

### **a) Güç-Artırım-etkisinin oluşumu:**

AWT (Augmented Wind Turbine) türbininde, "Güç-Artırım kanatları" olarak türbinin çevresini saran sekiz adet dikey "siper-kanat" yer almaktadır. (**Şekil:9, 12**)

Türbin çevresine eşit aralıklarla yerleştirilen bu sabit siper kanatlar, türbinin olumlu ve olumsuz bölgelerine yönelen hava akımlarını iki gruba ayırarak yönlendirmekte, olumlu akımları türbin içerisine kanalize ederken, türbin içine yönelerek geçmekte bulunan akımların da olumlu bölgenin gerisine doğru akmasına imkan vermektedir.

Yine "Kingston polytechnic'in", AWT,türbininde olumsuz bölgeye yönelen hava akımları, "siper-kanatların", "merkez-açıları", bu yöne kapalı veya fazla eğimli durumda bulunduğundan, olumsuz bölgeden türbinin içerisine girememekte, bunların olumsuz (negatif-drag) etkisi önlenmektedir.

Keza, olumsuz bölgenin arkasında yer alan "siper- kanatların" eğimleri de giden akımların yönüne kısmen kapalı olduğundan, türbinin arkasında oluşan frenletici-vakum (negatif-lift) etkisi, yine türbinin içerisine geriden nüfuz edememekte fakat, bu etkiler bu defa olumlu çekme gücüne dönüşmektedir.

Türbin bu durumda gerçekten (olumlu-drag) ve (olumlu-lift) etkilerinden de yararlanmış bulunmaktadır.

Ayrıca "AWT" türbininin olumsuz bölgesinden, türbinin yan bölgesine yönelen hava akımları, türbinin projeksiyon kesiti dışından geçen hava akımlarını da saptırmakta, bunların oluşturduğu, ek olumlu-vakum gücü de türbinin tur ve gücü ile türbin verimini artırmaktadır.

**b) Yatay ve dūsey yoęunlařtırma (teksif) olanakları:**

AWT tūrbini, hava akımlarını bu řekilde dikey mile nazaran saęa ve sola doęru yōnlendirerek bir gūç artırma imkanı saęladıęı gibi, tūrbın kanatlarının bulunduęu konstrūksiyonun sahip bulunduęu "ters-havřalı" radyūslū yapısı nedeni ile hava akımlarının ařaęı ve yukarı doęru yōnlendirilerek bunların da sistem içine doęru yoęunlařtırılmasını saęlayan, altta ve ūstte iki ek "gūçlendirici-çember" ihtiva etmektedir. (**řekil:9, 12**)

Yatay yoęunlařtırma özellięi, "Gelibolu Modeli Rūzgar Tūrbınlerinde" de yer aldıęı halde, yukarı-ařaęı (dūsey) yoęunlařtırma uygulaması, Gelibolu modelinde yer almamaktadır:

Ancak, tūrbinin "etek çemberinin", alt ve ūstte benzer řekilde "ōzel-havřalı" olarak tasarımılandırılması ile, "Gelibolu modelinde" de bu özellięin kolayca kazandırılabilmesi mūmkūndūr.

**c) Yōnelme Bakımından Karşılaştırma:**

**"Kingston polytechnic'in, AWT", "gūç-artırım-kanatlı rūzgar tūrbininde", kendilięinden yōnelme özellięi kesinlikle bulunmamaktadır.**

**"Gelibolu Modeli ""Gūç-Artırım-Yōneltme-Kanatlı" Rūzgar Tūrbınlerinde" ise, en belirgin özellik, kendilięinden yōnelebilmesi yanında aynı zamanda, "Gūç-Artırımı" da (augmentation) yapabilme imkanına sahip bulunmasıdır.**

**d) Çok katlı üretilebilme bakımından:**

"AWT türbininin" çok katlı yapılabildiği, rüzgar tüneline test sırasında çekilen fotoğrafında görülmektedir. **(EK:3)** Çok katlılık, güç üretim avantajları yanında, "AWT türbinine" bazı ek güçlükler, özellikle zaten mevcut bulunan yöneltilme problemlerine, yöneltilmek ek ağırlıkların daha da artması ile ek sorunlar getirebilir.

**"Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinleri" de, üst üste çok katlı üretilebilecek şekilde ana konstrüksiyon özelliğine sahip bulunmakta ve üretim aşamaları bu şekilde planlanmaktadır.**

Çok katlı olarak üretilme, "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerine", AWT türbinine kıyasla ek aerodinamik ve mekanik yönden hiçbir zorluk getirmemektedir:

Çünkü, "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde", her kattaki kanat grubu, konstrüksiyon üzerinde kendi ayrı yataklama elemanlarına sahip bulunmakta ve bu kat gruplarının birbirinden tamamen bağımsız olarak ayrı ayrı kendiliğinden otomatik olarak "GAYK kanatlarla" yönelebilme özelliği mevcut bulunmaktadır.

Böylece, "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde", türbinin genel yönelmesinde değişme ve bozulmaya yol açmayacak bir yapısal özellik söz konusudur: Üretimleri de buna göre planlanmaktadır.

**e) Güç-kontrolü bakımından:**

**"Kingston polytechnic'in AWT, türbininde"** güç kontrolü, türbinin tur sayısının sabit tutulabilmesinin muhtelif metod ve şekillerde sağlanması suretiyle gerçekleştirilebilir.

Bu amaçla "AWT, türbininde" güç kontrolunda aşağıdaki yöntemlerin uygulanabileceği öngörülmektedir:

I) "mafsallı-kanat-siperlerinin", "merkez-açıları" ihtiyaca uygun şekilde ayarlanarak, AWT türbininin,

tur sayıları:

- ya değiştirilir,

- ya da, değişen rüzgar hızları karşısında türbin turunun

sabit tutulması sağlanabilir.

Ancak bu durumlarda AWT, türbinleri için uygulanması gereken bazı mekanik veya elektromekanik güçlükler mevcuttur.

ii) Türbin mili, fren mekanizmaları ile istenilen tura göre frenlenerek, türbin gücü sabit tutulabilir.

"Kingston polytechnic'in AWT, türbininde" bu uygulamalar, fren sistemlerinin kullanılmasına ve bunlarda gereksiz enerji sarfına ve ayrıca ek kumanda sistemleri üretimi zorunluğuna yol açar.

"Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde", ise karşılaştırmalı olarak, bu türbinin aerodinamik özellikleri nedeniyle, "aerodinamik-regülasyon-sistemi" ile yukarıdaki sorunlar kolayca çözülür:

"Gelibolu modeli" türbin, aerodinamik yapısı gereği, daima rüzgara karşı tam olarak yönelmektedir. (**Şekil:6**)

Bu durumda türbin, daima turunu en yüksek tura ulaştıracak şekilde hava akımlarına yol vermektedir: Türbini bu şekilde en yüksek (azami) tura ulaştırmak için hiçbir ek müdahale gerekmemektedir. Türbin keskin yönelmesi ile bu özelliği otomatikman sağlamaktadır.

Turun en yüksek olarak sağlanması türbin gücünün maksimize olması anlamını taşımamaktadır: Bu durumda değişik rüzgar hızlarında tur sayılarının düşürülmesi ile azami gücün yakalanması gerekmektedir.

Bu durumda, "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde", gereğinde, türbinin gücünü kontrol edebilmek, bir anlamda turu değil, gücü maksimize edebilmek için, sadece, türbinde kendiliğinden mükemmelen oluşan bu aerodinamik yönelmeyi, uygun açı derecelerine göre, pek az "derece miktarlarınca" bozmak, (bir anlamda türbin gücünü bir nevi kısmak) suretiyle, türbinin tur sayıları ile oynamak, böylece türbinin maksimum gücünü elde edebilmek için yeterli olmaktadır. (Şekil:4, 6, 10)

Türbinin bu aerodinamik olanağından yararlanarak "sabit üretim kapasiteli" rüzgar türbini üretimi durumunda, gücün sabit tutulabilmesi için, karşılaştırmalı olarak, daha basit (AWT türbin sistemine göre), bir otomatik kontrol sistemi ile güç ayarlaması yapılması mümkündür.

Söz konusu otomatik kontrol sistemi ile, rüzgar hızının tespiti, dolayısı ile rüzgar gücünün hesaplanması, ayrıca şebekenin güç ihtiyacının algılanması ve şebekeye güç takviyesi gereğinin belirlenmesi yeterli olduğu gibi, gereğinde üreticinin güç üretimi sırasında tur sayısının sabit tutulması da takip edilebilir.

Bu parametreler dikkate alınarak bir servomotor sistemi ile "Güç-Artırım-Yöneltilme-Kanatlarının" (GAYK), ana eksen etrafındaki pozisyonunun sadece birkaç derece

olmak üzere "bir nevi kısılması" (=yönelme açılarının istem dahilinde bozdurulması), gerekli güç ayarlaması için yeterli olmaktadır.

Ek güce ihtiyaç olması durumunda ise, kanatların kendi halinde rüzgara tam yönelebilmeleri için, serbest bırakılması yeterli olacaktır. Çünkü bu durumda, GAYK kanatlar azami güce veya ihtiyaç olan güce erişebilme gereğini ayarlayabilmek üzere, (yapılacak bir nevi kısma ve açmalara imkan vermek üzere) derhal kendiliğinden azami tur sayısına erişecektir.

Bu kompanzasyon, güç artırımı ihtiyacının doğması durumunda, havanın kendi gücü ile (sadece saniyenin zaman-kesirleri içerisinde), kendiliğinden (aerodinamik olarak) gerçekleşirken, gücün kısılması ihtiyacı doğması durumunda ise, bu amaçla, GAYK Kanatlarını "kısma" yönünde hareket ettiren "servo-kontrollü elektronik sistemler" ile gerçekleştirilebilir.

Aerodinamik yapısından da yararlanarak sağlanan bu, "Güç kısma ve açma özelliği", "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinin" büyük bir avantajı olarak, türbinin özellikleri arasında yer almaktadır.

**f) Büyük güçlerde üretilebilme bakımından:**

Söz konusu "Kingston polytechnic, AWT", türbininin, literatürde yer alan açıklamalarında "yüksek performans" sahip bulunduğu, ufak ebadlı türbinin, akü şarjı amaçlı olarak kullanılabileceği gibi, büyük boyutlarda "Megawat" veya "Multimegawat" güçlerinde de üretilebileceği, şebeke ile bağlantılı olarak, sabit hızlı ve sabit güçlü elektrik üreten türbinler halinde kullanılabileceği belirtilmektedir.

**(EK:3)**

- I) "Yukarı-aşağı-teksif" (Dikey yoğunlaştırma) özelliği de kazandırılmak kaydıyla, yukarıda belirtilen tüm olumlu özellikler, AWT'de mevcut olduğu haliyle, aynen "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde" de geçerlidir.
- ii) "Gelibolu Modelinin" konstrüksiyon yapısı, istenilen çapta ve yükseklikte (çok-katlı) üretilmeye daha da uygundur. Türbinin "projeksiyon kesit alanı" arttıkça, -yöresel rüzgar özelliklerine göre- sağlanacak gücün de artması doğal olarak beklenir.
- iii) "AWT türünde", büyük güçlü türbinlerin üretiminde, türbini yöneltme ve güç-regülasyonu problemleri ile, türbin konstrüksiyonu problemleri, türbinler büyüdükçe daha da artan zorluklar ortaya çıkaracak durumda görülmektedir.

**"Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinde", ise:**

- Rüzgara karşı yönelme, her kat için bağımsız olup, tam otomatiktir.
- Gerektiğinde sadece "kısılma" (=güç regülasyonu) sağlanması için, basit bir servo-kontrol sistemi kullanılması yeterli olabilecektir.
- Çok aşırı rüzgar hızlarında türbinin, (cut- out)'a "=kesime" gitmesi, yani hiç dönemez hale getirilmesi son derece kolaydır:

Bunun için, "Güç-Artırım-Yöneltme-Kanatlarının", "GAYK" kanatların sahip olduğu tek yönelme açısının bilerek bozdurulması ile, kanat turları istenilen oranda azaltılabileceği gibi, kanatlar istenirse hiç dönemez hale de getirilebilmektedir:

Bu durum, tamamen "**Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinin**", aerodinamik özellikleri nedeniyle sağlanabilmektedir.

### **SONUÇ-7: "Sosyo-ekonomik" Katkı Olasılıkları:**

"Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinlerinin", "güç-artırımı ve yönlendirme özellikleri bakımından, sağladığı teknik geliştirme aşaması nedeniyle, bu türbinlerin uygulamalarının giderek yaygınlaşabileceği, ekonomik yararları nedeniyle, türbin maliyetlerinin ekonomiye daha kısa sürede geri ödenmesini sağlayabileceği, ülke rüzgar enerjisi teknik ve ekonomik potansiyelinin daha yüksek eşdeğer verimle ve daha yüksek ulusal sosyo-ekonomik bedelle değerlendirilmesine imkan sağlayabilecek şekilde, bu teknikle seri üretim seviyesine kısa sürede erişebileceği, sonuç olarak öngörülmektedir:

**a) Ülkemizin çok yüksek bir rüzgar enerjisi potansiyeli mevcuttur:** (Yüzlerce milyar kwh elektrik enerjisi eşdeğerinde). Ülkemizin üzerinden, her yıl yüzlerce Trilyon Türk Lirası eşdeğerindeki elektrik enerjisi üretme gücüne sahip olan hava akımları, boşa akıp gitmektedir. (**Şener, 1986**)

Birçok ülke bu konuda son on yıllarda hızla bilinçlenmiş, ulusal enerji ihtiyaçlarının dikkate değer yüzdelerini rüzgar enerjisinden sağlamak yönünde ciddi planlamalar yapmaya ve bunları uygulamaya başlamışlardır. (**EWEA, 1991**)

**Türkiye**, rüzgar enerjisi bakımından dünyanın sayılı **şanslı** bölgeleri içerisinde. (**3. GENEL ENERJİ KONGRESİ, 1977**)

**DMİ verilerine göre**, üç tarafı denizlerle çevrili olan Ülkemiz, aynı zamanda kıtalararası alçak ve yüksek basınç merkezlerinin ve güçlü rüzgar cephe sistemlerinin etkilerinde bulunmaktadır.

Ülkemiz aynı zamanda, birçok Avrupa Ülkesine oranla çok geniş bir yüzölçümüne sahip bulunmaktadır.

Ülkelerin rüzgar enerjisi potansiyelleri ve yüzölçümleri dikkate alındığında, daha az şanslı durumda bulunan pek çok ülke, bu önemli doğal enerji kaynağının, stratejik ekonomik değerini çok ciddi şekilde algılayabilmiş ve ondan yararlanmak üzere planlı uygulama ve araştırmalara yönelmiştir. **(EWEA, 1991)**

### **Ülkemizin Rüzgar Enerjisi Ekonomik Potansiyeli hakkında Veriler, Varsayımlar, Parametreler (Özet:)**

Ülkemizin, "derhal erişilebilir durumdaki" net-ekonomik rüzgar enerjisi potansiyelinin, "elektrik-enerjisi-eşdeğeri-ekonomik bedeli karşılığının", 1994 yılı rakamları ve en olumsuz değerlendirmelerle yıllık minimum 46 Trilyon TL. ve ortalama değerlendirmelerle de yaklaşık 395 Trilyon TL., meblağları arasında bulunabileceği hesaplanmaktadır. Diğer bazı ülkelerde uygulandığı gibi, daha yüksek (50-100 m'lik) türbinlerin kurulabileceğinin varsayılması durumunda ise, üretilebilecek "net-ekonomik" rüzgar-elektrik potansiyelinin, (sadece eşdeğer elektrik fatura bedel karşılığı olarak) 1,1 Katrilyon TL.'nin üzerinde olabileceği hesaplanabilmektedir.

Bu değerlendirmelerde, "en olumlu" senaryo alternatifleri, sonuçları burada verilmemektedir. Ayrıca, rüzgar türbinlerinde giderek gelişen verim teknolojisinin, bu değerli kaynağı giderek daha yüksek oranlarda elektrik enerjisine dönüştürebilmekte olduğu ve böyle bir artırma olanağının bir sınıra kadar daima mevcut olabileceği

inkar edilemeyeceği halde türbinlerin teknik verimleri sadece bilinen bazı makul değerlerde alınmıştır.

Ekonomik kaynaklarımızdan, rüzgar türbinlerinin üretimine yöneltilecek tüm kaynakların, **sadece birkaç yılda**, topluma milli gelir ve istihdam artışı olarak **geri dönebileceğini** savunmaktayız. Ayrıca, türbinlerin 15-20 yıla varan ömürleri içerisinde, bu toplumsal fayda üretimi, ilk geri-ödemeden sonra katlanarak sürebilecektir.

Yeni meteorolojik araştırmaların ortaya koymakta olduğu ek bulgular ve **daha gerçekçi** veriler ve aşağıda kısaca verilen **parametreler** ile, yukarıda belirtilen ekonomik potansiyelin daha da aşılabileceği öngörülmektedir:

Yeni Meteorolojik verilerin sağlanması ile ilgili araştırmalar, Ülkemizde çok daha elverişli rüzgar bölgelerinin varlığını ortaya çıkarmaktadır.

### **Parametreler:**

- i) **"Arazi-Kullanım-Oranı"**= Uygun arazilerin yüzölçümlerinin yüzde dokuzu ile yüzde 35'i (parametre değerleri) arasında, rüzgar türbinleri çiftliklerinin kurularak yararlanılması kaydıyla,
- ii) **"Kurma-Sıklığı"**= Kurulacak türbinlerin beher metrekare kanat tarama projeksiyon kesit alanı karşılığında, uygun arazilerden 40 ila 250 metrekare (parametre değerleri), sahanın bu işe tahsis edilecek şekilde arazi parçası bırakıldığı varsayımı ile,

- iii) **Kapasite Faktörü**= Türbinlerin yılda, yüzde 5 ila yüzde 35 ( $K=0,05 - 0,35$ ) (parametre değerleri) arasındaki kapasite faktörü değerleri ile çalışabileceği uygun yörelerde rüzgar türbin çiftliklerinin kurulması halinde,
- iv) **Türbin Tesis Yüksekliği**= Türbinlerin yerden yaklaşık 30 metre (parametre değeri) kule yüksekliğinde kurulması durumunda,
- v) **Elektriksel Performans**= Kurulacak türbinlerin teknik elektriksel verimlerinin, minimum yüzde 9 ila ortalama yüzde 37,7 değerleri arasında (parametre değerleri) bulunması durumunda,
- vi) **Kurma Yerleri**= Türbinlerin, yurdumuzun **DMİ ve EİE** kuruluşları tarafından belirlenen en iyi rüzgar verilerine sahip, öncelikli yöreler gruplarından başlayarak kurulmaları durumunda, yukarıda belirtilen eşdeğer elektrik enerjisi bedellerinin elde edilebileceği bilgisayar hesaplamalarında bulunmaktadır.

Söz konusu enerjinin, söz konusu senaryolar ile, Ülkemizde her yıl rüzgardan elde edilebileceği öngörülmektedir.

Hesaplama kullanılan veriler, parametreler ve bulunan sonuçlar, ilgili ekiplerle bazı bilimsel tartışma ortamlarında zaman zaman sunulmakta olup, burada sadece raporumuzu ilgilendirdiği yönü itibarıyla özet şeklinde verilmiştir.

- b) Beher kilowatsaat (kwh) elektrik enerjisi, üretim kaynaklarına bağlı olarak değişen, yaklaşık "3 ila 10 cent" arasında bir ekonomik değere sahip olmakla beraber, ekonomiye tahsis edilen ve sanayide kullanılan, beher (kwh) elektrik

enerjisinin, makroekonomik düzeyde (1,00 ila 1,50 ABD Doları) arasında ek milli gelir ve istihdam artışı ve dolayısıyla refah artışına yol açtığı bilinmektedir: **(Kaynak:DPT)**

Buna göre, her 100 trilyon TL'lik elektrik faturası eşdeğerinde elektrik enerjisinin, toplumumuzda, kabaca 1 - 3 Katrilyon TL. arasında, eşdeğer ek milli gelir ve refah artışı (milli gelir-istihdam artışı) katma değeri sağlaması olasılığının bulunabileceği öngörülebilir.

Böylece, sonuç olarak, rüzgar enerjisinin, net türbin verimlerinin artması ve rüzgar ekonomik potansiyelinin gerçek büyüklüğünün tespitindeki doğruluğun artışları oranında, milli gelirdeki gerçek artış katkısının, sadece eşdeğer elektrik fatura bedelinin pekçok katından fazla artış sağlayacağı hesaplanabilir ve tartışılabilir.

c) Örneğin, rüzgar türbinlerinde sağlanabilecek teknik gelişmeler sonucunda,

i) türbin teknik verimliliğinde, **sadece beher puanlık (yüzde bir)** artış, ile, ve,

ii) türbin kullanım - kapasite faktöründeki **beher puanlık (yüzde bir)** artış, gerçekleştirilebildiği takdirde, sadece bu, **birer puanlık teknik başarının sağladığı ekonomik eşdeğer katkı artışının bile, yüzlerce Milyar Türk Lirası elektrik bedeline tekabül ettiği hesaplanmaktadır:**

Bu gerçeklerden hareketle, bu tür teknik gelişmeler için tahsis edilecek araştırma kaynak ve bütçelerinin, sağlanacak teknik verim artışlarının ve bunun eşdeğeri olacak olan, sosyo-ekonomik yararlarının yanında fevkalade küçük oranda kalmakta olduğu sonucuna varılmaktadır:

Bunun doğal sonucu olarak, başarıya ulaşma ümidi ve üretim olanağı olan araştırma çalışmalarına tahsis edilecek kaynakların, Ülke için, ileride muhtemelen son derece verimli yatırımlara dönüşebileceği de önemle dikkate alınmalıdır:

Sonuç olarak, araştırmanın karşılığını toplum, yüzlerce kat fazlası ile kısa sürede geri kazanmaktadır. Batı ülkelerinde "Risk-sermayesi" (=joint venture) uygulamalarında, tahsis edilen kaynakların, topluma geri ödenme oranı, bazı dallarda bunun da üzerinde bulunmaktadır.

### **SONUÇ-8: Kapasite Faktörü Artış Etkisi:**

"Gelibolu-Modeli rüzgar türbini, "cut-in" (=ilk hareket) hızı ve "cut-out (=kesim hızları) arasındaki "Çalışma- bölgesi" -hız aralığını- genişleten bir teknik özellikte bulunduğundan, yöresel meteorolojik özelliklere göre, klasik türbinlerin "Kapasite Faktörleri" ile karşılaştırmalı olarak, kullanım kapasitesinde haklı ve önemli bir artış beklentisine sahip olma ve bunu sağlama durumundadır:

Düşük kapasite faktörüne (=K) sahip, rüzgar türbinleri, yılın 8760 saatinin ancak daha az süreli bir kısmında tam güçte faal durumda bulunabilmektedirler:

"Gelibolu Modeli rüzgar türbininin", yapısal ve teknik özellikleri nedeni ile, diğer türbinler için çok düşük sayılabilecek rüzgar hızlarında (cut-in), ilk harekete geçebildiği belirlenmiştir.

Yine birçok türbinin aşırı hız sebebiyle frenlenmesini, ya da "kesimini" (=cut-out) gerektiren rüzgar hızlarında, normal faaliyetini sürdürmeye -hacimsel konstrüksiyon

yapısının uygunluğu ve aerodinamik mükemmel regülasyon kabiliyeti nedeni ile devam edebilmektedir:

Böylece, yıl içinde -yöresel rüzgar potansiyeline göre- türbinin aerodinamik özelliklerinin bir sonucu olarak, karşılaştırmalı şekilde, daha fazla zaman süresince çalışabilme imkanına sahip bulunacağından, türbinin daha uzun süre tam güçte faal durumda bulunması ve böylece daha fazla enerji çıktısı üretmesi beklenir:

Örnek olarak, meteorolojik verilere göre, Çanakkale'de yılda 3600 saatin üzerinde "fırtınalı saat" süresi (yılın % 41'i) mevcut bulunduğu bilinmektedir:

"Gelibolu türbini", ilk hareketi için, "fırtına hızını" gerektirmediği gibi, aşırı fırtınalarda, diğer türbinlerin üretimi kestikleri "kesme (cut-out) hızında" dahi, normal şekilde enerji üretimini sürdürebilmektedir.

Yüksek hızlarda oluşacak aşırı rüzgar gücü, önceki bölümlerde açıklandığı şekilde, ya aynen enerjiye dönüştürülebilir veya basit aerodinamik regülasyon sistemi ile kısıtlanarak sınırlandırılabilir. Örnekte görüldüğü üzere sadece "fırtınalı saatlerin oranı" %41 olduğu halde, kapasite faktörü, "cut-in", "cut-out" hızları arasındaki aralıkta değişik rüzgar hızlarına sahip olan sürede, yukarıda açıklanan şekilde sürdürülebilir üretime göre, Kapasite faktörü, ( $K = \%41$ )'in de üzerinde, elde edilebilecektir.

### **Proje Sonuçları İle İlgili Karşılaştırmalar:**

Projede, söz konusu türbinin orijinal tasarımını oluşturan, "Güç-Artırım-Yöneltme-Kanatlarının" (=GAYK) uygulanması ile ilgili karşılaştırmalı sonuçlar, bu kanatların

türbinde kullanılması durumunda, açık, belirgin, olumlu katkılar oluştuğunu ortaya koymuştur. (Tablo:2, 3, 4)

i) "Güç-Artırım-Yöneltme-Kanatlarının" uygulanması, aerodinamik, mekanik ve test uygulama şartları açısından, hemen hiçbir güçlük ortaya çıkarmamıştır. Proje öncesinden beri ve proje içinde de bu GAYK kanatlardan beklenen olumlu fonksiyonlar, eksiksiz yerine gelmiştir.

ii) "Güç-Artırım-Yöneltme-Kanatlarının", "Gelibolu Modeli" rüzgar türbinlerinde, "güç-üretim-kanatları" ile kombine halde çalıştırılmasının, -bir önceki maddede sıralanan, "solidity-uyumsuzluğu" gibi tüm olumsuz şartların ortaya çıkmasına rağmen-, açık ve net şekilde, büyük oranda tur, güç ve verim artışlarını sağlamakta olduğu, karşılaştırmalı şekilde belirlenmiştir. Bu GAYK kanatların, türbin ile ilgili hemen her geometrik türdeki "güç-kanatları" ile birlikte uygulanmasından oluşan ek katkıları ve üretilen gücü artırmadaki olumlu etkisi, belirgin olarak tespit edilmiştir. (Tablo:2, 3), (Şekil:5)

iii) Projede, "güç-üretim-kanatlarının" en ideal şekillerinin belirlenip, bunların üretilmesi ve "Güç- Artırım-Yöneltme-Kanatları" (GAYK) ile kombine olarak çalıştırılması, projenin esas zaman alıcı kısmını oluşturmuştur.

Bu amaçla, önceki bölümlerde belirtildiği üzere, literatürde yer alan "Savonius", "Darrieus" türü kanatlar üretildiği gibi, bu gruplara da girebilecek olan veya daha değişik profil kesitlerindeki "güç-üretim-kanatları" da proje içerisinde tasarlanmış ve üretilmiştir.

Üretilen tüm kanatlar önce bu "yalın" halleri ile kendi başlarına sağlayabildikleri tür, güç ve verim açılarından test ve analiz edildiği gibi, "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbininin", "Güç-Artırım-Yönelme-Kanatları" (GAYK) ile de kombine edilmek suretiyle tekrar denenmişlerdir. (Şekil:5)

## **B- PROJE SONUÇLARININ SAĞLAYACAĞI KATKILAR:**

### **1) Sonuçların Bilime Katkısı İmkani:**

"Gelibolu Modeli Rüzgar türbinlerinde" verimlilik parametrelerinin araştırılması, rüzgar teknolojisinde henüz yeni, pek bilinmeyen ve az uygulama alanı olan, buna mukabil verim yönünden gelecekte daha ümit verici bulunan, "Güç-Artırım- Kanatlı" rüzgar türbinleri (augmented wind turbines) arasında, aynı zamanda, "yönlendirici" özelliğe de sahip olan ilk modelinin (Gelibolu Modeli Rüzgar türbinlerinin) geliştirilmesinde bir yenilik teşkil etmiştir.

**Bu bakımdan TÜBİTAK'ın desteklemiş bulunduğu bu proje, bu teknoloji dalında dünyada, bu türde ilk "yönelmeli" türbinin bilimsel testleri ile ilgili uygulamaları gerçekleştirmiştir.**

Projenin orijinalliğini teşkil eden "Güç-Artırım-Yönelme- Kanatları", her ne kadar projeye veri olarak katılmış, projenin temel parametrelerini teşkil etmiş ve türbin modellerinin üretimleri buna göre gerçekleştirilmiş ise de, türbinde esas "güç-üretim-kanatları" olarak kullanılan, dünyada mevcut ticari uygulamaları literatürde yer alan, belli başlı "güç-üretim- kanatları" da (Darrieus, Savonius, vb.) proje kapsamında üretilmiştir.

Dünyada, artan rüzgar enerjisi uygulamaları ve gelişen rüzgar türbin teknolojileri açısından, Türkiye'nin TÜBİTAK Başkanlığı aracılığı, bu dalda atılım sayılabilecek böyle bir projeyi gerçekleştirmesi, en azından, tartışmaya değerilecek bir önemde olmakla birlikte, uygulamaların temel bilimlerle içiçe yer aldığı gerçeğinin ışığı altında, önümüzdeki dönemlerde projemizin sonuçlarını daha da geliştirecek ve değerlendirecek olan, aşağıdaki temel bilimlerle ilgili araştırma, analiz ve değerlendirmelerin, hızla ve detaylı bir şekilde başlatılmasının da bir zorunluk olduğu düşünülmektedir:

- a) "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbinleri" ile ilgili bu proje sonuçlarını daha da derinleştirecek şekilde ve bulguları bilimsel alt yapıları ile de desteklemek üzere, aerodinamik, akışkan fiziği, akış analizleri, simülasyon, mekanik, dayanım, verim analizleri, verim ölçümü metodlarının modele göre hazırlanması, ileri kompozit malzemeler, maliyet analizleri gibi konuların etüdü de, ilgili bilim çevrelerince detaylı şekilde yapılmalıdır.

Bazı konu adları, spesifik başlıklar şeklinde, "öneriler bölümünde" belirtilmeye çalışılacaktır:

Bunların herbirinin yeni orijinal birer master veya doktora tezi halinde değerlendirilebileceği Üniversite yetkililerimizce ifade edilmiştir.

- b) Türbinlerin, teknik fizibiliteleri, rüzgar enerjisi potansiyelimize katkı olanakları, muhtemel kapasite faktörleri ile, türbinlerin seri halde üretilmeleri durumunda oluşturabilecekleri iş sahaları ve istihdam olanakları, muhtemel enerji katkısı, bu enerjinin sağlayabileceği eşdeğer milli gelir artışı ve refah artışı katkıları,

diğer sosyoekonomik yararları, ölkemiz açısından ihracat olanakları, lisans gelirleri katkısı vb.konular da, yine bilim çevrelerince tartışmalı olarak değerlendirilmelidir.

## **2) Sonuçların uygulamalara katkı olanakları:**

Yaklaşık 12 yıldır, 12 kadar, muhtelif boylarda modelleri üretilmiş olan "Gelibolu Modeli Rüzgar Türbininin", TÜBİTAK'ın bu projesi içerisinde, iki adet "yarı-profesyonel" üretim kalitesinde türbin modelinin üretiminin gerçekleştirilmesi sağlanmış bulunmaktadır.

Proje kapsamındaki model üretim çalışmaları sırasında, tasarlanan modellerin üretilebilirliğini, sanayimizin imkanları içerisinde daha yakından tespit etme imkanı doğmuştur.

Üniversitelerimizin temel bilimlerdeki katkısı ile, sanayimizin pratik üretim ve uygulama imkanlarının, ileride geliştirilmesi gereken ideal işbirliği içinde bir araya gelmesi beklenmektedir. Projemizde, bu "birlikteliğin" halen, birçok bakımlardan maalesef yeterince oluşmadığını bu örnek olayımızda karşılaştığımız bazı tecrübelerle belirlemiş bulunmaktayız.

Böylece, "Gelibolu Modeli" rüzgar türbinlerinin prototiplerinin üretimleri, Üniversite-sanayi işbirliği sırasında oluşan bazı uygulama aksaklıklarının tespiti bakımından ilginç bir örnek olay teşkil etmiştir:

Üniversitelerimizde ve sanayi kesimimizde karşılaşılan bazı sorunlarımıza rağmen, sonuçta vardığımız kanı, buluş ve geliştirmelere dayanan proje çalışmalarında,

