

पवन ऊर्जा प्रयोगशाला के प्रयोगों की सूची

क्र.सं.	प्रयोग	पृष्ठ सं.
1.	विंड टर्बाइन के विभिन्न डिजाइन का प्रदर्शन मूल्यांकन	2-6
2.	बम कैलोरीमीटर प्रयोग	7-13
3.	विन्ड टनल का उपयोग करके एयरोफॉइल डिजाइनों के ड्रैग और लिफ्ट गुणांक का पता लगाना	14-19
4.	विंड टर्बाइन का पर्टर्बेशन विक्षोभ कारक विश्लेषण	19-25
5.	WR प्लॉट सॉफ्टवेयर का उपयोग करके पवन संसाधन क्षमता का आकलन	26-30

प्रयोग संख्या 1

उद्देश्य:- विंड टर्बाइन के विभिन्न डिजाइन का प्रदर्शन मूल्यांकन

लिखित:-

विंड टर्बाइन डिजाइन विंड टर्बाइन के स्वरूप और विनिर्देशों को परिभाषित करने की प्रक्रिया है, ताकि पवन से ऊर्जा निकाली जा सके। विंड टर्बाइन स्थापना में पवन की ऊर्जा को पकड़ने, टर्बाइन को पवन की ओर मोड़ने, पवन को पवन ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए आवश्यक प्रणालियाँ शामिल होती हैं। यांत्रिक घूर्णन में विद्युत शक्ति, और टर्बाइन को शुरू करने, रोकने और नियंत्रित करने के लिए अन्य प्रणालियाँ।

विंड टर्बाइनों को दो बुनियादी प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है, जो टर्बाइन के घूमने की दिशा पर निर्भर करता है। क्षैतिज अक्ष के चारों ओर घूमने वाले विंड टर्बाइन अधिक आम हैं (जैसे पवन चक्की), जबकि ऊर्ध्वाधर अक्ष वाले विंड टर्बाइनों का उपयोग कम बार किया जाता है (समूह में सवोनियस और डेरियस सबसे आम हैं)।

विंड टर्बाइनों के प्रकार:-

क्षैतिज अक्ष विंड टर्बाइन (HAWT):-

क्षैतिज अक्ष वाली विंड टर्बाइन, जिसे HAWT भी कहा जाता है, वह आम शैली है जिसके बारे में हम में से ज्यादातर लोग विंड टर्बाइन के बारे में सोचते समय सोचते हैं। HAWT का डिजाइन पवनचक्की जैसा ही होता है, इसमें ब्लेड होते हैं जो प्रोपेलर की तरह दिखते हैं जो क्षैतिज अक्ष पर घूमते हैं।

क्षैतिज अक्ष वाली विंड टर्बाइनों में मुख्य रотор शाफ्ट और विद्युत जनरेटर टावर के शीर्ष पर होता है, और उन्हें हवा की दिशा में निर्देशित किया जाना चाहिए। छोटे टर्बाइनों को रотор (ब्लेड) के साथ स्क्वायर रूप से रखे गए एक साधारण पवन वेन द्वारा निर्देशित किया जाता है, जबकि बड़े टर्बाइन आमतौर पर टर्बाइन को हवा की दिशा में घुमाने के लिए एक सर्वो मोटर के साथ युग्मित पवन सेंसर का उपयोग करते हैं। अधिकांश बड़े विंड टर्बाइनों में एक गियरबॉक्स होता है, जो रотор के धीमे घुमाव को तेज़ घुमाव में बदल देता है जो चालक के लिए अधिक उपयुक्त होता है।

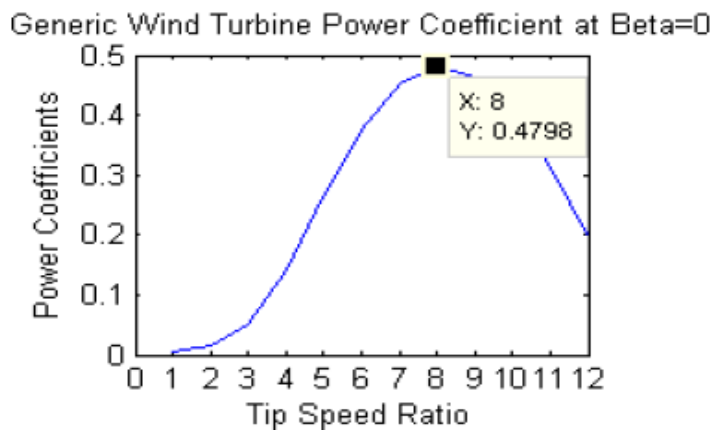


Figure 1. Power coefficient of generic wind turbine model.

Table 1. Wind turbine mechanical power generated with respect to wind speed, tip speed and number of blades.

Wind Speed [m/s]	Turbine Blade Tip Speed [m/s]	Number of Blades					
		1	2	3	4	5	6
		Wind Turbine Mechanical Power [kW]					
20.4	163.4	5295.4	5295.4	5295.4	5295.4	5295.4	5295.4
10.2	81.7	331	661.9	661.9	661.9	661.9	661.9
6.8	54.5	65.4	130.8	196.1	196.1	196.1	196.1
5.1	40.8	20.7	41.4	62.1	82.7	82.7	82.7
4.1	32.7	8.6	17.3	25.9	34.6	43	43
3.4	27.2	4.1	8.2	12.3	16.3	20.4	24.5

HAWT लाभ:-

- ऊंचे टावर बेस की वजह से हवा के तेज बहाव वाली जगहों पर तेज हवा का प्रवेश संभव है। कुछ हवा के तेज बहाव वाली जगहों पर, हर दस मीटर ऊपर हवा की गति 20% और बिजली उत्पादन 34% बढ़ सकता है।
- उच्च दक्षता, क्योंकि ब्लेड हमेशा हवा के लंबवत चलते हैं, तथा पूरे चक्कर के दौरान शक्ति प्राप्त करते हैं।



HAWT नुकसान:-

- भारी ब्लेड, गियरबॉक्स और जनरेटर को सहारा देने के लिए विशाल टावर निर्माण की आवश्यकता है।
- क्षैतिज अक्ष वाले विंड टर्बाइन के घटकों (गियरबॉक्स, रोटार शाफ्ट और ब्रेक असेंबली) को स्थिति में हटाया जा रहा है।
- HAWT को आम तौर पर तेज हवाओं में टर्बाइन को घूमने और नष्ट होने या क्षतिग्रस्त होने से रोकने के लिए ब्रेक लगाने या घुमाने वाले उपकरण की आवश्यकता होती है।

ऊर्ध्वाधर अक्ष विंड टर्बाइन (VAWT):-

ऊर्ध्वाधर अक्ष वाली विंड टर्बाइन, जिसे संक्षेप में VAWT कहा जाता है, में मुख्य रोटार शाफ्ट को लंबवत रूप से व्यवस्थित किया जाता है। इस व्यवस्था का मुख्य लाभ यह है कि विंड टर्बाइन को हवा की दिशा में रखने की आवश्यकता नहीं होती है। यह उन जगहों पर एक फायदा है जहाँ हवा की दिशा अत्यधिक परिवर्तनशील होती है या ऊर्ध्वाधर अक्ष के साथ अशांत हवाएँ होती हैं, जनरेटर और अन्य प्राथमिक घटकों को ज़मीन के पास रखा जा सकता है, इसलिए टावर को इसे सहारा देने की आवश्यकता नहीं होती है, साथ ही रखरखाव भी आसान होता है। VAWT का मुख्य दोष आम तौर पर हवा में घूमते समय ड्रैग बनाता है!



ऊर्ध्वाधर अक्ष विंड टर्बाइन (VAWT) के प्रकार:

- **डेरियस विंड टर्बाइन:-**

डेरियस विंड टर्बाइन को आम तौर पर "एगबीटर" टर्बाइन कहा जाता है, क्योंकि वे एक विशाल एगबीटर की तरह दिखते हैं। उनकी दक्षता अच्छी होती है, लेकिन वे टावर पर बड़े टॉर्क रिपल और चक्रीय तनाव पैदा करते हैं, जो खराब विश्वसनीयता में योगदान देता है। इसके अलावा, उन्हें आमतौर पर घूमने के लिए किसी बाहरी शक्ति स्रोत या अतिरिक्त सवोनियस रोटार की आवश्यकता होती है, क्योंकि शुरुआती टॉर्क बहुत कम होता है। तीन या अधिक ब्लेड का उपयोग करके टॉर्क रिपल को कम किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप रोटार के लिए अधिक सॉलिडिटी होती है। सॉलिडिटी को रोटार क्षेत्र पर ब्लेड क्षेत्र द्वारा मापा जाता है। नए डेरियस प्रकार के टर्बाइन गाइ-वायर द्वारा नहीं रखे जाते हैं, बल्कि शीर्ष बियरिंग से जुड़ी एक बाहरी सुपरस्ट्रक्चर होती है।

- **सवोनियस विंड टर्बाइन:**

सवोनियस एक ड्रैग टाइप टर्बाइन है, इनका इस्तेमाल आमतौर पर वेंटिलेशन और एनीमोमीटर जैसी कई चीजों में उच्च विश्वसनीयता के मामलों में किया जाता है। क्योंकि वे ड्रैग टाइप टर्बाइन हैं, वे आम HAWT से कम कुशल हैं। सवोनियस अशांत हवा और स्व-प्रारंभ के क्षेत्रों में उत्कृष्ट हैं।

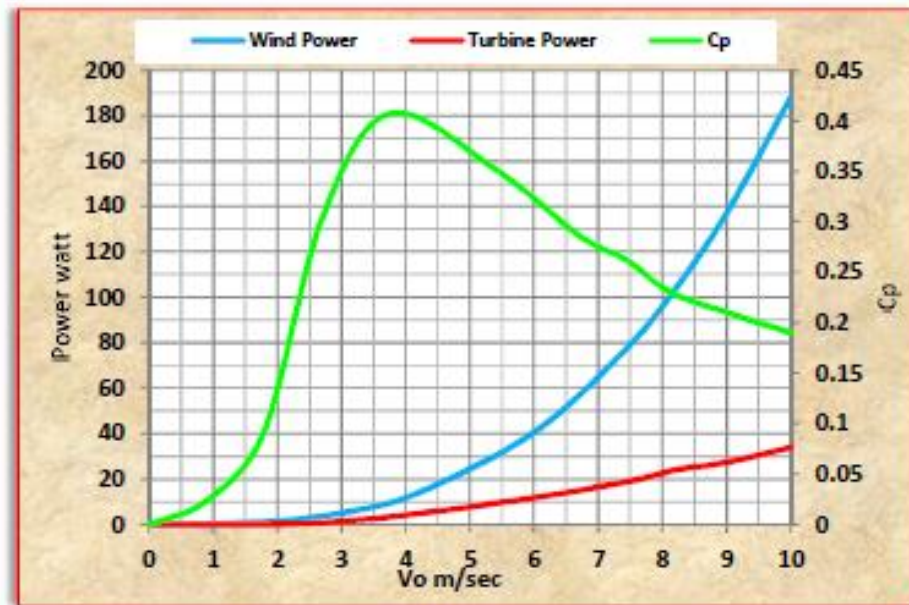


Figure (20) Power of the wind and turbine power for (SI) with three blades

VAWT के लाभ:-

- किसी भी प्रकार की विचलन प्रणाली की आवश्यकता नहीं है!
- VAWT को ज़मीन के नज़दीक स्थापित किया जा सकता है, जिससे इसके गतिशील भागों का रखरखाव आसान हो जाता है।
- VAWTs की पवन आरंभ गति सामान्य HAWTs की तुलना में कम होती है।

VAWT के नुकसान:-

- अधिकांश VAWTs की कार्यक्षमता सामान्य HAWTs की तुलना में औसतन कम होती है, जिसका मुख्य कारण अतिरिक्त प्रतिरोध होता है, जो उनके ब्लेडों के हवा की दिशा में घूमने पर उत्पन्न होता है।
- वे संस्करण जो ड्रैग को कम करते हैं, अधिक ऊर्जा उत्पन्न करते हैं, विशेष रूप से वे जो पवन को संग्राहक क्षेत्र में प्रवाहित करते हैं!

परिणाम:-

क्षैतिज अक्ष विंड टर्बाइन (HAWT) का निष्कर्ष: -

विंड टर्बाइन की यांत्रिक शक्ति, टॉर्क, पवन गति और ब्लेडों की संख्या के बीच संबंध दर्शाया गया है। मूल्यांकन परिणाम से पता चलता है कि ब्लेडों की संख्या जितनी अधिक होगी, विंड टर्बाइन उतनी ही कम पवन गति पर पवन ऊर्जा निकालती है।

ऊर्ध्वाधर अक्ष विंड टर्बाइन (VART) का निष्कर्ष:-

तीन ब्लेड वाले VAWT कुछ पहलुओं में दो ब्लेड वाले VAWT से बेहतर हैं। तीन ब्लेड वाले VAWT के साथ रोटार टॉर्क में चक्रीय भिन्नता और सभी ब्लेड पर लिफ्ट और ड्रैग बलों के संयुक्त प्रभावों के कारण नेट फोर्स की परिमाण और दिशा कम हो जाएगी। कॉर्ड की लंबाई बढ़ाने से लिफ्ट बलों

में वृद्धि के कारण C_p में वृद्धि होती है। इसलिए जैसे-जैसे रोटार का स्वीप क्षेत्र बढ़ता है, निकाली गई शक्ति निर्भरता से बढ़ेगी और रोटार की त्रिज्या और ब्लेड की लंबाई का अनुपात बहुत महत्वपूर्ण कारक है जो VAWT के पावर गुणांक C_p को प्रभावित करता है।

प्रयोग संख्या 2

उद्देश्य:- किसी दहनशील ईंधन के विशिष्ट द्रव्यमान की ऊष्मा क्षमता निर्धारित करना तथा इससे बम कैलोरीमीटर का उपयोग करके ईंधन की विशिष्ट ऊष्मा क्षमता निर्धारित करना.

उपकरण आवश्यक:-

- 1) बम कैलोरीमीटर
- 2) फ्यूज तार
- 3) थर्मामीटर
- 4) ऑक्सीजन की आपूर्ति
- 5) शक्ति का स्रोत
- 6) स्टॉप वॉच

लिखित:-



बम के घटकों का विवरण:-

बम एक स्टेनलेस स्टील बेलनाकार बर्तन है जिसकी क्षमता 300 मि.ली. है। बम का आयतन प्रतिक्रिया के दौरान नहीं बदलता है और दीवारें इतनी मजबूत हैं कि वे 26-किग्रा/सेमी² के सामान्य ऑपरेटिंग दबाव को आसानी से झेल सकती हैं। बम का परीक्षण 300 किग्रा/सेमी² हाइड्रोलिक दबाव पर भी किया जाता है, उच्च दबाव पर नमूनों को जलाने पर नाइट्रोजन और सल्फर की मात्रा क्रमशः नाइट्रिक और सल्फ्यूरिक एसिड में ऑक्सीकृत हो जाती है। बम की क्रोशेन प्रतिरोधी प्रकृति इसे करोसिव वाष्पों से बचाती है।

ढक्कन में बिजली के कनेक्शन के लिए दो टर्मिनल दिए गए हैं। प्रत्येक टर्मिनल फ्यूज को जोड़ने के लिए छोटे खांचे वाले इलेक्ट्रोड से जुड़ा हुआ है। इलेक्ट्रोड में से एक में क्रूसिबल होल्डर दिया गया है। इलेक्ट्रोड पर लगे कैप फ्यूज वायर को दबाते हैं। ढक्कन में उठाने के उद्देश्य से एक छोटा हुक और बम में ऑक्सीजन भरने के लिए फिट किए गए थ्रेडर वाल्व के साथ एक "वाल्व बॉडी" भी दी गई है।

प्रत्येक बम का परीक्षण पेट्रोलियम संस्थान की आवश्यकताओं के अनुसार उसके प्रदर्शन के लिए किया जाता है। परीक्षण 300-किग्रा/सेमी² हाइड्रोलिक दबाव पर किया जाता है और रिसाव के किसी भी संकेत के बिना 10 मिनट की अवधि के लिए दबाव बनाए रखा जाता है।

जल/पफ इंसुलेटेड जैकेट:- यह स्टेनलेस स्टील से बना है और रेडिएटिव नुकसान को कम करने के लिए अंदर और बाहर से अत्यधिक पॉलिश किया गया है। जैकेट के शीर्ष पर एक पोल दिया गया है ताकि स्टिरर यूनिट को पकड़ कर रखा जा सके और एक इनलेट जिसके माध्यम से जोड़ा जाता है। जैकेट में पानी की निकासी के लिए नीचे एक स्कू लगा हुआ है। पफ इंसुलेटेड जैकेट में पानी डालने की कोई आवश्यकता नहीं है। जैकेट पर फायरिंग यूनिट से बम तक विद्युत कनेक्शन के लिए दो टर्मिनल भी दिए गए हैं।

ऑफसेट स्टिरर:- स्टिरर को हीट इंसुलेटेड रबर बेल्ट के माध्यम से मोटर द्वारा 800 आर.पी.एम की सीरोलॉजिकल गति से चलाया जाता है। मोटर यूनिट को बर्तन से पर्याप्त दूरी पर रखा जाता है ताकि हीटिंग को रोका जा सके। यह व्यवस्था 10 मिनट में पानी के तापमान को 0.1 डिग्री सेल्सियस तक भी नहीं बढ़ाती है। इस प्रकार भारतीय संस्थान, ब्रिटिश मानक संस्थान और पेट्रोलियम संस्थान द्वारा विशिष्ट आवश्यकताओं को आसानी से पूरा किया जा सकता है।

कैलोरीमीटर पोत:- प्रयोग के दौरान बम को बर्तन में रखा जाता है। यह बर्तन तांबे से बना है और चमकीली पॉलिश किया हुआ है।

संयुक्त ढक्कन:- इसका उपयोग कैलोरीमीटर पोत और जैकेट के कवर के रूप में किया जाता है।

डिजिटल बेकमैन थर्मामीटर के साथ फायरिंग यूनिट:- फायरिंग यूनिट डिजिटल बेकमैन थर्मामीटर और इलेक्ट्रिकल इग्निशन का एक अनूठा संयोजन है। बम में रखा गया नमूना विद्युत रूप से प्रज्वलित होता है, बस आग का संकेत देने वाले पुश बटन को दबाकर यूनिट के पीछे विद्युत कनेक्शन के लिए "बम" का संकेत देने वाले सॉकेट दिए गए हैं। पीछे की तरफ स्टिरर, मेन्स विच, फ्यूज-कैप और सेंसर के लिए एक सॉकेट भी दिया गया है। डिजिटल थर्मामीटर "टेम्प-इनिशियल" और टेम्प-राइज को इंगित करने वाले स्विच को शिफ्ट करके शुरूआती और बढ़ते तापमान को प्रदर्शित करता है।

स्टैंड पर दबाव नापने का यंत्र:- बम में ऑक्सीजन के दबाव को मापने के लिए एक सटीक दबाव गेज दिया गया है। डायल 0 से 56 kg/cm² (0 से लगभग 800 lb. 2 में) तक स्नातक किया गया है। आम तौर पर बम में 26 kg/cm² के दबाव पर ऑक्सीजन भरी जाती है।

सुरक्षा उपकरण:- यदि गलती से बम में क्षमता से अधिक ऑक्सीजन भर दी जाए तो सुरक्षा उपकरण में लगी सादी डिस्क फट जाएगी और अतिरिक्त ऑक्सीजन लीक हो जाएगी, जिससे बम सुरक्षित रहेगा।

ऑक्सीजन नियंत्रण वाल्व:- बम में ऑक्सीजन भरने के लिए ठीक समायोजन प्रदान करने के लिए इसे ऑक्सीजन सिलेंडर से जोड़ा जाता है।

गैस रिलीजिंग पिन:- इसका उपयोग बम से दबाव को मुक्त करने के लिए किया जाता है।

पेलेट प्रेस:- यह आवश्यक है कि ठोस नमूनों को हवा में सुखाया जाए और तब तक पाउडर में पिसा जाए जब तक कि सभी कण 60-जाली स्क्रीन से न गुजर जाएं। कण का आकार आयातित है क्योंकि दहन प्रतिक्रिया कुछ सेकंड के भीतर पूरी हो जाती है, और यदि कोई भी व्यक्तिगत कण बहुत बड़ा या छोटा है तो वे पूरी तरह से नहीं जलेंगे। पेलेट प्रेस इस समस्या का एक संभावित समाधान प्रदान करता है क्योंकि छरों को ढीले नमूनों की तुलना में संभालना आसान होता है।

क्रूसिबल:- स्टेनलेस स्टील क्रूसिबल को उपकरण के साथ मानक के रूप में पेश किया जाता है, प्लैटिनम क्वार्ट्ज और निकल क्रूसिबल भी अतिरिक्त लागत पर सहायक उपकरण के रूप में पेश किए जा रहे हैं।

इग्निशन तार/कपास धागा:- ज्ञात ऊष्मीय मान वाले नाइक्रोम तार और सूती धागे का उपयोग दहन सहायता के रूप में किया जाता है।

बेंजोइक एसिड:- यह सबसे आम तौर पर मानक अभिकर्मक के रूप में उपयोग किया जाता है। यह पूरी तरह से जलता है और इसे आसानी से छरों में संपीड़ित किया जा सकता है। नेफथलीन को दहन मानक के रूप में भी इस्तेमाल किया जा सकता है। यह हाइड्रोस्कोपिक नहीं है, लेकिन इसकी अस्थिरता के कारण ऊर्ध्वपातन से होने वाली त्रुटियों से बचने के लिए सावधानी बरतना आवश्यक है। सुक्रोज या गन्ना चीनी का उपयोग मानक नमूने के रूप में और दहन सहायता के रूप में भी किया जाता है। यह सामग्री न तो अस्थिर है और न ही दृढ़ता से हाइड्रोस्कोपिक है, लेकिन इसे प्रज्वलित करना मुश्किल है और कभी-कभी पूरी तरह से जलता नहीं है। क्रिस्टलीय सामग्री को उपयोग करने से पहले एक शक्ति से ग्राउंड किया जाना चाहिए।

एसिड सुधार:- प्रयोग के बाद ऑक्सीजन बम से धुलाई को एसिड सुधार निर्धारित करने के लिए एक मानक क्षार समाधान के खिलाफ अनुमापन किया जाना चाहिए। यह 5.2996 ग्राम Na₂CO₃ को पानी में घोलकर और एक लीटर तक पतला करके तैयार किया जाता है। समान सामान्यता के सोडियम हाइड्रॉक्साइड या पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड समाधान स्वीकार्य हैं। मिथाइल ऑरेंज या मिथाइल रेड एसिड क्षार अनुमापन के लिए उपयोग किए जाने वाले सामान्य संकेतक हैं।

स्वीकार्य नमूना आकार:- बम को लटकने से बचाने के लिए सावधानी बरतनी चाहिए। दहनशील आवेश (नमूना प्लस दहन सहायता) का द्रव्यमान 1.100 ग्राम से अधिक नहीं होना चाहिए। नए या अपरिचित पदार्थों के साथ परीक्षण शुरू करते समय हमेशा एक ग्राम से कम के नमूने का उपयोग करना सबसे अच्छा होता है। किसी भी परीक्षण में 10,000 से अधिक कैलोरी मुक्त नहीं होनी चाहिए।

एन्थ्रेसोइट और कोक:- एन्थ्रेसोइट कोयले, कोक या धीमी गति से जलने वाली विशेषताओं वाली अन्य सामग्री का परीक्षण करते समय, पूरे नमूने का प्रज्वलन और पूर्ण दहन सुनिश्चित करना मुश्किल हो सकता है। इन मामलों में नमूना इतना बारीक पीसा जाता है कि वह छलनी 20 (211 माइक्रोन) से होकर गुजर सके। दहन को सुविधाजनक बनाने के लिए ऐसे नमूनों में मानक दहनशील सामग्री जैसे कि पाउडर बेंजोइक एसिड की थोड़ी मात्रा मिलाई जा सकती है।

खाद्य पदार्थ और सेल्युलॉसिक सामग्री:- अधिकांश खाद्य पदार्थों में नमी की मात्रा अधिक होने के कारण कैलोरी निर्धारण करने से पहले उन्हें सुखाकर पीसना आवश्यक होता है।

जिलेटिन कैप्सूल:- पेट्रोल जैसे वाष्पशील तरल पदार्थों को जिलेटिन कैप्सूल में तौला और संभाला जा सकता है। कैप्सूल में दो कप होते हैं, जो ज्यादातर तरल पदार्थों को बनाए रखने के लिए एक साथ टेलीस्कोप करते हैं। जिलेटिन कैप्सूल का कैलोरी मान ऑक्सीजन बम में ज्ञात कैलोरी मान के बेंजोइक एसिड से भरे कैप्सूल को प्रज्वलित करके निर्धारित किया जा सकता है।

भारी तेल:- तेल और अन्य तरल पदार्थ जो कमरे के तापमान पर अस्थिर नहीं होते हैं, उन्हें सीधे क्रूसिबल में तौला जा सकता है। धागे को नमूने में डुबोया जाता है।

विस्फोटक और उच्च ऊर्जा ईंधन:- ऐसी सामग्रियों का परीक्षण करते समय विशेष सावधानी बरतनी चाहिए, जो प्रज्वलन पर बड़ी मात्रा में गैस छोड़ती हैं या जो विस्फोटक बल को दर्शाती हैं, पारंपरिक बमों में धीमी गति से जलने वाले बारूद और रैकेट प्रणोदकों का परीक्षण करना संभव है। लेकिन उपयोगकर्ता को यह समझना चाहिए कि ये बम कुछ प्राइमरों और अन्य मिश्रणों द्वारा उत्पन्न आघात दबाव को झेलने के लिए डिज़ाइन नहीं किए गए हैं, जो विस्फोटक बल के साथ नहीं हैं। इनका परीक्षण विशेष उच्च दबाव वाले ऑक्सीजन बम में करना अधिक सुरक्षित है। विस्फोटक विशेषताओं या उच्च ऊर्जा ईंधन वाले नमूनों का परीक्षण करते समय सावधानीपूर्वक अवलोकन की आवश्यकता होती है। विस्फोटक व्यवहार की जांच करने के लिए खुली लौ पर नमूने की थोड़ी मात्रा को जलाने का सुझाव दिया जाता है और फिर बम के दहन के लिए आगे बढ़ना चाहिए; नमूनों की सामान्य मात्रा का केवल दसवां या पांचवां हिस्सा ही उपयोग करने की सलाह दी जाती है।

संचालन सिद्धांत:-

एक नमूने का वजन किया जाता है और उसे एक भारी-भरकम स्टेनलेस स्टील सिलेंडर में रखा जाता है जिसे "बम" कहा जाता है। फिर बम को ऑक्सीजन से सील कर दिया जाता है और नमूने को विद्युत रूप से प्रज्वलित किया जाता है। यौगिक के पूर्ण ऑक्सीकरण से गर्मी निकलती है और इसे बम के आसपास के पानी के ओलों के तापमान परिवर्तन के माध्यम से मापा जाता है। एक डिजिटल सेंसर तापमान में वृद्धि को मापता है। सीरोलॉजिकल वॉल्यूम पर दहन की गर्मी की गणना तापमान में परिणामी वृद्धि से की जा सकती है।

प्रक्रिया:-

स्थापना और संयोजन:-

सामान्य व्यवस्था: प्रयोगशाला बम कैलोरीमीटर को रासायनिक विश्लेषण के लिए सामान्य सुविधाओं से सुसज्जित किया जाना चाहिए। इनमें डेस्क स्पेस, फनिंग वॉटर, विश्लेषणात्मक संतुलन, ऑक्सीजन सिलेंडर, वॉल्यूमेट्रिक टाइट्रेशन बनाने के लिए उपकरण और प्रयोगशाला के बर्तन की विविध वस्तुएं शामिल हैं।

इग्निशन तार जोड़ना:- 6 सेमी लंबे फ्यूज वायर की एक ही लंबाई काटें। इलेक्ट्रोड पर स्लॉट में वायर डालें और एडजस्टेबल कैप द्वारा इसे मजबूती से दबाएं। इग्निशन प्रक्रिया में नमूनों तक लौ ले जाने के लिए 10 सेमी सूती धागे की आवश्यकता होती है।

बम में पानी: संतृप्त वातावरण के लिए पिपेट से बम में 1-2 मिलीलीटर आसुत जल डालें।

बम में ऑक्सीजन भरना:- ऑक्सीजन भरने वाली असेंबली को कनेक्ट करें। ऑक्सीजन नियंत्रण वाल्व से तांबे की नलियों को प्रेशर गेज से सुरक्षा उपकरण से बम तक कनेक्ट करें। सुनिश्चित करें कि कनेक्शन उचित हैं ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि रिसाव का कोई संकेत न हो। ऑक्सीजन वाल्व को धीरे-धीरे "चालू" दिशा में घुमाएँ, गेज का निरीक्षण करें और दबाव को तब तक बढ़ने दें जब तक कि वांछित बिंदु लगभग 26 किग्रा/सेमी² तक न पहुँच जाए, साथ ही वाल्व को बंद कर दें।

कैलोरीमीटर पात्र में पानी डालना:

कैलोरीमीटर के बर्तन में बम को सावधानी से रखें। आसुत जल तब तक डालें जब तक बम के क्लोजर रिंग की ऊपरी सतह 1-2 सेमी की गहराई पर न आ जाए। जहां बम पर उत्कीर्ण एसआर नंबर पानी से ढक जाए वहां पानी डालना बंद कर दें, डाले गए पानी की मात्रा रिकॉर्ड करें। पानी डालने का एक अन्य तरीका वजन के हिसाब से है। एक तराजू पर पूरी तरह से सूख चुके कैलोरीमीटर के बर्तन का वजन निर्धारित करें और (1750 11) ग्राम आसुत जल डालें। अब बर्तन को जैकेट में रखें और बम को सावधानी से नीचे करें। पानी का समायोजन तब तक करें जब तक बम के क्लोजर रिंग की ऊपरी सतह 102 सेमी की गहराई पर न आ जाए। अब बर्तन में पानी का वजन (1750+1 ग्राम) जानकर प्रयोग के लिए आवश्यक पानी की मात्रा की गणना करें।

जल समतुल्य का निर्धारण:

सिस्टम के जल समतुल्य को ज्ञात कैलोरी मान के आपूर्ति किए गए शुद्ध और सूखे बेंजोइक एसिड की गोली को प्रज्वलित करके निर्धारित किया जाता है जिसका वजन 0.8 ग्राम से कम और 1.1 ग्राम से अधिक नहीं होता है। सही तापमान वृद्धि (t) रिकॉर्ड करें, नीचे दिए गए डेटा का उपयोग करके धागे और तार (cvt और cvw) के कैलोरी मानों की गणना करें और समीकरण में प्रतिस्थापन द्वारा जल समतुल्य का मूल्यांकन करें।

जल समतुल्य का सूत्र:

$$\text{डब्ल्यू} = \{(\text{एच})(\text{एम}) + (\text{सीवीटी} + \text{सीवीडब्ल्यू})\} / \text{टी}$$

कहाँ:

टी = तापमान में अंतिम वृद्धि डिग्री सेल्सियस में।

एम = नमूने का द्रव्यमान ग्राम में.

एच= बेंजोइक एसिड का ज्ञात कैलोरी मानकैलोरी/ग्राम.

डब्ल्यू = प्रति डिग्री सेंटीग्रेड कैलोरी में जल समतुल्य।

सीवीटी = धागे का कैलोरी मान

$$= 2.1/\text{सेमी (10 सेमी धागे का उपयोग करते समय, धागे का CV} = 2.1 \times 10 = 21 \text{ कैल)}$$

सीवीडब्ल्यू= इग्निशन तार का कैलोरी मान.

$$= 2.33/\text{सेमी (6 सेमी तार का उपयोग करते समय, तार का CV} = 2.33 \times 4 = 9.32 \text{ कैल)}$$

सीवीएस = नमूने का कैलोरी मान.

$$\text{सीवीएस} = (\text{टी})(\text{डब्ल्यू}) - (\text{सीवीटी} + \text{सीवीडब्ल्यू}) / \text{एम}$$

ध्यान दें कि हमने 4-सेमी तार का उपयोग किया है क्योंकि इलेक्ट्रोड के चारों ओर तेज करने के लिए लगभग 2-सेमी तार का उपयोग किया जाता है। धागा पूरी तरह से जल जाता है इसलिए कैलोरीफिक-मान सीरोलॉजिकल रहता है, जो 10 सेमी के लिए 21 है।

कैलोरीमीटर का मानकीकरण:

बम कैलोरीमीटर को ऑक्सीजन सीलबंद मोब में ज्ञात कैलोरी मान के एक ग्राम या उससे कम वजन वाले बेंजोइक एसिड के एक पेलेट को प्रज्वलित करके मानकीकृत किया जाता है। बेंजोइक एसिड को प्रज्वलित करके, पानी के बराबर (W) का मूल्यांकन किया जाता है जो पूरे सिस्टम (कैलोरीमीटर पोट जिसमें पानी का एक निर्दिष्ट वजन होता है, ऑक्सीजन और दहन सहायता के साथ बम चार्ज होता है) के लिए प्रभावी ताप क्षमता में पानी के बराबर वजन होता है। यह एक उपकरण से दूसरे में भिन्न होगा, क्योंकि प्रत्येक घटक का सटीक द्रव्यमान थोड़ा भिन्न होगा। आपके नमूने के दहन से कितनी गर्मी उत्पन्न होती है, यह निर्धारित करने के लिए आपको यह मान जानना होगा।

एक बार जल समतुल्य (W) का मूल्यांकन हो जाने के बाद, नमूनों (CVs) के कैलोरी मान को निर्धारित करने के लिए समीकरण में w का वही मान प्रतिस्थापित किया जाता है। हालाँकि नीचे सूचीबद्ध सावधानियों का पालन किया जाना चाहिए।

बेंजोइक एसिड का उपयोग करके जल समतुल्य (W) निर्धारित करने के लिए प्रयोग करते समय। सभी प्रयोगों के लिए आसुत जल की समान मात्रा का उपयोग किया जाना चाहिए। (कैलोरीमीटर के बर्तन में पानी डालने की उपरोक्त प्रक्रिया का पालन करें)।

इमिशन तार और सूती धागे की समान लंबाई का उपयोग करें जैसा कि 6 सेमी तार और 10 सेमी धागा अनुशंसित है।" प्रयोग को पानी के बराबर 3 से 5 बार करने की सिफारिश की जाती है और रीडिंग का मतलब w के रूप में लिया जाना चाहिए। प्रत्येक 25 परीक्षणों के बाद बेंजोइक एसिड का उपयोग करके सिस्टम को कैलिब्रेट करने की सिफारिश की जाती है। सटीक परिणामों के लिए, सूत्र में दशमलव (.001) के तीसरे स्थान पर बेंजोइक एसिड या नमूने के द्रव्यमान को प्रतिस्थापित करें

मानकीकरण:-

नमूना wt= 0.9557 ग्राम

खतरे का वजन = 0.0183 ग्राम = 18.3 मिलीग्राम 1×4.18 कैलोरी/मिलीग्राम.

n तारों का भार = 0.0048 ग्राम = (76.49)

फायरिंग के बाद तार का वजन = 0.0030 ग्राम = तार की हानि 1.8 मिलीग्राम $\times .335$ कैलोरी /मिलीग्राम.

तापमान वृद्धि= 2.69

विधि:-

$$\text{डब्ल्यू} = \frac{(H)(M) + (E1+E2)}{\Delta T}$$

$$\text{कैलोरी मान} = \frac{(W)(\Delta T) - (E1+E2)}{M}$$

कहाँ:

ΔT = तापमान में अंतिम वृद्धि डिग्री सेल्सियस में।

एम = नमूने का द्रव्यमान ग्राम में.

एच= बेंजोइक एसिड का ज्ञात कैलोरी मान कैलोरी/ग्राम.

डब्ल्यू = प्रति डिग्री सेंटीग्रेड कैलोरी में जल समतुल्य।

बेंजोइक एसिड -6319 कैलोरी/ग्राम

1 ग्राम -.995 ग्राम

माइक्रोन तार 6 सेमी = वजन .335 कैलोरी/मिलीग्राम $\times$

धागा 10 सेमी = वजन 4180 कैलोरी/मिलीग्राम $\times$

(जल समतुल्य (w) =

तापमान वृद्धि= 2.600

6319 x नमूना वजन + (E1+E2)

टिप्पणियों:-

क्र.सं.	पानी का प्रारंभिक तापमान(Ti) डिग्री सेल्सियस	पानी का अंतिम तापमान (को) डिग्री सेल्सियस	तापमान में वृद्धि ΔT = को- ति
1	32	34.69	2.69

गणना:-

1) जल समतुल्य ज्ञात करने के लिए:

$$\text{प्रति डिग्री सेंटीग्रेड कैलोरी में जल समतुल्य (W)} = \frac{(H)(M) + (E1+E2)}{\Delta T}$$

कहाँ

H=6319 कैलोरी/ग्राम

एम=0.9557 ग्राम

ΔT =2.69

ई1=76.49

ई2=0.603

$$\text{डब्ल्यू} = \frac{(6319)(0.9557) + (76.48+0.69)}{2.69}$$

डब्ल्यू=2273.66591 ग्राम

2) कैलोरी मान ज्ञात करने के लिए:

$$\begin{aligned} \text{कैलोरी मान} &= \frac{(W)(\Delta T) - (E1+E2)}{M} \\ &= (2.69 \times 2273.665 - 77.093) / .9557 \end{aligned}$$

कहाँ

डब्ल्यू=2273.66591 ग्राम

ΔT =2.69 डिग्री सेल्सियस

ई1=76.49

ई2=0.603

एम=0.9557 ग्राम

$$\text{कैलोरी मान (CV)} = \frac{(2273.66591)(2.69) - (76.49 + 0.603)}{0.9557}$$

कैलोरी मान (CV)=6319 कैलोरी/ग्राम

परिणाम:-दिए गए नमूने का कैलोरी मान है 6319 कैलोरी/ग्राम

प्रयोग संख्या 3

उद्देश्य:- विभिन्न एयरोफॉइल डिजाइनों के ड्रैग और लिफ्ट गुणांक का पता लगाना

उपकरण:-

- 1) विन्ड टनल
- 2) परीक्षण मॉडल
- 3) एनीमोमीटर

लिखित:-

महत्वपूर्ण परिभाषाएँ और प्रतीक जिन्हें जानना आवश्यक है:

- 1) **वायुगतिकी:** वायुगतिकी द्रव यांत्रिकी की वह शाखा है जो वायु की गति और वायु के भीतर गतिशील पिंड की प्रतिक्रिया से संबंधित है।
- 2) **वायुगतिकीय केंद्र:** कॉर्ड लाइन में वह बिंदु जिसके चारों ओर पिचिंग आघूर्ण स्थिर रहता है। यह आक्रमण के कोण के साथ नहीं बदलेगा।
- 3) **एयरफ़ॉइल:** किसी भी सतह का वह अनुप्रस्थ काट जो वायुमंडल से वायुगतिकीय लिफ्ट उत्पन्न कर सकता है। 4) **आक्रमण कोण:** मुक्त धारा वायु की दिशा और कॉर्ड रेखा के बीच का कोण।
- 5) **घटना का कोण:** हवाई जहाज की जीवा रेखा और अनुदैर्घ्य अक्ष के बीच का कोण।
- 6) **दबाव का केंद्र:** वह बिंदु जिस पर कुल परिणामी दबाव बल कार्य करता है।
- 7) **तार:** यह एयरफ़ॉइल अनुभाग के अग्रिम और अनुगामी किनारे को जोड़ने वाली सीधी रेखा है।
- 8) **खींचना:** यह गति की दिशा के विपरीत वायुगतिकीय बल है। ड्रैग को पूरी तरह से कम करना अपरिहार्य है लेकिन इसके प्रभाव को कुछ हद तक कम किया जा सकता है। यह सतह की चिपचिपाहट (घर्षण ड्रैग), किसी वस्तु के आकार के कारण दबाव में अंतर (फॉर्म ड्रैग), एक परिमित पंख पर लिफ्ट अभिनय (प्रेरित ड्रैग) और प्रवाह में अन्य ऊर्जा हानि तंत्र जैसे कि शॉकवेव के लिए तरंग ड्रैग और इंजनों में दक्षता के कारण हो सकता है।
- 9) **ड्रैग गुणांक (सीडी):** इसे ड्रैग को डायनेमिक प्रेशर से भाग देकर संदर्भ क्षेत्र से गुणा करने पर प्राप्त होने वाले मान के रूप में परिभाषित किया जाता है। $CD = \text{ड्रैग} / (\text{डायनेमिक प्रेशर} \times \text{संदर्भ क्षेत्र})$
- 10) **गतिशील दबाव:** यह घनत्व और वेग के वर्ग का गुणनफल है जिसे दो से विभाजित किया जाता है।
- 11) **उठाना:** यह उड़ान की दिशा के लंबवत कार्य करने वाला बल है। एयरफ़ॉइल सेक्शन द्वारा उत्पन्न बल जो इसके पास से बहने वाली वायुधारा के समकोण पर कार्य करता है। समतल उड़ानों में लिफ्ट विमान के वजन के बराबर होनी चाहिए।
- 12) **लिफ्ट गुणांक:** सीएल = लिफ्ट/गतिशील दबाव $\times$ संदर्भ क्षेत्र
- 13) **सीमा परत:** सीमा परत, गतिशील धारा के संपर्क में दीवार की ठोस सतह के करीब चिपचिपे तरल पदार्थ की एक पतली परत होती है जिसमें (इसकी मोटाई δ के भीतर) प्रवाह वेग दीवार पर शून्य से लेकर (जहां प्रवाह अपनी स्थानता के कारण दीवार से चिपक जाता है) सीमा पर U_e तक बदलता रहता है, जो लगभग (1% वृद्धि के भीतर) मुक्त धारा वेग के अनुरूप होता है।
- 14) **दबाव गुणांक:** यह दबाव का एक गैर-आयामी रूप है।
- 15) **छोटी दुकान:** आम तौर पर हमले के कोण में वृद्धि के साथ लिफ्ट बढ़ जाती है। जब हमले का कोण एक निश्चित मान पर पहुँच जाता है, तो पंखों की ऊपरी सतह पर प्रवाह शरीर से अलग हो जाता है और हमले के कोण में वृद्धि के साथ लिफ्ट कम होने लगती है और इस स्थिति (हमले के कोण में वृद्धि के साथ लिफ्ट में कमी) को स्टॉल कहा जाता है।
- 16) **सरल:** वह काल्पनिक रेखा जिसके अनुदिश प्रत्येक बिंदु पर स्पर्श रेखा उस दिशा में वेग प्रदान करेगी।
- 17) **विंग लोडिंग:** विमान के कुल भार और पंख के फैलाव क्षेत्र का अनुपात।
- 18) **पंख फैलाव:** यह पंख की कुल लंबाई है (पंख की नोक से पंख की नोक तक मापी गई)

19) **आस्पेक्ट अनुपात:** एयरफॉइल के फैलाव का कॉर्ड से अनुपात। इसलिए एक उच्च पहलू अनुपात वाले विंग में फैलाव बड़ा और कॉर्ड संकीर्ण होता है और इसके विपरीत।



विन्ड टनल

मुख्य भाग और कार्य: सबसोनिक विन्ड टनल में मुख्य रूप से मधुकोश, इनलेट जाली स्क्रीन, डिफ्यूजर, अक्षीय प्रवाह पंखा और गति नियंत्रण इकाई के साथ मोटर शामिल होते हैं।

इनलेट डक्ट: इनलेट डक्ट (इन्फ्यूसर) वायुगतिकीय रूप से समोच्च खंड है। अक्षीय और पार्श्व अशांति को कम किया जाता है और परीक्षण खंड में प्रवेश करने वाली हवा का सुचारु प्रवाह हवा के इनलेट की अधिकतम दक्षता और दक्षता के लिए छत्ते और स्क्रीन स्थापित करके प्राप्त किया जाता है। छत्ते की लंबाई और दीवार के आकार का अनुपात अनुशंसित मानकों के अनुसार बनाए रखा जाता है। प्रवाह को और अधिक सुचारु बनाने के लिए वायर मेष भी तय किया गया है। यह विशेष रूप से, लेमिनार प्रवाह प्राप्त करने के लिए उपयोगी है। डक्ट को फ्लैज द्वारा परीक्षण खंड में सुरक्षित किया जाता है। सुरंग में केंद्रीय भाग फ्लैज का उपयोग करके इनलेट डक्ट और डिफ्यूजर के बीच सैंडविच किया गया परीक्षण खंड है। इस परीक्षण खंड को प्रयोग और विजुअलाइजेशन की स्थापना के लिए स्थान प्रदान करने और प्रयोग क्षेत्र तक आसान पहुँच प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। मोड माउंटिंग के लिए एक लकड़ी की खिड़की भी प्रदान की गई है। लकड़ी की खिड़की पर एक छेद, एक प्लग प्रदान किया गया है, प्लग को घुमाया जा सकता है और प्लग के चारों ओर कोणीय पैमाने से रोटेशन कोण पढ़ा जा सकता है। इस प्लग का उपयोग मॉडल को पिच दिशा में घुमाने के लिए किया जा सकता है।

विसारक: सुरंग का डाउनस्ट्रीम हिस्सा डिफ्यूजर है। इसके अंत में अक्षीय प्रवाह पंखा जुड़ा हुआ है। यह फ्लैज्ड है और परीक्षण अनुभाग में बोल्ट किया गया है।

अक्षीय प्रवाह इकाई: अक्षीय प्रवाह इकाई में एसी मोटर और परिवर्तनीय गति एसी ड्राइव शामिल हैं।

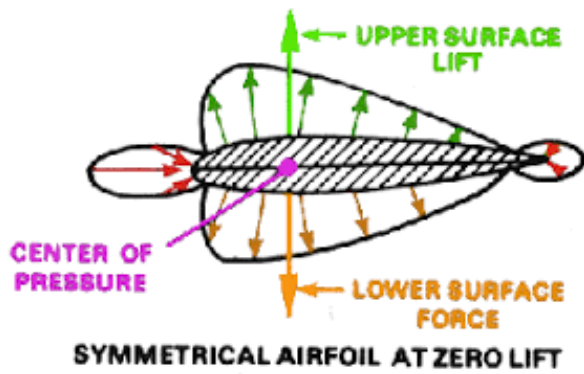
प्रोपेलर: प्रोपेलर को आदर्श रूप से वर्किंग सेक्शन के दोनों सिरों से यथासंभव दूर रखा जाना चाहिए, ताकि आवश्यकता से अधिक अशांति पैदा न हो। इसे आमतौर पर ऐसे सेक्शन में रखा जाता है जिसका क्रॉस सेक्शन का क्षेत्रफल वर्किंग या टेस्ट सेक्शन से लगभग 1.5 से 2 गुना होता है। सुरंग में अच्छा गति नियंत्रण देने के लिए प्रोपेलर को परिवर्तनशील गति और कभी-कभी परिवर्तनशील पिच के ब्लेड का होना चाहिए।

बेल माउथेड एंटी: परीक्षण खंड से पहले हनीकॉम्ब नेटवर्क और स्क्रीन के साथ बेल माउथ एंटी प्रदान की गई है। कंपन मुक्त चलने के लिए मजबूत कोणीय स्टैंड प्रदान किया गया है।

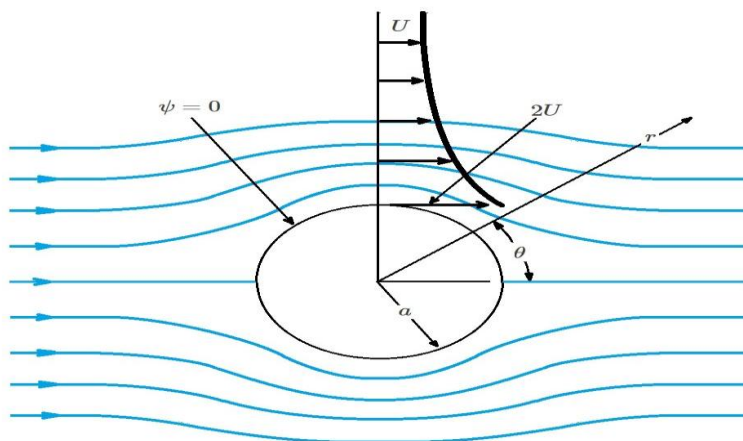
मल्टी ट्यूब मैनोमीटर: इस मैनोमीटर का उपयोग विभिन्न मॉडलों में दबाव वितरण का अध्ययन करने के लिए किया जाता है। वायु प्रवाह के वेग को मापने के लिए एक प्रैंडलपिटोट ट्यूब प्रदान की जाती है।

प्रक्रिया:-

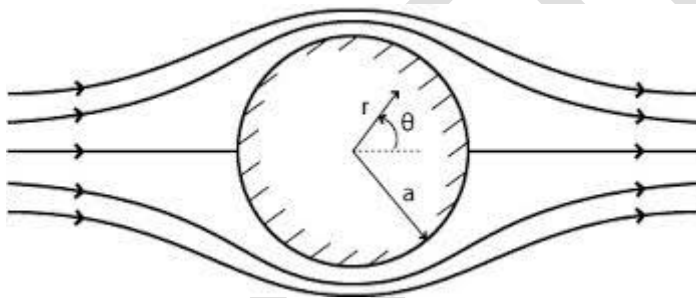
1. परीक्षण मॉडल को विन्ड टनल के परीक्षण खंड में दिए गए स्टैंड पर विभिन्न कोणों (θ) पर माउंट करें। पिछला किनारा पंखे की ओर होना चाहिए ($0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$)
2. इस बात का ध्यान रखा जाना चाहिए कि मॉडल को बैलेंस से जोड़ने वाली रॉड पवन टनल की दीवार को न छुए। पवन टनल चालू होने पर भी इसकी जांच की जानी चाहिए।
3. बोल्टों को ढीला करके तथा मैनुअल रूप से एयरफॉइल को आवश्यक घटना कोण पर रखकर घटना कोण को बदला जाता है।
4. आवश्यक परीक्षण खंड वेग प्राप्त करने के लिए पुश बटन स्विच को संचालित करें और गति नियंत्रण घुंटी को धीरे-धीरे घुमाएं।
5. पिटोट ट्यूब से जुड़े अंतर दबाव वाले जल मैनोमीटर पर रीडिंग नोट करें।
6. ड्रैग और लिफ्ट बल के प्रायोगिक मानों को नोट करें।



चित्र 1 सममित एयरोफॉइल पर दबाव वितरण



चित्र 2 एक गोलाकार बेलनाकार पिंड पर दबाव वितरण



चित्र 3 एक गोले पर दबाव वितरण:

सावधानियां:-

1. विन्ड टनल का संचालन करते समय उसके पीछे खड़े न रहें।

अवलोकन तालिका:-

- 1) लिफ्ट गुणांक :

क्र. सं.	डिग्री में कोण	$F_{L\ exp}$	$F_{L\ th}$	C_L
1	0^0			
2	5^0			
3	10^0			
4	15^0			
5	20^0			
6	25^0			

2) ड्रैग गुणांक:

क्र. सं.	डिग्री में कोण	$F_{D\ exp}$	$F_{D\ th}$	C_d
1	0^0			
2	5^0			
3	10^0			
4	15^0			
5	20^0			
6	25^0			

गणना:-

$$1) \text{ लिफ्ट गुणांक } C_L = \frac{\text{lift force experimental}}{\text{lift force theoretical}} = \frac{F_{L \exp}}{F_{L th}}$$
$$F_{L th} = \frac{1}{2} \rho V^2 A$$

$$2) \text{ ड्रैग गुणांक } C_D = \frac{\text{Drag force experimental}}{\text{Drag force theoretical}} = \frac{F_{D \exp}}{F_{D th}}$$
$$F_{D th} = \frac{1}{2} \rho V^2 A$$

परिणाम:

प्रयोग संख्या 4

उद्देश्य:—हॉट एवं बेट्ज मानदंड को उचित ठहराते हुए स्ट्रीम ट्यूब मॉडल विश्लेषण का उपयोग करके गड़बड़ी कारक का विश्लेषण करना।

लिखित:-

हाल ही में हुए शोध और विकास के कारण कई तरह के विंड टर्बाइन सामने आए हैं, जिनमें से क्षैतिज अक्ष विंड टर्बाइन (HAWTs) और ऊर्ध्वाधर अक्ष विंड टर्बाइन (VAWTs) सबसे अधिक इस्तेमाल किए जाने वाले टर्बाइन हैं। क्षैतिज अक्ष विंड टर्बाइन में कुछ कमियां और अधिक फायदे हैं, जिसके कारण HAWT का व्यावसायिक रूप से व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। ये कुछ कमियां स्ट्रीम ट्यूब मॉडल HAWT के डिजाइन का परिणाम हैं। इस प्रयोग का फोकस सुरंग विंड टर्बाइन के डिजाइन पर आधारित है, जिससे यह कम हवा की गति से बिजली खींचता है, जिसे प्रायोगिक स्थल पर प्रति घंटे के आधार पर रिकॉर्ड किया जाता है और अंततः बेट्ज मानदंड को सही ठहराता है। हम देखेंगे कि गड़बड़ी कारक की सीमाओं को समायोजित करके हम जिस तरह से पवन ऊर्जा का उपयोग करते हैं, उस पर बहुत अधिक प्रभाव पड़ सकता है। पवन ऊर्जा उत्पादन को हम जिस तरह से देखते हैं, कम टिप स्पीड अनुपात (टीएसआर) के कारण कम शोर स्तर की उम्मीद है। किसी दिए गए बह क्षेत्र के लिए।

विद्युत उत्पादन को प्रभावित करने वाले कुछ कारक हैं जैसे रोटर घूर्णन वेग, शक्ति गुणांक, गड़बड़ी कारक, ब्लेड अभिविन्यास, शक्ति गुणांक में भिन्नता। विभिन्न वायु गति और विभिन्न गड़बड़ी कारक का विश्लेषण किया जाता है। शक्ति गुणांक, C_p , किसी भी पवन ऊर्जा रूपांतरण प्रणाली (WECS) की दक्षता को परिभाषित करता है। HAWT का उपयोग कर इस स्ट्रीम ट्यूब मॉडल को इस तरह डिजाइन किया गया है कि यह बेट्ज सीमा के अनुसार शक्ति उत्पन्न करता है। जो बताता है कि अधिकतम शक्ति निष्कर्षण की स्थिति में, आदर्श स्थिति में अपस्ट्रीम वायु वेग दो तिहाई तक कम हो जाता है, और डाउनस्ट्रीम वेग एक तिहाई तक कम हो जाता है, अर्थात् आदर्श स्थिति में शक्ति गुणांक का अधिकतम मूल्य $16/27$ अर्थात् 59.26% होता है।

A. रोटर स्वेप्ट क्षेत्र

स्वेप्ट एरिया टर्बाइन को उसकी गति में घेरे हुए हवा का वह भाग है। VAWTs में स्वेप्ट एरिया आयताकार आकार का होता है लेकिन HAWTs के लिए स्वेप्ट एरिया गोलाकार आकार का होता है। इसके लिए स्वेप्ट एरिया को स्वेप्ट किया जाता है।

स्ट्रीम ट्यूब मॉडल क्षेत्र, A (m^2) में, निम्न द्वारा दिया जाता है:

$$A = \pi R^2 \quad (1)$$

जहाँ R इस स्ट्रीम ट्यूब मॉडल में प्रयुक्त 4 ब्लेड वाली क्षैतिज अक्ष वाली टर्बाइन की त्रिज्या मीटर में है।

B. पवन ऊर्जा उपलब्ध है

हवा में उपलब्ध ऊर्जा (P_0) चलती हवा के द्रव्यमान से जुड़ी गतिज ऊर्जा है [5]। यह हवा की गति के घन के समानुपाती होती है। यह ऊर्जा हवा के चलने से पहले हवा में उपलब्ध होती है। रोटर पर प्रहार करता है। एयरो टर्बाइन पवन ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा के रूप में परिवर्तित करता है।

$P_0 = (1/2) \rho A v^3$ (2) जहाँ ρ अप्रभावित अवस्था में मुक्त हवा का अपस्ट्रीम वेग या गति है और ρ हवा का घनत्व = 1.205 किग्रा/मी³ है और A स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के इनलेट का क्षेत्र है।

C. टर्बाइन पर हवा का वेग

इस मॉडल में टर्बाइन पर प्राप्त गति को (μ_1) द्वारा दर्शाया जाता है और इसकी गणना इस प्रकार की जाती है

$$\mu_1 = \mu_0 - 2v \quad (3)$$

जहाँ “a” गड़बड़ी कारक है।	
D. अनुप्रवाह वेग	
यह वह वेग है जो धारा के आउटपुट पर उपलब्ध होता है	
ट्यूब मॉडल	

$$\mu_2 = 2\mu_1 - \mu_0 \quad (4)$$

जहाँ μ_2 अनुप्रवाह वेग है और μ_0 धारा ट्यूब मॉडल के इनलेट पर हवा का वेग है

ई. शक्ति गुणांक

शक्ति गुणांक को पवन में उपलब्ध शक्ति के उस अंश के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसे निकाला जा सकता है।

$$C_p = 4\epsilon (1 - \epsilon)^2 \quad (5)$$

जहाँ C_p शक्ति गुणांक है

आदर्श स्थिति में, C_p का मान 16/27 या 0.593 से अधिक नहीं होता है,

बेट्ज़ मानदंड के अनुसार शक्ति गुणांक परिभाषित करता है कि कैसे

आउटपुट में पवन ऊर्जा में बहुत अधिक आंशिक शक्ति उपलब्ध होती है तथा यह अपस्ट्रीम वेग और गड़बड़ी कारक के लिए विंड टर्बाइन की दक्षता को भी दर्शाता है।

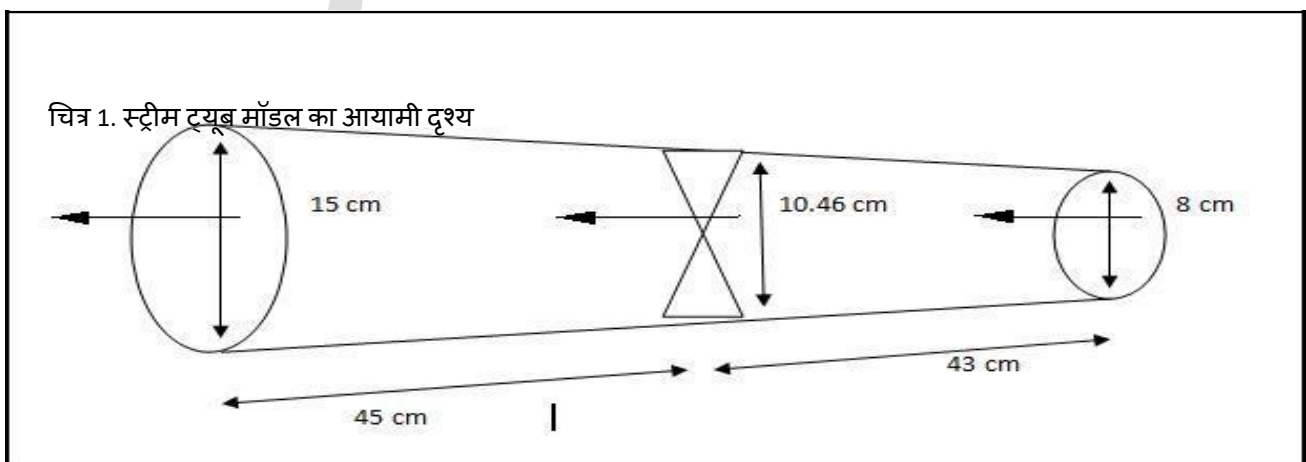
एफ. टर्बाइन द्वारा निकाली गई शक्ति

पवन द्वारा निकाली गई शक्ति शक्ति गुणांक और इनलेट पर पवन में मौजूद शक्ति का गुणनफल है। HAWT स्ट्रीम ट्यूब मॉडल में इसे इस प्रकार लिखा जा सकता है

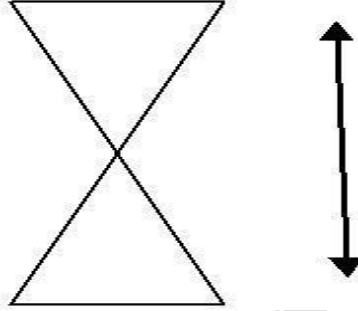
$$P_t = C_p P_0 \quad (6)$$

जहाँ P_t टर्बाइन द्वारा निकाली गई शक्ति है। यहाँ C_p गड़बड़ी कारक पर निर्भर करता है जो अपस्ट्रीम वेग के अनुसार बदलता रहता है

हवा की शक्ति भिन्न होती है। और दूसरा कारक P_0 हवा में शक्ति हवा के घनत्व, हवा के वेग और क्षेत्र A_1 पर निर्भर करती है जिसके माध्यम से हवा टर्बाइन में आ रही है यानी स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के इनलेट पर।



चित्र 2. घूर्णन के दौरान HAWT द्वारा कवर किया गया स्वेप्ट क्षेत्र



10.46सेमी

I. मॉडल की विशिष्टताएँ

विकसित मॉडल एक चार ब्लेड वाला संरचित क्षेत्रीय अक्ष विंड टर्बाइन स्ट्रीम ट्यूब मॉडल है की मदद से सहायक संरचना। टर्बाइन के ब्लेड एक इनलेट और एक आउटलेट के साथ स्ट्रीम ट्यूब के अंदर घूमते हैं।

भौतिक एवं तकनीकी विनिर्देश तालिका 1 में सूचीबद्ध हैं।

तालिका:1 मॉडल में प्रयुक्त भागों का विवरण

एसा नं०	मॉडल विवरण		
	भागों का विवरण	सामग्री इस्तेमाल किया गया	प्रयुक्त मात्रा
1.	स्ट्रीम ट्यूब	जीआई शीट	1
2.	टर्बाइन ब्लेड	फाइबर शीट	4
3.	सहायक फ्रेम	एमएस शीट्स	1
4.	गियर असेंबली	प्रेरणा गियर(07)	1

HAWT स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के परीक्षण पैरामीटर इस प्रकार सूचीबद्ध हैं:

रोटर त्रिज्या : 0.052मी

रोटर का स्वेप्ट क्षेत्र : 0.0085मी²

मॉडल की कुल लंबाई	: 0.88मी
इनलेट से ब्लेड तक	: 0.43मी
आउटलेट से ब्लेड तक	: 0.45मी
इनलेट त्रिज्या	: 0.04मी
इनलेट क्षेत्र	: 0.005मी ²
आउटलेट त्रिज्या	: 0.075मी.
आउटलेट क्षेत्र	: 0.017मी ²

इस मॉडल में हमने दो गोलाकार क्षेत्रों का उपयोग किया है, एक इनलेट और दूसरा आउटलेट। इस्तेमाल किया गया निर्माण में गैल्वेनाइज्ड आयरन की शीट का उपयोग किया जाता है। इस शीट का उपयोग इसके हल्के वजन के कारण किया जाता है और इसे निर्माण को आसान बनाने के लिए आसानी से मोड़ा जा सकता है। और यहाँ वांछित मूल्य में परियोजना लागत को सीमित करने के लिए हमने इसकी कम लागत के कारण इस शीट का उपयोग किया। गैल्वेनाइज्ड शीट का जीवन किसी भी वैकल्पिक कोटिंग की तुलना में लंबा होता है।

घूर्णन के दौरान मॉडल के रотор द्वारा स्वीप किए गए क्षेत्र को दर्शाता है। HAWTs में, स्वीप किए गए क्षेत्र का आकार रотор त्रिज्या द्वारा परिभाषित किया जाता है।

(1) का उपयोग करके, मॉडल के स्वीप्ट क्षेत्र की गणना की जाती है

$A = \pi R^2$

$$= 3.14 * (.052)^2 = 0.0085 \text{ मी}^2$$

ए.स्ट्रीम ट्यूब :-

मॉडल की मुख्य जोर देने वाली संरचना स्ट्रीम ट्यूब का फ्रेम है। सुरंग गैल्वेनाइज्ड आयरन शीट से बनी है। स्ट्रीम ट्यूब मॉडल की लंबाई इनलेट से आउटलेट तक 0.88 मीटर है। फ्रेम के अंदर ब्लेडेड HAWT को रखा जाना है।

बी. ब्लेड:-

ब्लेड हवा से आने वाली ड्राइविंग फोर्स के रूप में काम करते हैं। ये घूमते हुए ब्लेड सुरंग के अंदर इस तरह से रखे जाते हैं कि उनके बीच की जगह से हवा न गुजरे। यहाँ इस्तेमाल की जाने वाली टर्बाइन 4 ब्लेड वाली है।

सी. सहायक फ्रेम:-

स्ट्रीम ट्यूब मॉडल की सबसे महत्वपूर्ण विशेषता सहायक फ्रेम है। इस मॉडल में हल्के स्टील शीट से बने सहायक फ्रेम का उपयोग किया जाता है, जो शंकु के आकार का होता है और दोनों छोर खुले होते हैं। छोटा छेद स्ट्रीम ट्यूब से जुड़ा होता है, जिसमें शंकु की धुरी स्ट्रीम ट्यूब के आधार पर लंबवत होती है।

परिणाम और विश्लेषण :-

हेक्सागोनल VAWT मॉडल का प्रदर्शन परीक्षण एनर्जी सेंटर, MANIT भोपाल, भारत की छत पर 23.2500° N, 77.4167° E, और समुद्र तल से 430 मीटर ऊपर किया गया। केंद्र में स्थापित डिजिटल एनीमोमीटर का उपयोग करके विभिन्न रोटरी गति और अलग-अलग समय पर हवा के डेटा को रिकॉर्ड किया गया। इन प्राथमिक डेटा के आधार पर, इस स्ट्रीम ट्यूब मॉडल की प्रदर्शन दक्षता प्राप्त करने के लिए कम्प्यूटेशनल अध्ययन किया गया था। तालिका 2 कम्प्यूटेशनल पद्धति द्वारा प्राप्त परिणामों को दर्शाती है।

तालिका: गणना किए गए मापदंडों के 2 परिणाम सभी मान तीन दशमलव स्थानों तक सही किए गए

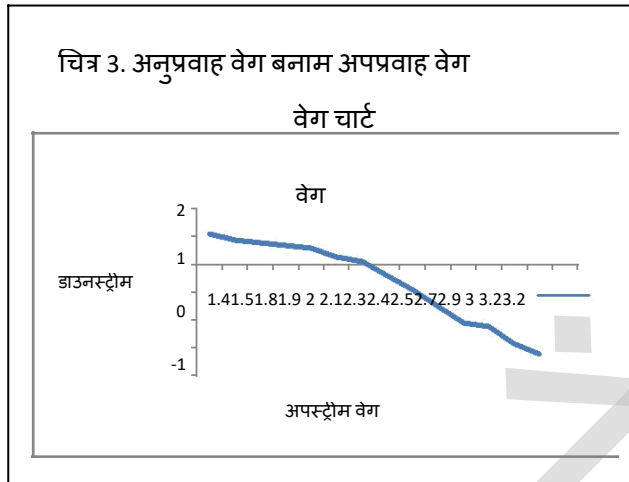
रखती घट्टी पर वास्तविक आर, ए	अपस्ट्र इएम बेलोक आयटी, μ_0 (एमएस)	गणना किए गए पैरामीटर				
		हवा वेग पर टर्बाइन (μ_1)	य पर आउटपुट (μ_2)	हवा वेग शक्ति गुणांक, सी μ	उत्पादन किसकी सत्ता पवन, पो (μ_3)	निकालें डी पावर द्वारा टर्बाइन, (μ_4)
0.10	1.4	1.2	1.1	0.324	0.0147	0.0047
0.20	1.5	1.2	0.9	0.512	0.0181	0.0092
0.25	1.8	1.3	0.8	0.562	0.0314	0.0176
0.29	1.9	1.3	0.7	0.584	0.0369	0.0215
0.33	2.0	1.3	0.6	0.592	0.0431	0.0255
0.41	2.1	1.2	0.3	0.570	0.0499	0.0284
0.47	2.3	1.2	0.1	0.528	0.0655	0.0345
0.59	2.4	1.0	-0.4	0.396	0.0745	0.0295
0.67	2.5	0.8	-0.9	0.291	0.0842	0.0245
0.75	2.7	0.6	-1.5	0.187	0.1060	0.0198

कम्प्यूटेशनल अध्ययन में शामिल थे।

यह दर्शाता है कि पवन से प्राप्त शक्ति के मूल्यों में भिन्नता पवन से प्राप्त शक्ति के मान से कहीं अधिक है। ऐसा इसलिए है क्योंकि टर्बाइन को घुमाने में बहुत अधिक शक्ति की खपत होती है। पवन में शक्ति पवन की गति के घन के समानुपातिक होती है जबकि पवन से प्राप्त शक्ति शक्ति गुणांक के समानुपातिक होती है। इसलिए पवन से प्राप्त शक्ति की मात्रा और टर्बाइन पर पवन की इनपुट शक्ति में अंतर होता है।

A. डाउनस्ट्रीम वेग:-

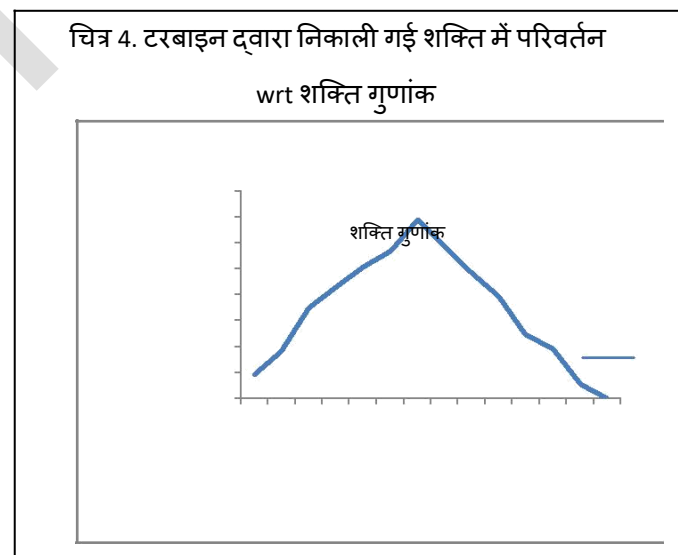
हवा का बहाव वेग स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के आउटलेट पर उपलब्ध है। इनलेट पर हवा की गति में वृद्धि के साथ बहाव वेग धीरे-धीरे कम हो रहा है, जिसका अर्थ है अपस्ट्रीम वेग। एक बिंदु पर जहां अपस्ट्रीम वेग क्रांतिक वेग को पार कर जाता है, डाउंस्ट्रीम वेग शून्य हो जाता है और बाद में नकारात्मक पाया जाता है। इस स्थिति को टर्बाइन की स्टॉल स्थिति कहा जाता है। इस स्थिति में रोटर विपरीत दिशा में घूमता है और स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के आउटपुट से बिजली निकालता है।



B. टर्बाइन द्वारा निकाली गई बिजली

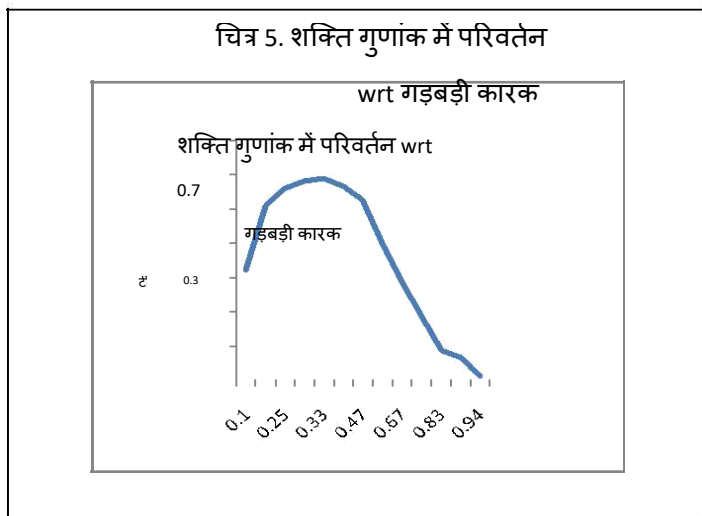
टर्बाइन द्वारा निकाली गई शक्ति पवन के शक्ति गुणांक पर निर्भर करती है, कुछ बिंदु तक यह शक्ति गुणांक के साथ सीधे अनुपात में बढ़ती है लेकिन एक महत्वपूर्ण बिंदु के बाद यह धीरे-धीरे कम हो जाती है।

	0.04																		
	0.035																		
	0.03																		
शक्ति	0.025																		
0.02 द्वारा निकाला गया																			
टर्बाइन	0.015																		
	0.01																		
	0.005																		
	0																		
		0.324	0.512	0.562	0.584	0.592	0.57	0.528	0.396	0.291	0.187	0.095	0.067	0.013					



C. शक्ति गुणांक

विभिन्न दर्ज की गई हवा की गति के लिए, शक्ति गुणांक 0.592, $V = 2.0$ मीटर/सेकेंड के लिए, से 0.187, $V =$ के लिए प्राप्त किया जाता है 2.7 एमएस।



निष्कर्ष :-

इस स्ट्रीम ट्यूब मॉडल के लिए अधिकतम शक्ति गुणांक के लिए टर्बाइन पर शक्ति का अपना चरम मान होता है। जब गड़बड़ी कारक 0.33 होता है तो शक्ति का गुणांक 0.592 होता है इसलिए यह बेट्स सीमा को उचित ठहराता है। यहाँ एक स्थिति $a > 0.5$ पर आती है, डाउनस्ट्रीम वेग नकारात्मक हो जाता है, यानी ब्लेड विपरीत दिशा में घूमने लगते हैं। यह डाउनस्ट्रीम पर उत्पादित कम दबाव और चिपचिपाहट के कारण होता है। जहाँ तक मॉडल के आकार और हवा की उपलब्धता का सवाल है, यह एक संतोषजनक परिणाम है।

प्रयोग संख्या 5

उद्देश्य:

पवन डेटा का विश्लेषण करके और पवन गुलाब और आवृत्ति वितरण चार्ट जैसे विज़ुअलाइज़ेशन बनाकर WR प्लॉट सॉफ़्टवेयर का उपयोग करके किसी विशिष्ट स्थान की पवन संसाधन क्षमता का मूल्यांकन करना।

उपकरण और सॉफ़्टवेयर:

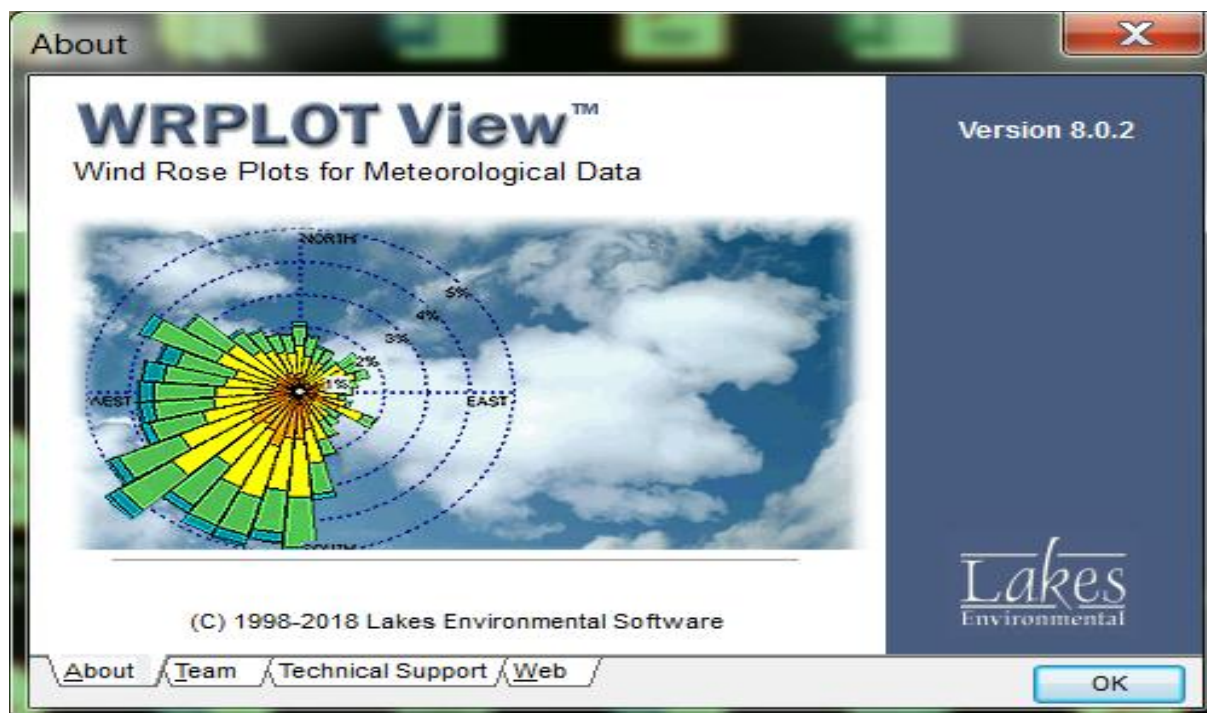
- WR प्लॉट सॉफ़्टवेयर (या समकक्ष पवन डेटा विश्लेषण सॉफ़्टवेयर)।
- पवन गति और दिशा डेटा (मौसम स्टेशनों या अन्य स्रोतों से ऐतिहासिक डेटा)।
- WR प्लॉट स्थापित कंप्यूटर।

सिद्धांत:

पवन संसाधन मूल्यांकन में किसी विशिष्ट स्थान पर पवन ऊर्जा का उपयोग करने की व्यवहार्यता निर्धारित करने के लिए समय के साथ पवन गति और दिशा का विश्लेषण करना शामिल है। पवन गुलाब पवन दिशा और गति आवृत्तियों का एक दृश्य प्रतिनिधित्व प्रदान करते हैं, जो प्रमुख पवन दिशाओं और औसत पवन गति की पहचान करने में मदद करते हैं।

मूल्यांकित मुख्य पैरामीटर:

- पवन गति वितरण।
- प्रमुख पवन दिशाएँ।
- पवन गति की घटना की आवृत्ति।
- संभावित पवन ऊर्जा घनत्व।



प्रक्रिया:

डेटा संग्रह:

रुचि के स्थान के लिए पवन गति और दिशा डेटा प्राप्त करें। यह प्रति घंटा, दैनिक या मासिक औसत डेटा हो सकता है।

डेटा तैयार करना:

डेटा को WR प्लॉट इनपुट आवश्यकताओं (आमतौर पर CSV या Excel प्रारूप में) के अनुसार फॉर्मेट करें। सुनिश्चित करें कि कॉलम में शामिल हों:

दिनांक और समय।

हवा की गति (मी/सेकेंड या नॉट)।

हवा की दिशा (डिग्री)।

सॉफ्टवेयर इनपुट:

WR प्लॉट सॉफ्टवेयर लॉन्च करें।

फॉर्मेट की गई हवा की डेटा फ़ाइल आयात करें।

कॉन्फ़िगरेशन:

विश्लेषण के लिए पैरामीटर सेट करें, जैसे:

समय अवधि (जैसे, एक वर्ष, एक महीना)।

गति श्रेणियाँ (जैसे, 0-5 मी/से, 5-10 मी/से)।

दिशा डिब्बे (जैसे, 16 कम्पास पॉइंट)।

आउटपुट उत्पन्न करें:

हवा की दिशा और गति के आवृत्ति वितरण को देखने के लिए एक पवन गुलाब बनाएँ।

हवा की गति श्रेणियों के लिए आवृत्ति वितरण चार्ट का विश्लेषण करें।

व्याख्या:

प्रमुख हवा की दिशाओं और उच्च आवृत्ति हवा की गति श्रेणियों की पहचान करें।

पवन ऊर्जा उत्पादन के लिए साइट की क्षमता का मूल्यांकन करें।

परिणाम सहेजें:

दस्तावेजीकरण और रिपोर्टिंग के लिए पवन गुलाब और विश्लेषण चार्ट निर्यात करें।

अवलोकन:

निम्नलिखित को रिकॉर्ड करें और उनका विश्लेषण करें:

प्रमुख पवन दिशा(एँ)।

औसत पवन गति और इसकी आवृत्ति वितरण।

पवन पैटर्न में संभावित मौसमी या दैनिक बदलाव।

गणना:

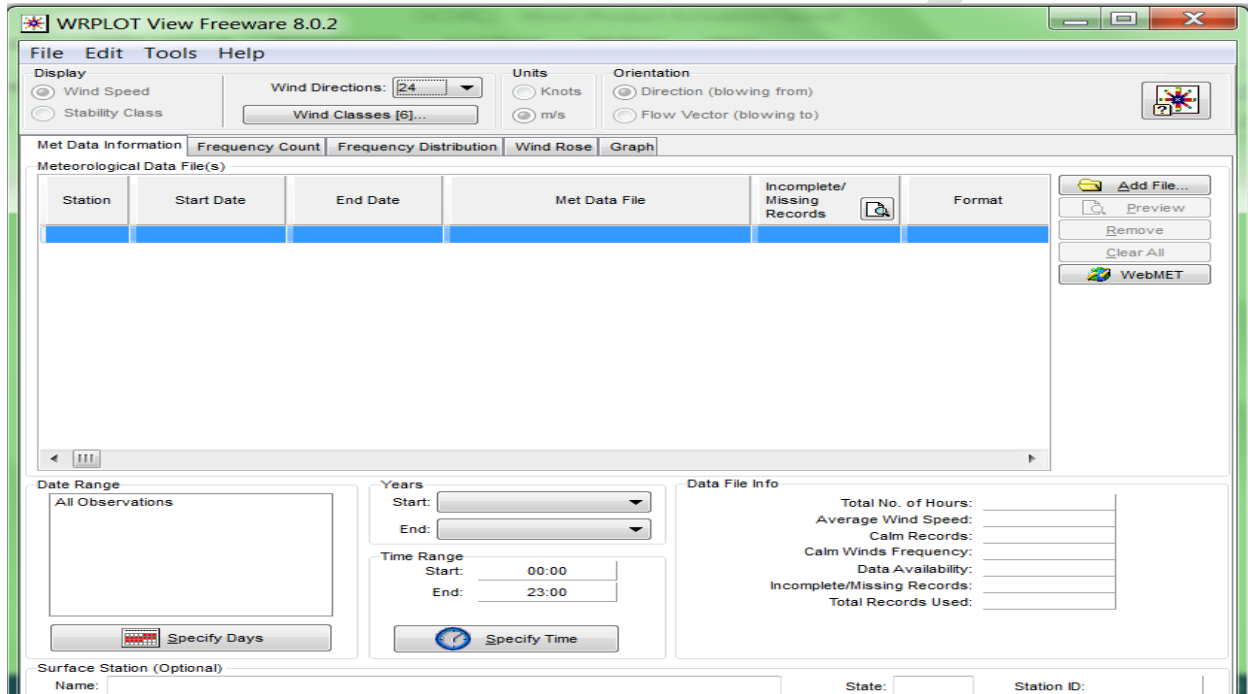
1. औसत वायु वेग:-
$$V_{\text{mean}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i V_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

Where f_{iV} is the frequency of wind speed V_i .

2. पवन ऊर्जा घनत्व :- $P = 1/2 \rho \cdot V^3$

Where:

- ρ = air density (1.225 kg/m³ at sea level).
- V = wind speed (m/s).



परिणाम:

उत्पन्न पवन गुलाब और आवृत्ति वितरण चार्ट को निम्न के लिए परिकलित मानों के साथ प्रस्तुत करें:

- औसत पवन गति
- पवन ऊर्जा घनत्व।

निष्कर्ष:

साइट की पवन संसाधन क्षमता का सारांश बनाएँ। संकेत दें कि क्या स्थान पवन ऊर्जा परियोजनाओं के लिए उपयुक्त है, जो कि देखे गए पवन पैटर्न और परिकलित शक्ति घनत्व पर आधारित है।

सावधानियाँ:

- सुनिश्चित करें कि पवन डेटा सटीक है और साइट की विशिष्ट स्थितियों का प्रतिनिधित्व करता है।
- पवन गति और दिशा के लिए सुसंगत इकाइयों का उपयोग करें।
- आउटपुट उत्पन्न करने से पहले सॉफ़्टवेयर सेटिंग्स को सत्यापित करें।