصاً عند دراسة الدوامات والاضطرابات مع عدد

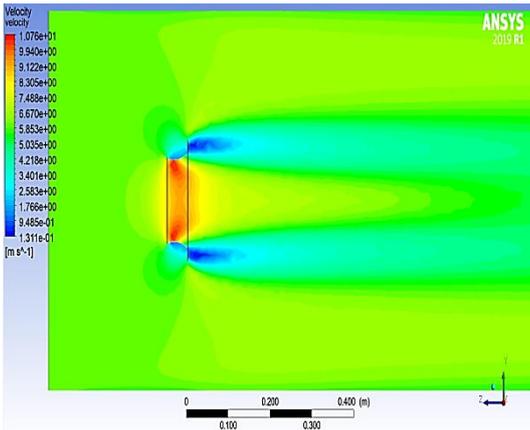


الشكل(9): مخطط بياني يوضح مقدار انخفاض الضغط على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 3m/s.

- عند السرعة 6m/s:



الشكل(10): توزع السرعة للناشرة بدون حافة عند سرعة رياح 6m/s.



الشكل(11): توزع السرعة للناشرة مع حافة عند سرعة رياح 6m/s.

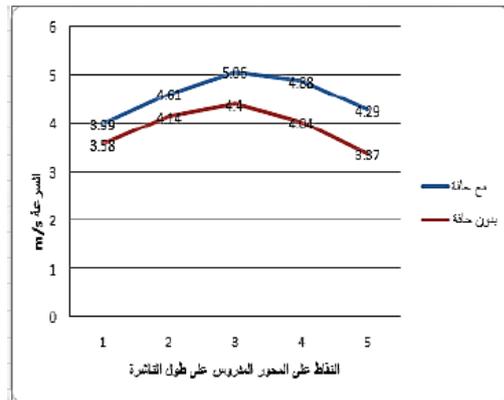
الأعاصير الحرة إلى مربوطة مما قد يؤدي بعد فترة من الزمن وباختلاف السرعة الاسمية للرياح إلى تشكل الجديلة الإعصارية والتي تعد أخطر ما يمكن ان يؤثر على الأداء الأيروديناميكي للنموذج.

الجدول (1) يبين قيم السرعة وتغير الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة مع حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 3m/s.

النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	3.99	3.5
2	4.61	6.23
3	5.06	8.68
4	4.88	7.87
5	4.29	4.59

الجدول (2) يبين قيم السرعة وتغير الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة بدون حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 3m/s.

النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	3.58	1.95
2	4.14	4.35
3	4.40	5.73
4	4.04	4.07
5	3.37	2.61



الشكل(8): مخطط بياني يوضح تغير السرعة على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 3m/s.

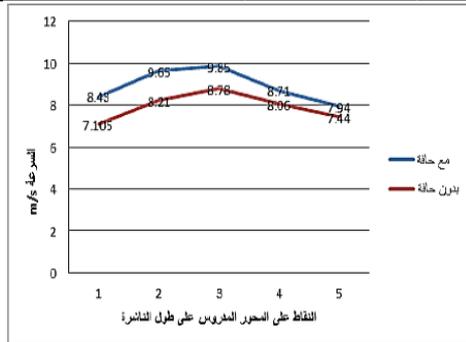
السرعة نلاحظ عند المقارنة أن السرعة العظمى قد حصلنا عليها عند وجود حافة تقريبا بعد حوالي 60% من مقدمة الناشرة وتعاود 11m/s عند جدار الناشرة، وفي حال عدم وجود حافة قائدة فالقيمة العظمى التي حصلنا عليها في المنطقة بين (50 إلى 55%) من مقدمة الناشرة ولم تتجاوز 9.5m/s عند جدار الناشرة.

الجدول (3): يبيّن قيم السرعة وتغيّر الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة مع حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 6m/s.

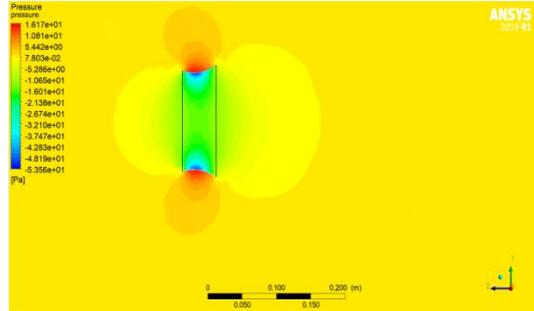
النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	8.43	18.8
2	9.65	31
3	9.85	32.4
4	8.71	20.4
5	7.94	12.9

جدول (4) يبيّن قيم السرعة وتغيّر الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة بدون حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 6m/s.

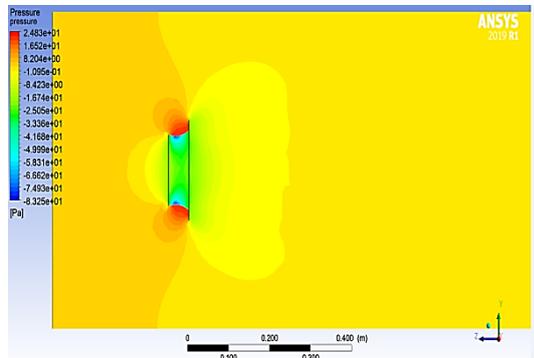
النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	7.105	7.49
2	8.21	16.88
3	8.78	23.02
4	8.06	16.37
5	7.44	10.55



الشكل (14): مخطط بياني يوضح تغير السرعة على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 6m/s.

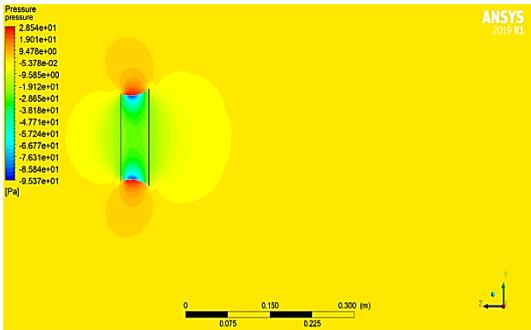


الشكل (12): توزيع الضغط للناشرة بدون حافة عند سرعة رياح 6m/s.

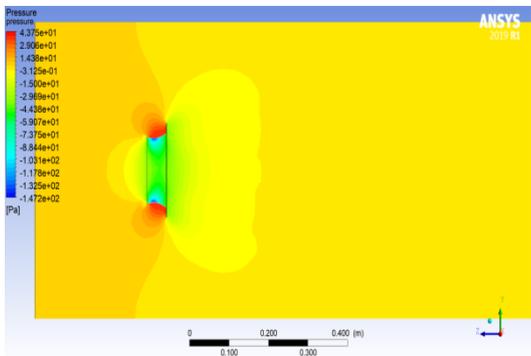


الشكل (13): توزيع الضغط للناشرة مع حافة عند سرعة رياح 6m/s.

كما حدث في النموذج عند السرعة 3m/s ولكن بقيم ضغط أقل، فعند وجود حافة قائدة نلاحظ انخفاض في قيمة الضغط عن الضغط المرجعي حوالي 25pa وأقل قيمة لانخفاض الضغط عن الضغط المرجعي كانت حوالي 65pa على جدار الناشرة أما في حالة عدم وجود حافة قائدة كان انخفاض الضغط عن الضغط المرجعي وسطياً حوالي 15pa وأقل قيمة لانخفاض الضغط عن الضغط المرجعي سجلت حوالي 45pa على جدار الناشرة، وهذا بالتأكيد سينعكس على مخططات السرعة فسوف تزداد السرعة بانخفاض الضغط بشكل طردي. لوحظ عند السرعة 3m/s و 6m/s في هذا النموذج أن المنطقة التي حدث فيها التغيّر الأكبر للضغط تقارب (50-55% من مقدمة الناشرة) أما من مخططات

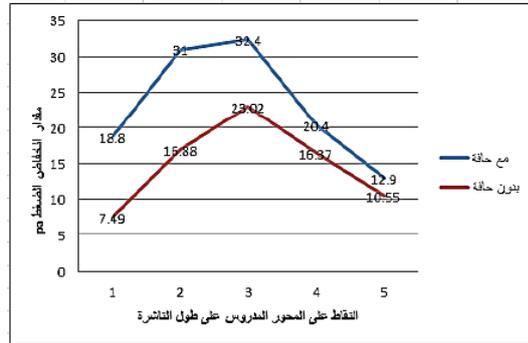


الشكل (18): توزيع الضغط للناشرة بدون حافة عند سرعة رياح 8m/s.



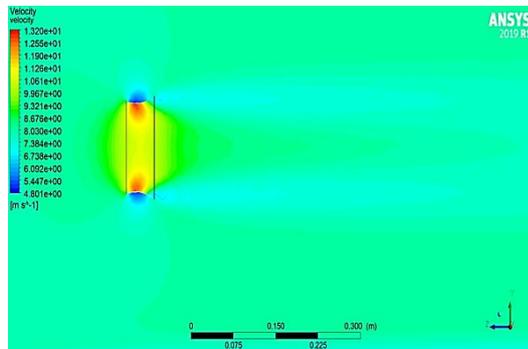
الشكل (19): توزيع الضغط للناشرة مع حافة عند سرعة رياح 8m/s.

عند مدخل الناشرة مع حافة كان انخفاض الضغط عن الضغط المرجعي حوالي 23pa مقارنة بانخفاض الضغط عند مدخل الناشرة بدون حافة حيث كان أقل من الضغط المرجعي بقيمة 17pa، وكانت القيمة الصغرى للضغط في كلا الحالتين في المنطقة من 50-55% من مقدمة النموذج، حيث أقل قيمة لانخفاض الضغط عن الضغط المرجعي عند وجود حافة وعلى جدار الناشرة تعادل 75pa وعند عدم وجود حافة وعلى جدار الناشرة انخفض الضغط عن الضغط المرجعي حوالي 65pa. إن لتغير قيم الضغط عند المدخل في الحالتين أثر بتغير قيم السرعة، يؤدي هذا التغير في السرعات لنشوء أعاصير موضعية تؤثر على دخول الهواء (جريان عكسي غير ضار) حيث تكسب جزيئات الهواء

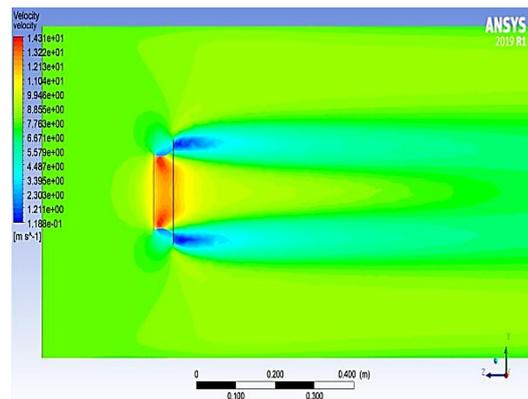


الشكل (15): مخطط بياني يوضح انخفاض الضغط على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 6m/s.

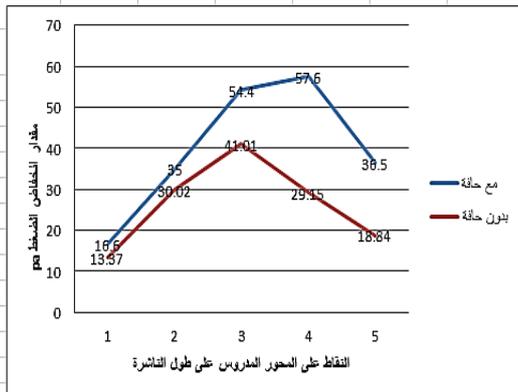
— عند السرعة 8m/s:



الشكل (16): توزيع السرعة للناشرة بدون حافة عند سرعة رياح 8m/s.



الشكل (17): توزيع السرعة للناشرة مع حافة عند سرعة رياح 8m/s.



الشكل(21): مخطط بياني يوضح مقدار انخفاض الضغط على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 8m/s.

4. النتائج والتوصيات:

- التعديل الذي تم على الناشرة وإضافة الحافة القائدة لها قد أعطى نتائج إيجابية عند سرعات رياح منخفضة، حيث أن الزيادة البسيطة في سرعة الرياح تنعكس إيجابياً على استطاعة التوربين الريحي لأن الاستطاعة تتناسب مع مكعب السرعة.
- عند ازدياد سرعة الهواء الداخل إلى الناشرة انخفض الضغط بقيم أكبر وبالتالي انعكس ذلك على زيادة السرعة في الناشرة بقيم أكبر، ولكن تشكلت لدينا منطقة الأثر الذبلي متوسطة التأثير والتي قد تؤدي في بعض الحالات إلى تشكّل اضطرابات تؤثر سلباً فقط على كفاءة التوربين المتموضع خلف النموذج بشكل مباشر، لذا يجب دراسة المسافة بين النموذجين المتتاليين بدقة.
- نتيجة لاصطدام الهواء بالحافة أثناء جريانه على السطح الخارجي للناشرة، فقد كسب سرعة انزلاق وذلك نتيجة لنعومة الحافة وانسيابية الشكل، فلم تتحوّل الحافة إلى مصدّ هواء بل كان عملها مفيداً.

طاقة كامنة كي لا تتحول سرعتها إلى صفر وبالتالي تتحول الجزيئة المتحركة إلى إعصار موضعي.

من مخططات السرعة في هذه الحالة نلاحظ عند وجود حافة قائدة أن السرعة العظمى والتي تقع في المنطقة من 55% حتى 60% من مقدمة الناشرة قد قاربت 14m/s على جدار الناشرة في حين لم تتجاوز السرعة القصوى لنفس النموذج بدون حافة وفي نفس المنطقة حوالي 12.6m/s، وذلك لارتباط قيم الضغط الدنيا مع السرعات القصوى.

جدول (5) يبيّن قيم السرعة وتغيّر الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة مع حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 8m/s.

النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	9.95	16.6
2	11.32	35
3	12.8	54.4
4	13.12	57.6
5	11.6	36.5

جدول (6) يبيّن قيم السرعة وتغيّر الضغط لخمس نقاط عند محور الناشرة بدون حافة وعلى كامل طولها، عند سرعة رياح اسمية 8m/s.

النقطة	السرعة m/s	مقدار انخفاض الضغط pa
1	9.46	13.37
2	10.94	30.02
3	11.71	41.01
4	10.74	29.15
5	9.92	18.84

الشكل(20): مخطط بياني يوضح تغيّر السرعة على طول المحور المدروس في الناشرة مع حافة وبدون حافة عند السرعة 8m/s.

- إن لشكل مدخل الناشرة دور هام في توجيه وتقويم مسار الجريان بشكل أفقي، وذلك للاستفادة من طاقته كي لا تتبعثر بشكل عامودي عند اصطدام الرياح مباشرة بقطر متضيّق.
- إن مجال عدد رينولدز ضمن الناشرة المدروسة يتراوح بين: (298,1292) وهذا ما يتطابق مع النتائج لأن الجريان بقي صفائحياً ضمن الناشرة وبدأ الاضطراب خلفها لتوليد دوّامات تساعد على استجرار الرياح من منطقة الضغط المرتفع قبل الناشرة إلى منطقة الضغط المنخفض خلفها مما أدى ذلك لزيادة سرعة الرياح ضمن الناشرة.
- مجال عدد ماخ ضمن الناشرة المدروسة يتراوح بين: (0.01, 0.04) وبالتالي فإن الجريان تحت صوتي.
- مجال معامل استرداد الضغط الستاتيكي يتراوح بين: (0.25, 0.45).

جدول المصطلحات والرموز المستخدمة:

قطر الدخول للناشرة (mm)	D_{IN}
القطر المتضيّق في الناشرة (mm)	D_{TH}
قطر الخروج للناشرة (mm)	D_{OUT}
ارتفاع الحافة (mm)	H
سماكة الناشرة (mm)	S
طول الناشرة (mm)	L_T
هي النسبة بين قطر الخروج مع ارتفاع حافة الناشرة إلى القطر المتضيّق من الناشرة.	μ
زاوية انفرج الناشرة (درجة)	Φ°

:Reference المراجع

5. Schilling, D. R. (2013). "Wind lens: Fluid dynamics concentrated wind energy," Industry Tap. [Online]. Available:[http://www.industrytap.com/wind-lens-fluid-dynamics-concentrated-win d-energy/](http://www.industrytap.com/wind-lens-fluid-dynamics-concentrated-win-d-energy/) 523.
6. Ohya, Yuji.(2017). Wind lens technology and its application to wind and water turbine and beyond. Renewable Energy and Environmental sustainability.
7. Tondelli, Andrea& Kosasih, Buyung.(2012,July).Experimental study of shrouded micro-wind turbine. SciVerse science Direct, (49),92-98.
1. Abea K., Nishidab M., Sakuraia A., "Experimental and numerical investigations of flow fields behind a small wind turbine with a flanged diffuser." Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 93, no. 12, pp. 951–970, 2005.
2. Hansen, M. O. L., 2008. Aerodynamics of Wind Turbines, Earthscan, UK..
3. Scheuerman, Jonathan P. (2017). WIND FLOW THROUGH SHROUDED WINDTURBINES. Masterthes is. NAVAL POST GRADUATE SCHOOL, MONTEREY, CALIFORNIA.
4. Ohya, Y. "A highly efficient wind and water turbines with wind-lens technology." Available:http://www.japan.ahk.de/fileadmin/ahk_japan/events_2012/5_Kyush_Uni_Prof_Ohya.pdf.

Received	2021/6/02	إيداع البحث
.Accepted for Publ	2021/11/11	قبول البحث للنشر