



Rüzgar Enerjisi Sektörü ve Kompozit Dünyasında Türbin Kanadı

28.09.2017

4. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi

Efe Bek – Eğitim Merkezi Yöneticisi

Nur Karaşahin – Ar-Ge Proje Planlama ve Teknoloji Yönetim Sorumlusu

tpi COMPOSITES



SUNU PLANI

- TPI KOMPOZİT TANITIM
- RÜZGAR TÜRBİNLERİ – TARİHÇE
- RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ
- RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ
- KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI
- RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI
- RÜZGAR TÜRBİN KANATLARINDA SON TESTLER



TPI KOMPOZİT



Kilometre taşları

- ➔ 1968 yılında Tillotson Pearson Inc. adıyla, yelkenli ve sürat teknesi üretmek üzere kuruldu.
- ➔ 2001 yılında ilk 100 kanadını Rhode Island'da Mitsubishi Heavy Industries (MHI) için üretti.
- ➔ 2007 yılında GE Wind kanatlarını Newton, Iowa'da üretmeye başladı.
- ➔ 2012'de kapasite artışları gerçekleştirildi ve Gamesa, Nordex, Acciona kanatlarını Türkiye de dahil olmak üzere üretmeye başladı.



TPI KOMPOZİT



Kilometre taşları

- ➔ 2014'te Vestas'la anlaşma yaparak, Çin'de rüzgar santrali V110 kanatlarını üretmeye başladı.
- ➔ 2016'da Vestas'la anlaşma yaparak, Türkiye Menemen'de V126 rüzgar santrali kanatlarını üretmeye başladı.
- ➔ 2017 yılında Türkiye Sasalı'da NX 65.5 m kanatlarını üretmeye başladı.
- ➔ 2018 yılında Gamesa ile anlaşma yapmış, Türkiye Menemen Fabrika'da üretime başlanacaktır.

TPI KOMPOZİT

- GLOBAL LOKASYONLAR



TPI KOMPOZİT

- İZMİR TPI FABRİKASI

- TPI Türkiye Alke İnşaat ortaklı olarak Mart 2012'de üretimine başlamıştır.
- İlk kanatlar müşteriye Temmuz 2012'de gönderilmiştir.



TPI KOMPOZİT – SASALI FABRİKA



TPI KOMPOZİT – MENEMEN İZBAŞ FABRİKA



TPI KOMPOZİT TÜRKİYE AR-GE MERKEZİ

- Mart 2017 itibariyle Ar-Ge Merkezi belgesi
- Özellikle son 2 yıl içinde giderek hızlanan şekilde özgün üretim metotların geliştirilmesi ve Ar-Ge içeriğinin zenginleşmesi
- Çetin rekabet ortamında, süreç, kalite ve ürün iyileştirme ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi ihtiyacının sürekli artması
- Sektörün nispeten yeni bir alan olması, insan emeğine dayalı operasyonlardan otomasyona geçiş ihtiyacı

TPI KOMPOZİT TÜRKİYE AR-GE MERKEZİ

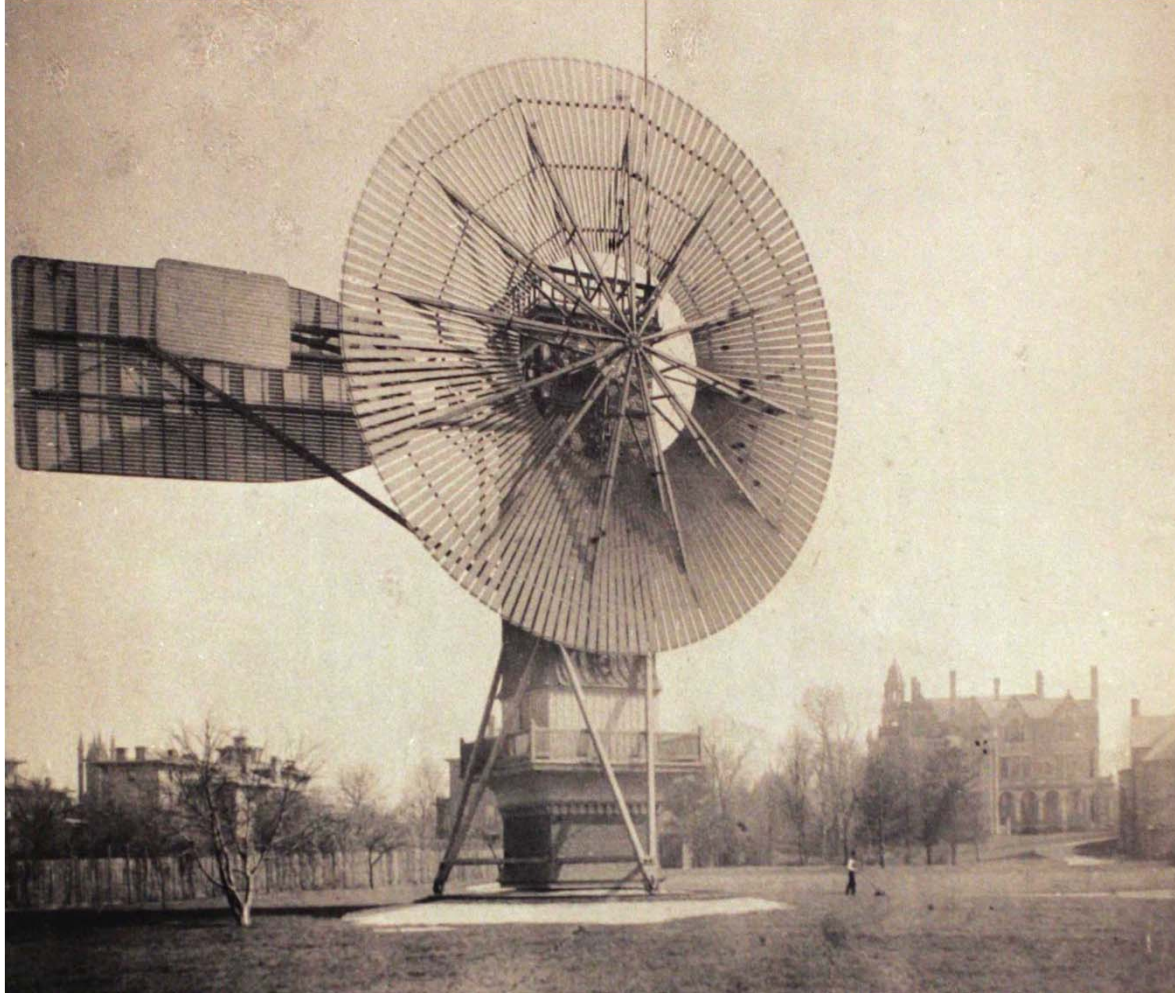
- Türkiye'nin rüzgar enerjisi sektöründe ürün ve teknoloji geliştiren bir sanayiye sahip olma vizyonu
- Alanında uzman, yetişmiş işgücü ihtiyacı
- TPI bünyesinde ve müşterilerle yürütülmekte ve/veya planlanan büyük çaplı bazı Ar-Ge projelerinin Türkiye'ye çekilebilmesi için bir cazibe merkezi oluşturma vizyonu
- Özgün ve daha yüksek katma değerli ürünlerin geliştirilmesi ile üretimden satış ve ihracat potansiyelini arttırmak

TPI KOMPOZİT TÜRKİYE AR-GE MERKEZİ

FAALİYET ALANLARI

- Özgün cihaz-ekipmanların tasarımı,
- Özgün üretim süreçlerinin tasarımı ve geliştirilmesi,
- Rekabetçilik seviyesinin korunması ve arttırılmasına yönelik yenilikçi iyileştirme faaliyetleri,
- Hammadde, sarf malzeme yerlileştirme ve geliştirme faaliyetleri,
- Türbin üreticisi firmalarla birlikte ürünün üretilebilirliğini iyileştirmeye yönelik çalışmalar,
olarak özetlenebilir.

RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE



1887 yılında,
Ohio/US'te Charles F.
Brush tarafından
kurulan, 12 kw güç
üreten, 17 metre rotor
çapı olan, ahşap
yapılı rüzgar türbini

RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

Askov-Danimarka'da Teknik Yüksek Okulu'nda rüzgar türbinleri üzerine ders veren Poul la Cour'un 1904 yılı sınıfı ve test amaçlı kurulan türbinler



RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

SMITH-PUTNAM 1250-kW WIND TURBINE 1941-1945

WORLD'S FIRST MEGAWATT - SIZE WIND TURBINE

THIS WIND TURBINE WAS CONCEIVED BY PALMER C. PUTNAM. THE DESIGN, CONSTRUCTION, OPERATION, & TESTING WAS SPONSORED BY BEAUCHAMP E. SMITH, PRESIDENT OF THE S. MORGAN SMITH CO. OF YORK, PENNSYLVANIA, AND MANAGED BY MR. PUTNAM. IT WAS ERECTED ON GRANDPA'S KNOB NEAR RUTLAND, VERMONT IN 1941. FIRST ROTATION BY THE WIND WAS ON AUGUST 29, 1941, AND THE FIRST SYNCHRONIZATION TO THE ELECTRICAL NETWORK OF THE CENTRAL VERMONT PUBLIC SERVICE CORPORATION OCCURRED ON OCTOBER 10, 1941.

OPERATION & TEST DURING WW II WAS HAMPERED BY TECHNICAL PROBLEMS AND A SEVERE SHORTAGE OF PARTS. NONE THE LESS, IT RAN 1150 HOURS FROM 1941 TO 1945

ON MARCH 26, 1941 A ROTOR BLADE BROKE OFF. THIS FAILURE PROMPTED A REVIEW OF THE ENTIRE PROJECT.

IN 1945, COAL, OIL, & GAS WERE ABUNDANT AND CHEAP. TO DEVELOP COST COMPETITIVE WIND TURBINES WOULD HAVE REQUIRED FAR MORE MONEY THAN THE S. MORGAN SMITH CO. COULD AFFORD. THEREFORE, IN NOVEMBER 1945 THE PROJECT WAS RELUCTANTLY ABANDONED.

THIS WIND-TURBINE MADE VERY IMPORTANT CONTRIBUTIONS:

- IT WAS THE WORLD'S FIRST SUCCESSFUL MEGAWATT SIZE WIND TURBINE
- IT PROVED WIND TURBINES CAN BE USED IN UTILITY NETWORKS AS SUPPLEMENTAL POWER SOURCES
- IT ESTABLISHED THE COST-EFFECTIVE SIZE AND CONFIGURATION

TECHNICAL DATA

- ROTOR
- 175 ft DIAMETER
 - 3 BLADES EACH HINGED NEAR AXIS
 - RECTANGULAR PLANFORM
 - NACA 4419 AIRFOIL
 - 9° BLADE TWIST
 - ROTATIONAL SPEED: 28.7 rpm
 - FULL SPAN BLADE PITCH CONTROL
 - ROTOR AXIS TILT: 12.5°
 - AXIS HEIGHT: 125 ft
 - DOWNWIND LOCATION
- SPEED INCREASER
- TYPE: 2 STAGE GEAR TRANSMISSION
 - RATIO: 20:1
 - PARALLEL SHAFT CONFIGURATION
 - FLUID COUPLING ON HIGH SPEED SHAFT
- GENERATOR
- SYNCHRONOUS A.C. 60 HERTZ
 - 1250 kW RATING
 - 600 rpm
 - 2400 V
- TOWER
- TYPE: TRUSS
 - HEIGHT: 107 ft
- OPERATING CHARACTERISTICS
- CUT-IN WIND SPEED: 16 mph
 - RATED WIND SPEED: 34 mph
 - CUT-OUT WIND SPEED: 60 mph
 - TOTAL OPERATING TIME: 1150 hr
 - TOTAL ENERGY PRODUCED: 360 MWH

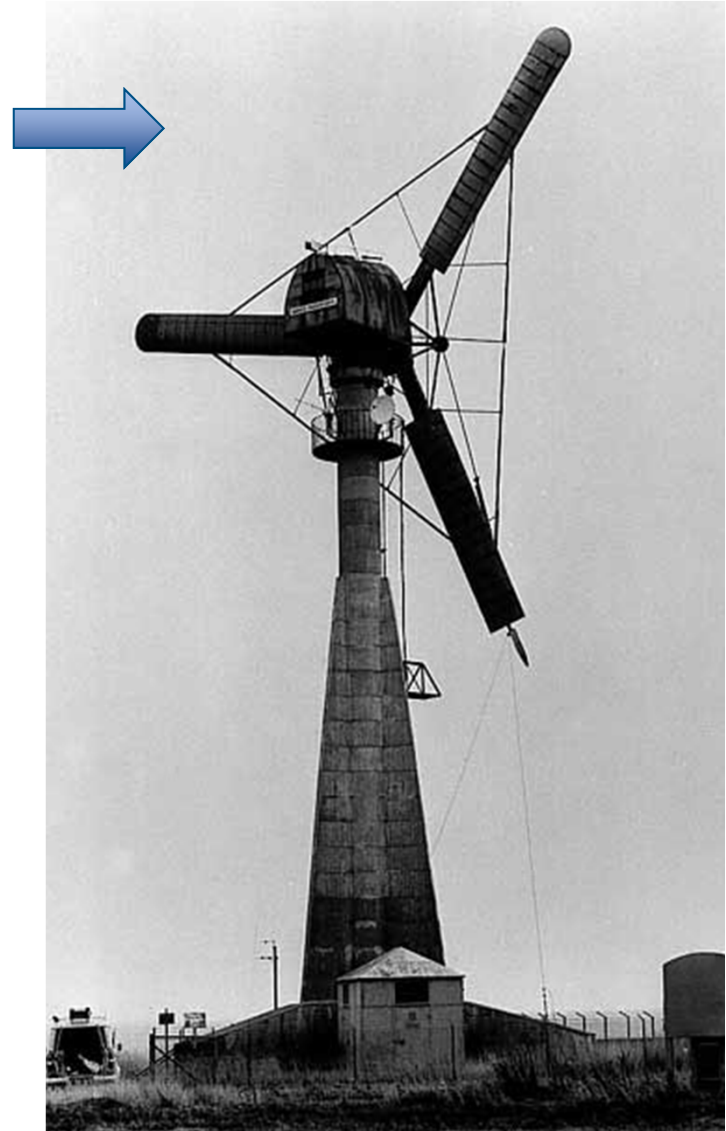
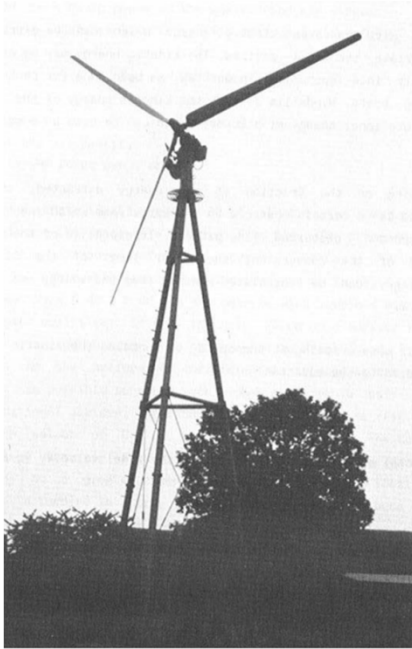
1941 yılında Vermont, ABD'DE Palmer C. Putman, J.B. Wilbur VE S. Morgan Smith tarafından kurulan, 1.250 kW güç üreten, rotor çapı 53 metre olan, 2 adet paslanmaz çelik kanada sahip rüzgar türbini



RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

1956 yılında Gedser, Danimarka'da Johannes JUUL tarafından kurulan, 200 kW güç üreten, asenkron jeneratörlü rüzgar türbini

1957 yılında Ulrich Hutter tarafından Almanya'da kurulan 2 ve 3 kanatlı türbinler



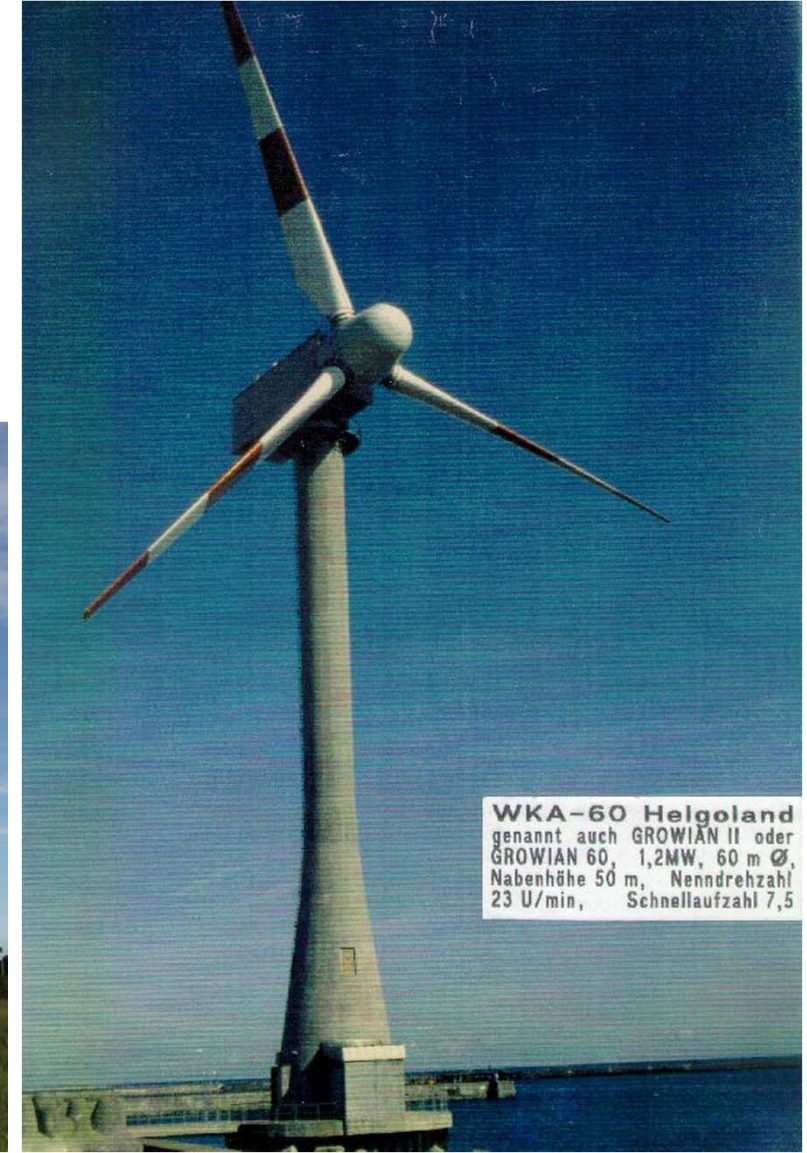
RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

Neg Micon firmasının ürettiği 55 kW'lık türbinlerden 1000 adedi 1985 yılında Kaliforniya, Palm Springs kıyılarına kuruldu. Aynı türbinler daha küçük sayılarda Ebeltoft, Danimarka'da da kuruldu.

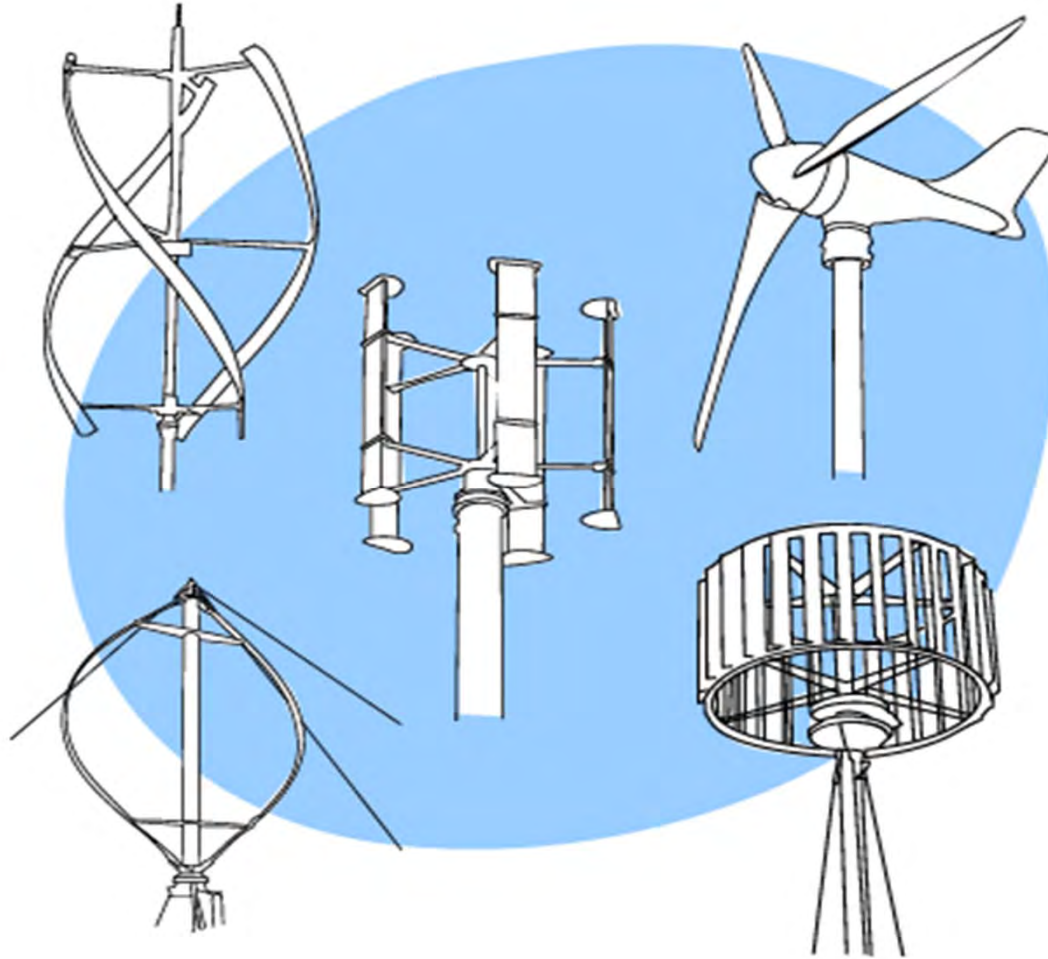


RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

1990 yılında Helgoland, Almanya'da WKA firması tarafından kurulan, 1.200 kW güç üreten, 60 metre rotor çaplı, 50 metre yüksekliğinde beton kuleli rüzgar türbini



RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE



HAWT: Yatay eksenli
rüzgar türbini

VAWT: Dikey eksenli
rüzgar türbini

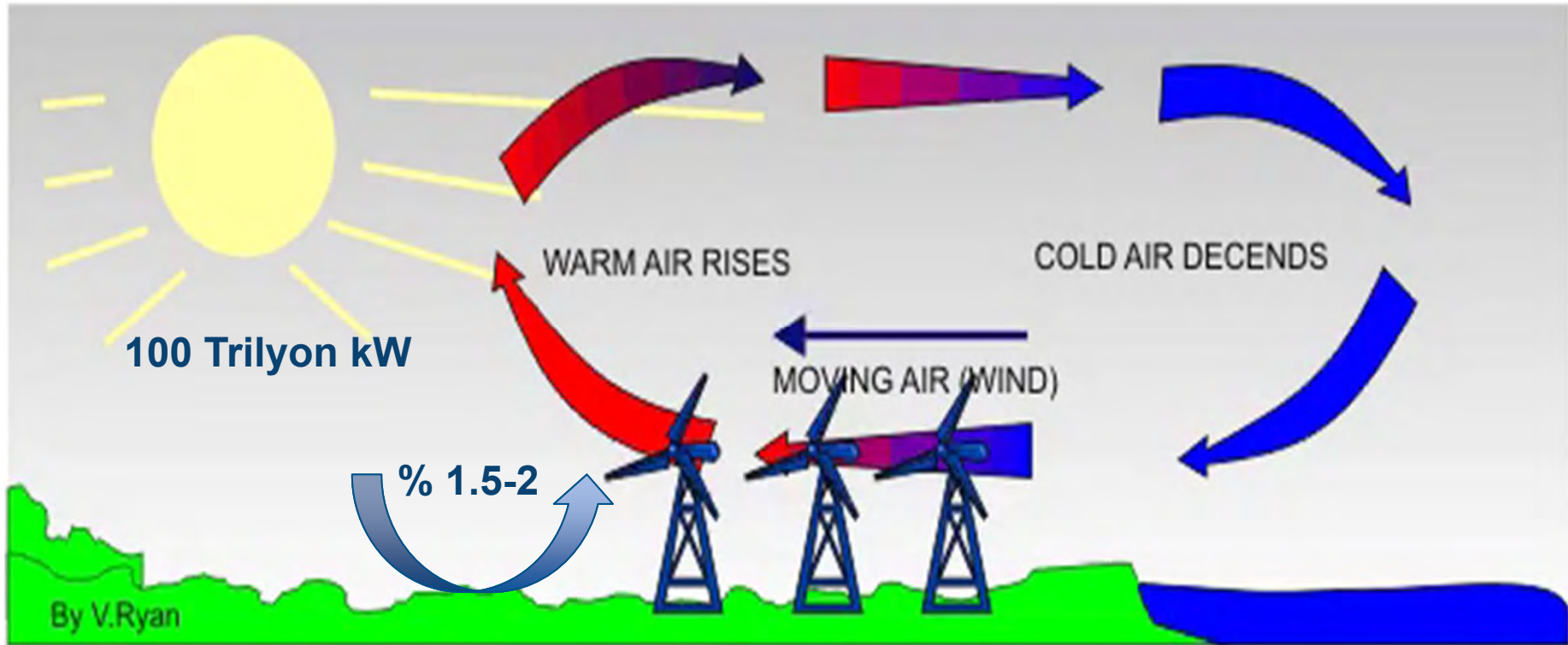
RÜZGAR TÜRBİNLERİ - TARİHÇE

... VE GÜNÜMÜZÜN MODERN RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ



RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ

Ekvator çizgisi yakınındaki bölgeler dünyanın diğer bölgelerine göre daha fazla ısınır. Isınan hava yaklaşık 10 km'ye ulaşınca kadar gökyüzüne yükselir. Bu sıcak hava kütlesi hareket ederek Kuzey ve Güney Kutbuna yaklaşıncaya aşağı çöker ve ekvatora geri döner.



RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ

Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü yararlı olan mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

$$\text{Kinetik Enerji} = 0,5 \times \text{Kütle} \times (\text{Hız})^2$$

$$\text{Güç} = \text{Enerji} / \text{Zaman}$$

$$\text{Kütle} = d (\text{hava}) \times V(\text{hava})$$

$$V = \text{Hız} \times \text{Kanat Süpürme Alanı}$$

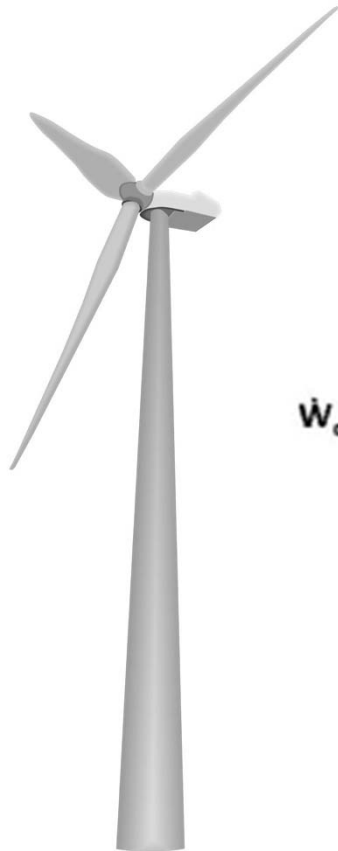
Bu alandan geçen rüzgarın oluşturduğu güç:

$$\text{Güç} = 0,5 \times \text{Hava Yoğunluğu} \times \text{Alan} \times (\text{Rüzgar Hızı})^3$$

RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ

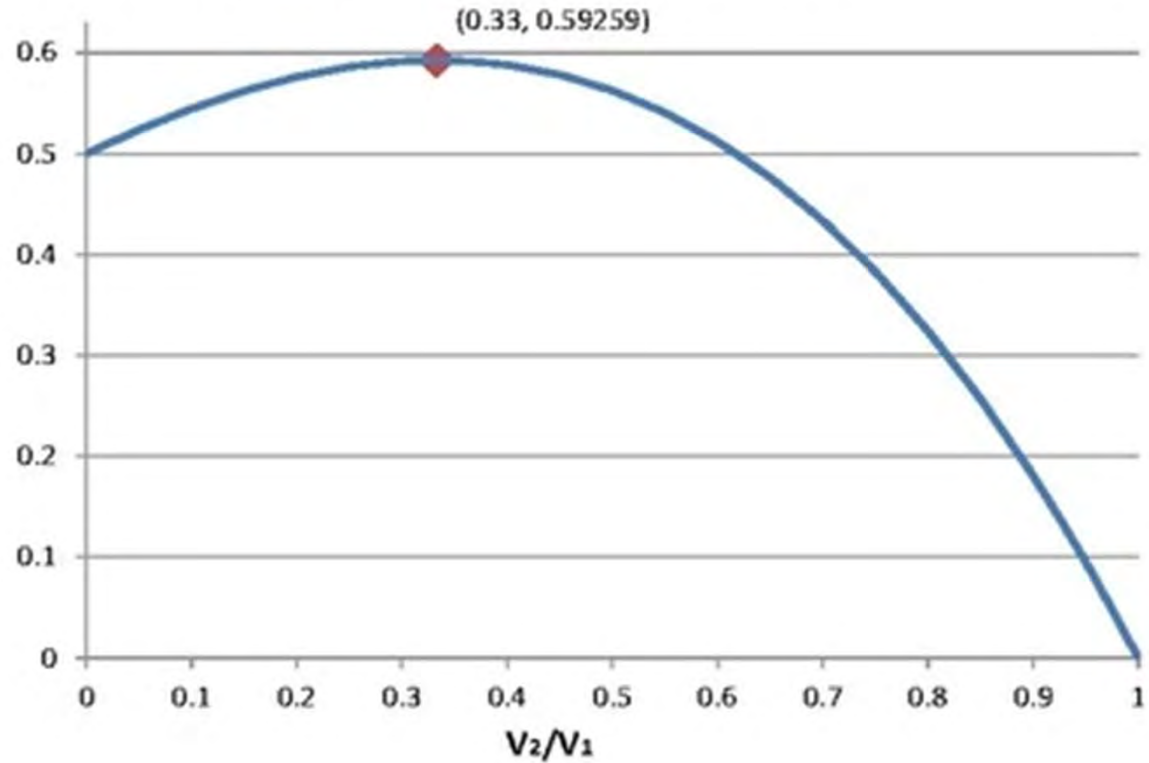
BETZ YASASI

BETZ yasası bize şunu söyler; rüzgardan elde edilebilecek maksimum güç, toplam rüzgar gücünün **0.59**'u veya 16/27'si ile sınırlıdır. Günümüzün modern türbinleri %56 verime yani teorik üst sınırın en fazla %90'ına ulaşabilmektedir.



$$\dot{W}_{out} / \dot{W}_{out}^{max}$$

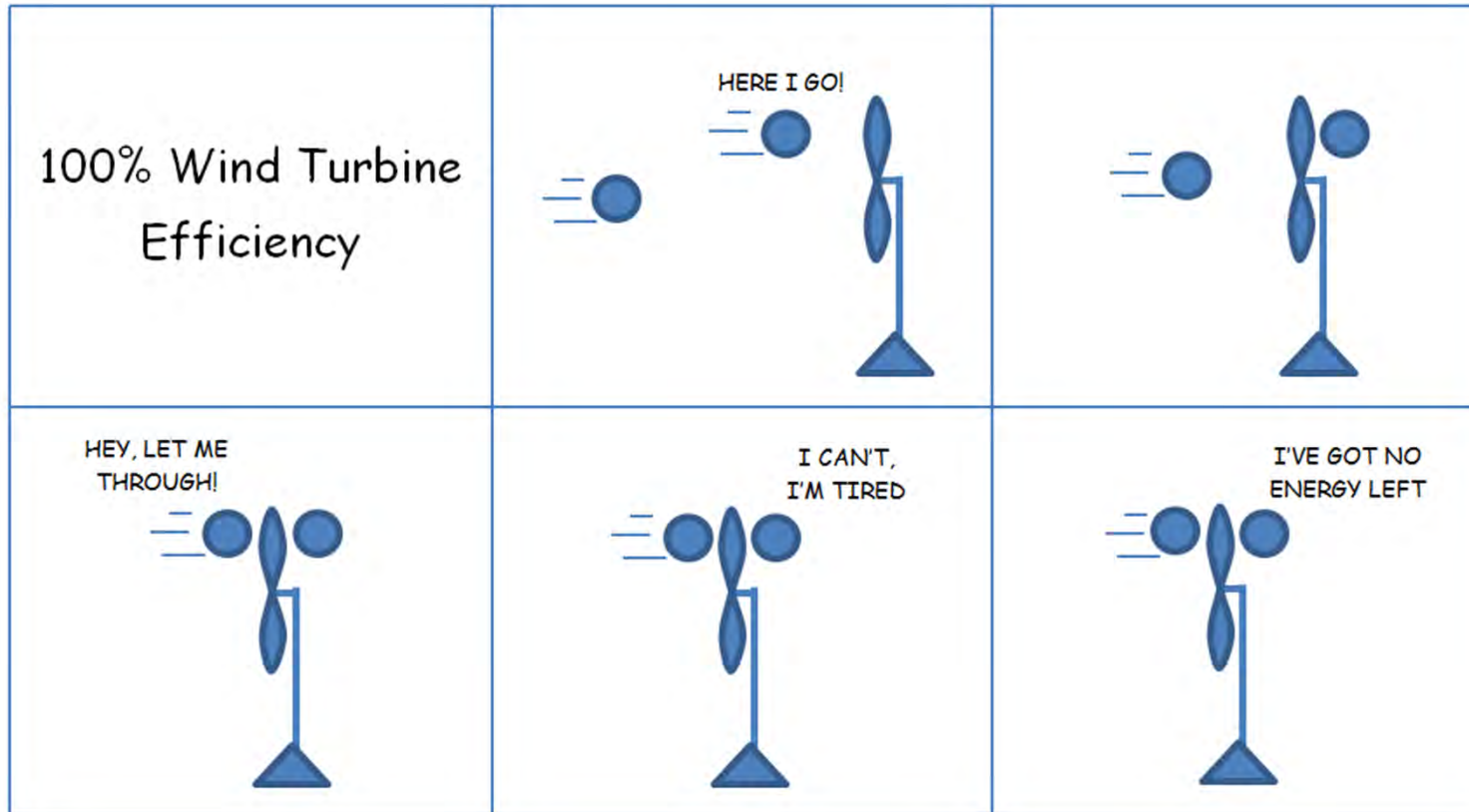
Efficiency for Wind Turbines



RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ

BETZ YASASI

Bunu kafamızda şöyle canlandıralım; türbine giren rüzgar, kinetik enerjisinin tamamını türbine aktarabilseydi havanın türbinden çıkış hızı sıfıra inerdi. Yani hava türbini terk edemezdi. Dolayısıyla arkasından gelen hava molekülü için engel oluştururdu. Yani bir hava akışı gerçekleşmez ve türbin çalışmazdı.





RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ

KAPASİTE FAKTÖRÜ

Bir türbinin gerçek üretim değeri teorik olarak maksimum değer olan **kapasite faktörü** olarak adlandırılır.

Kapasite faktörü ~ %20 - %40

Örn. KF: %35

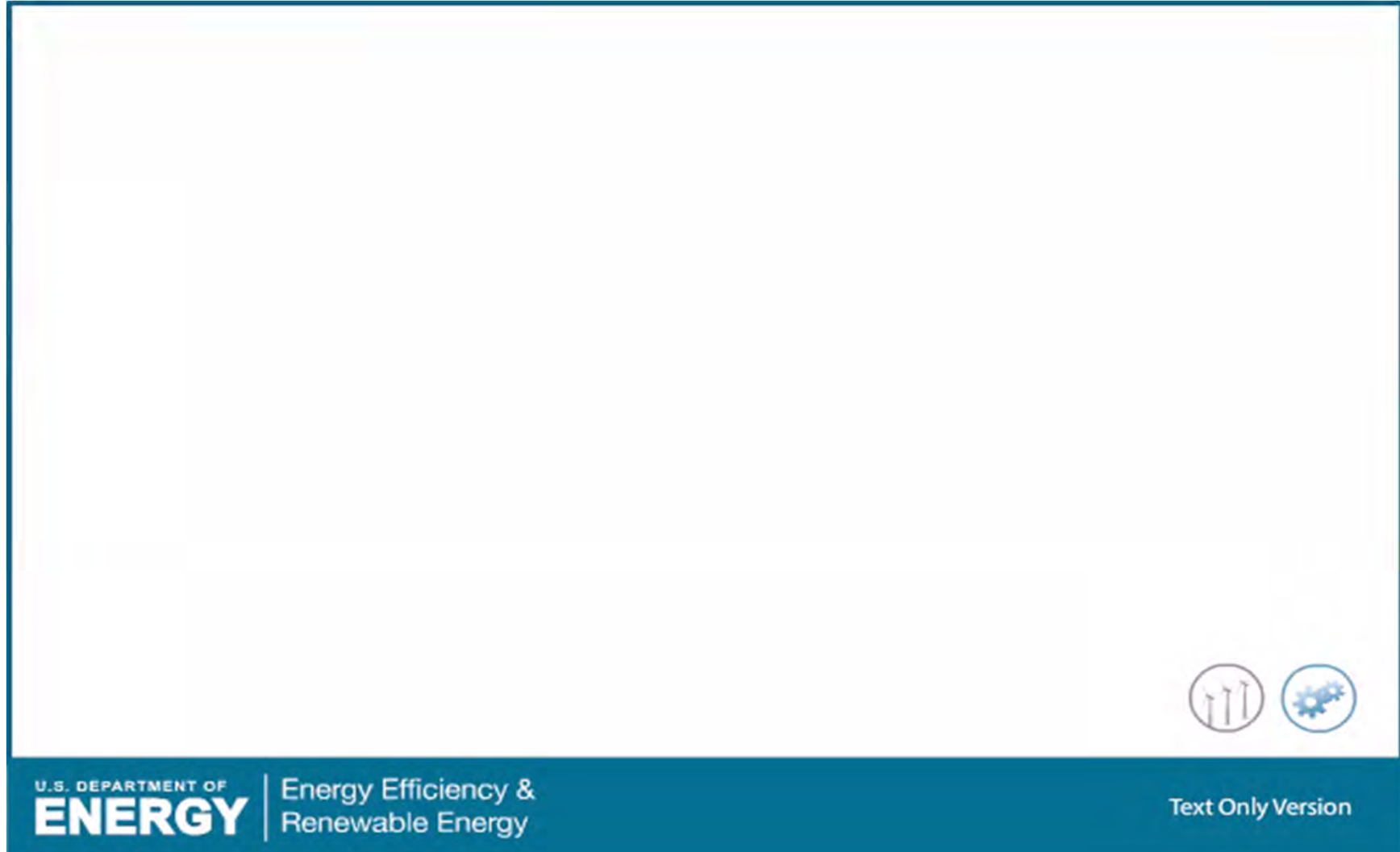
Bir Rüzgar Türbini 1 yılda

$1 \times 365 \times 24 = 8760$ saat çalışamaz.

Rüzgarın aktif esme süresi üzerinden kapasite faktörü %35 kabul edilirse yıllık;

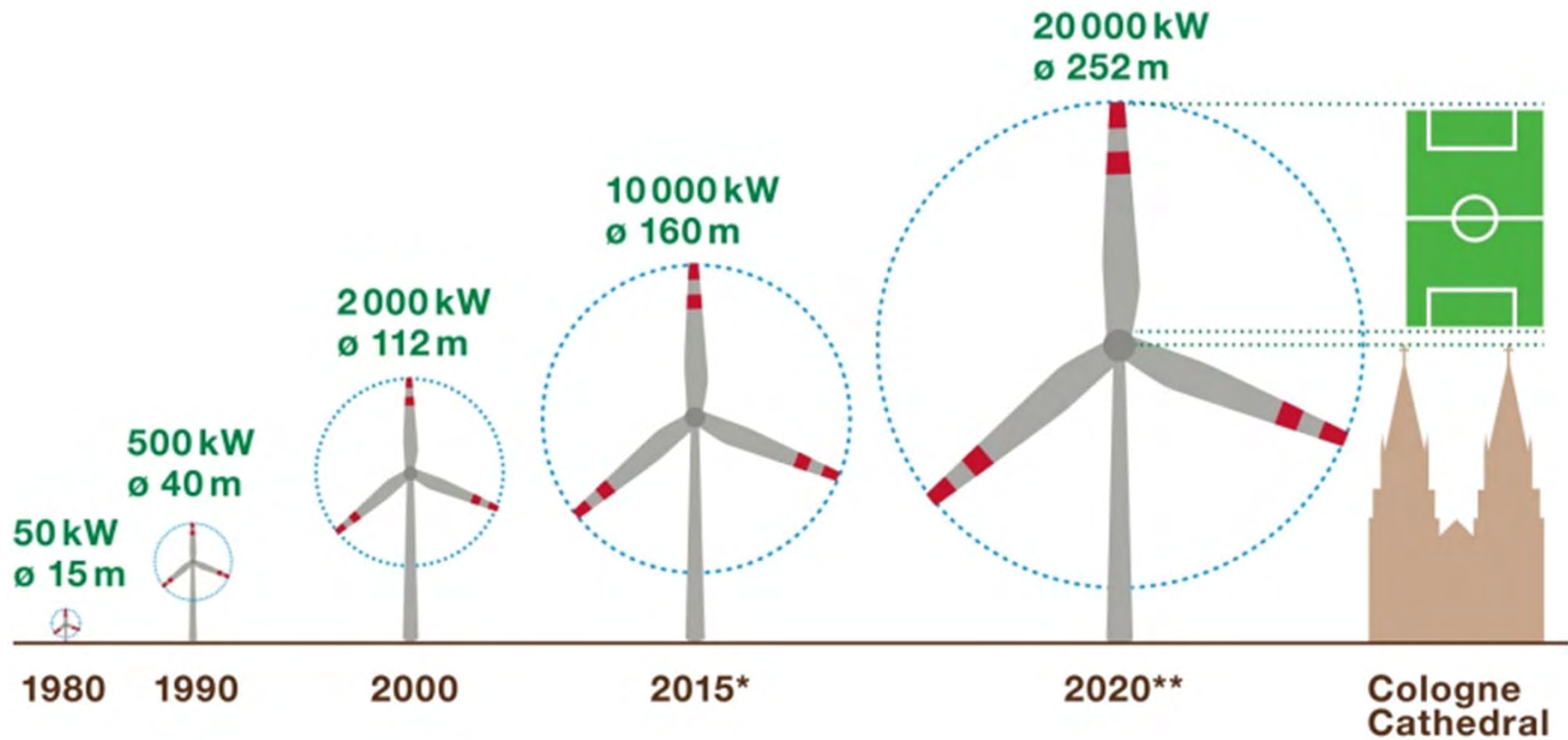
$1 \times 365 \times 24 \times 0,35 = 3066$ saat elektrik üreteceği varsayılarak yatırım hesapları yapılır.

RÜZGAR ENERJİSİ VE GÜCÜ



RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ

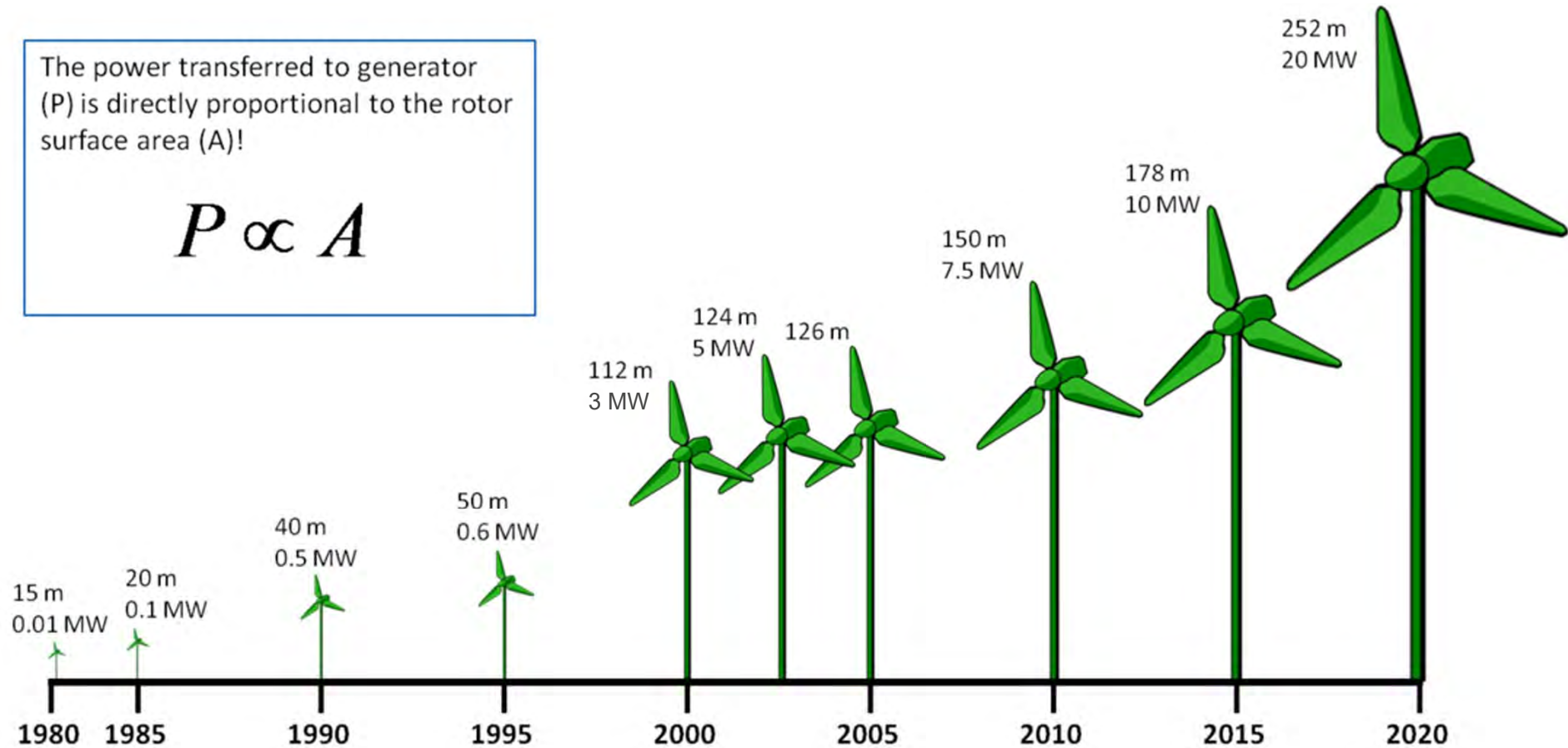
Wind turbines are getting bigger and more powerful



RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ

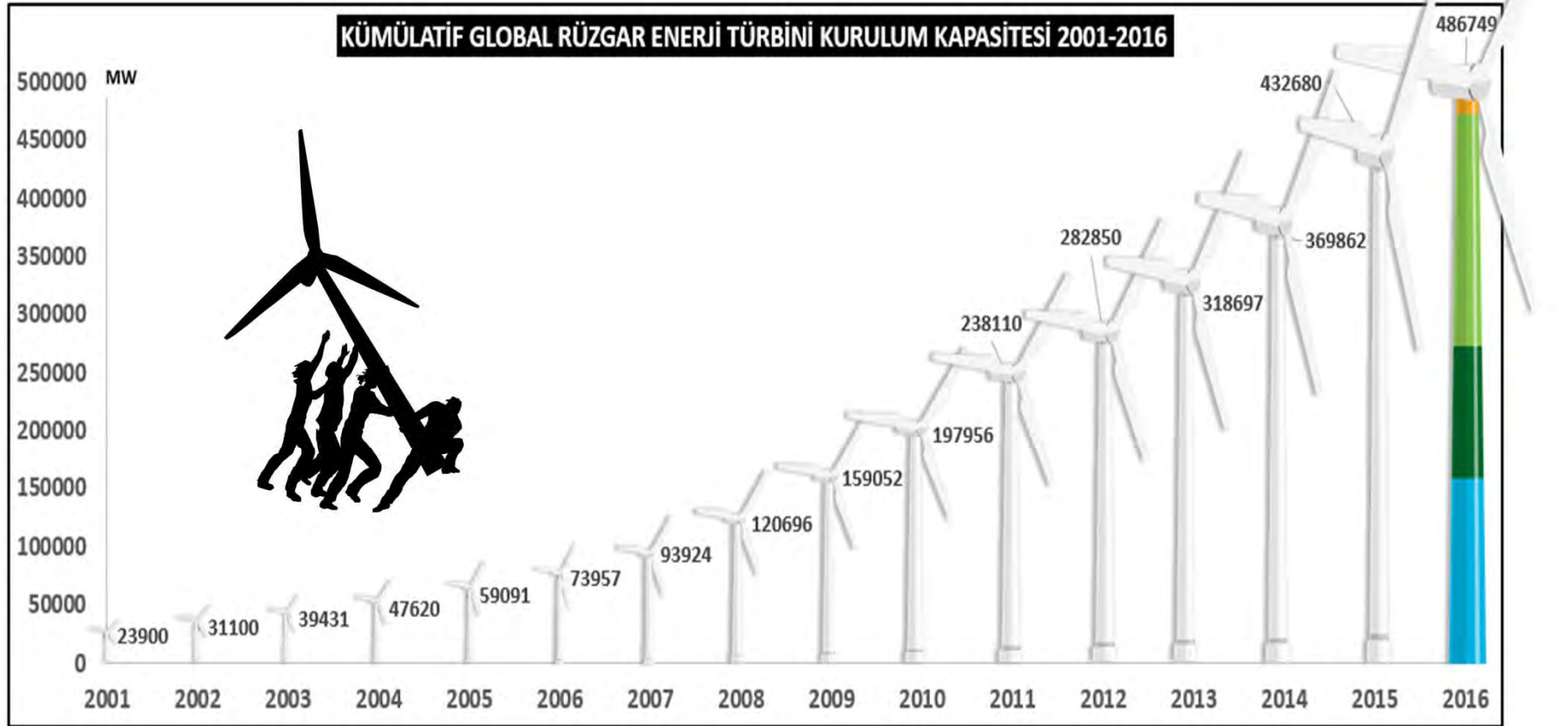
The power transferred to generator (P) is directly proportional to the rotor surface area (A)!

$$P \propto A$$



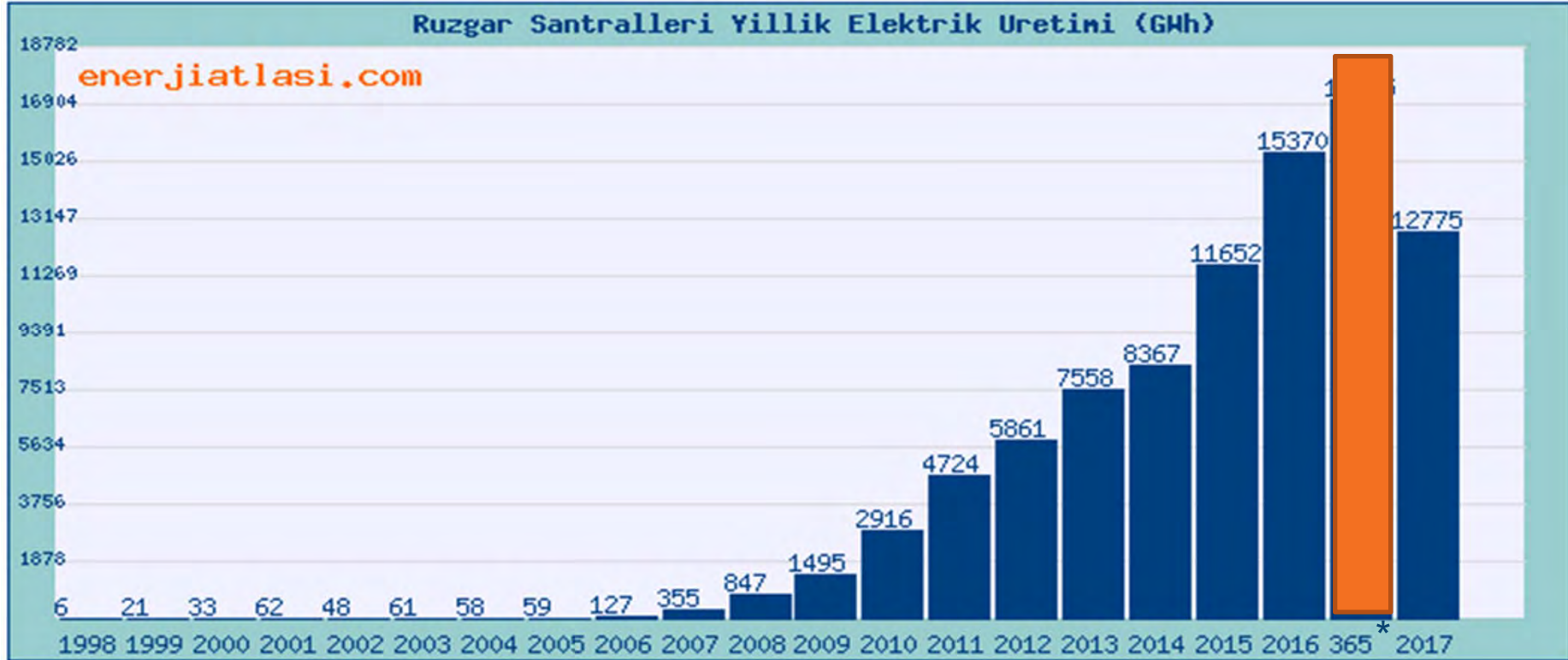
RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ

Global Rüzgar Türbin Kapasiteleri



RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ

Türkiye Rüzgar Türbin Kapasiteleri

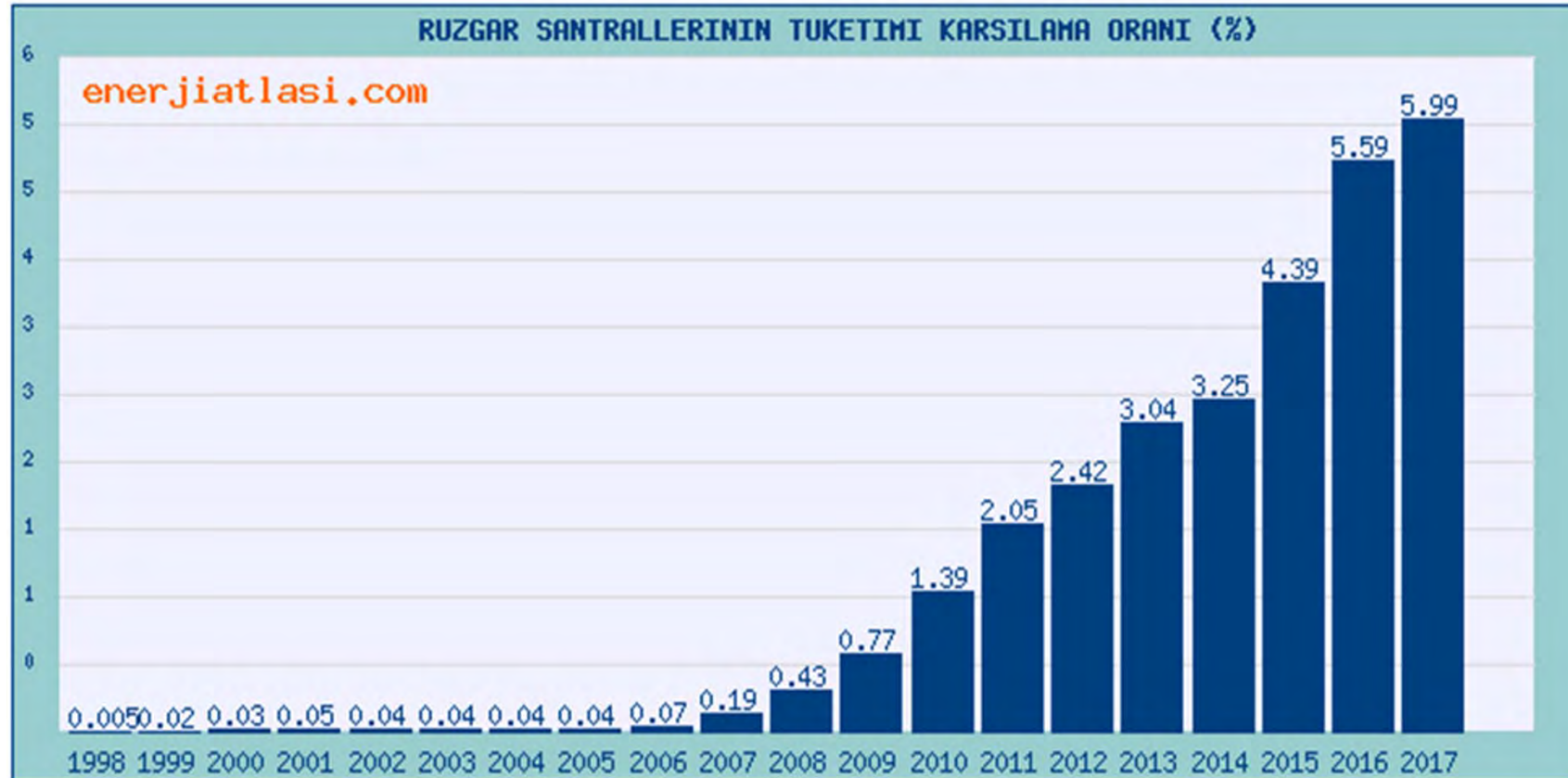


* 25 Eylül'e dek 365 gün toplamı

Ref: <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/ruzgar>

RÜZGAR ENERJİ SEKTÖRÜ

Türkiye Rüzgar Türbin Kapasiteleri Toplam Enerjideki Payı



Ref: <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/ruzgar>

KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI

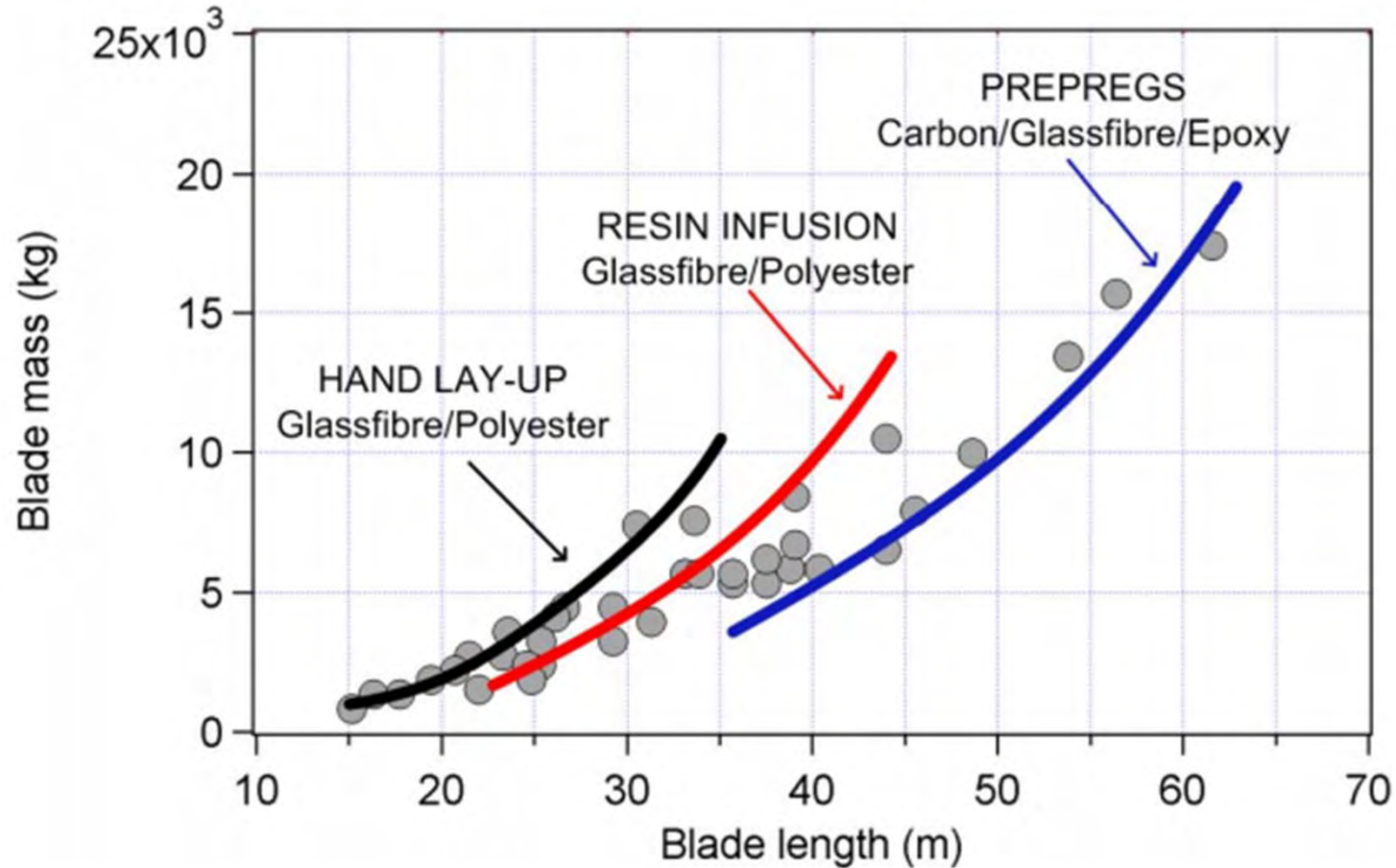
- VAKUM İNFÜZYON TEKNIĞİ
- EL YATIRMA TEKNIĞİ
- RTM (RESIN TRANSFER MOLDING) TEKNIĞİ
- PULTRUZYON TEKNIĞİ
- FİLAMENT SARGI
- İLGİLİ SEKTÖRLER

- HAVACILIK ve UZAY
- SAVUNMA SANAYİ
- TEKNE, YAT
- RÜZGAR TÜRBİN KANADI
- TEMA PARKLAR
- OTOMOTİV
- SPOR MALZEMELERİ



KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI

ÜRETİM TEKNİĞİ İLE AĞIRLIK ARTIŞI

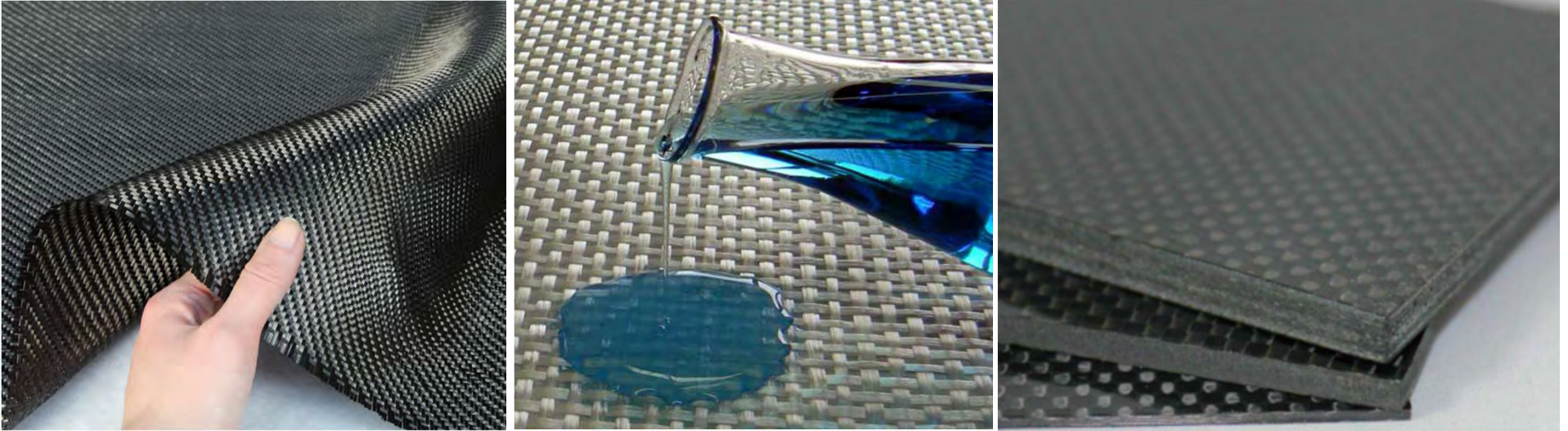


KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI

Kompozitler genel olarak 2 bileşenden oluşurlar;

Birincil faz: 2. fazın içerisine yerleştirildiği ana matris kısmıdır. Genel olarak matris epoksi, polyester, vinil ester esaslı, uzun zincir moleküllü polimer reçinelerdir.

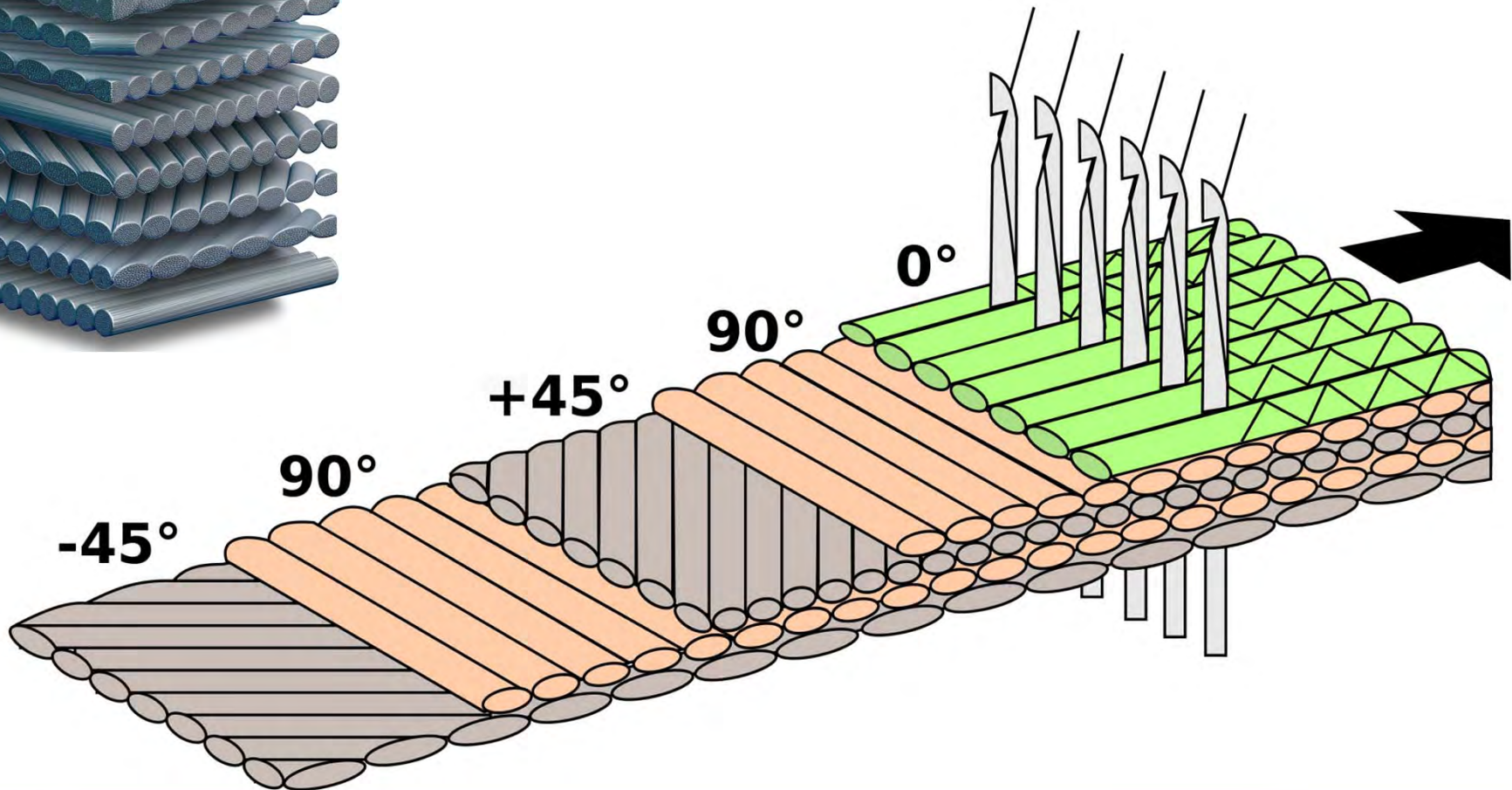
İkincil faz: Matris içine gömülen, güçlendirme amaçlı ilave edilen elyaflar, plakalar gibi farklı geometrilere sahip bileşenlerdir.



KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI



TAKVİYE MALZEMELERİ / ÇOK YÖNLÜ ELYAFLAR



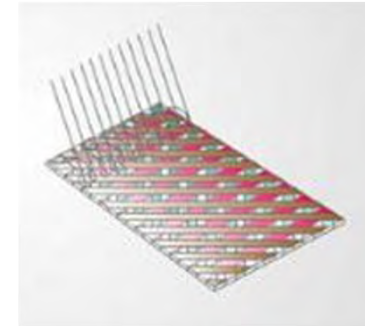
KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI



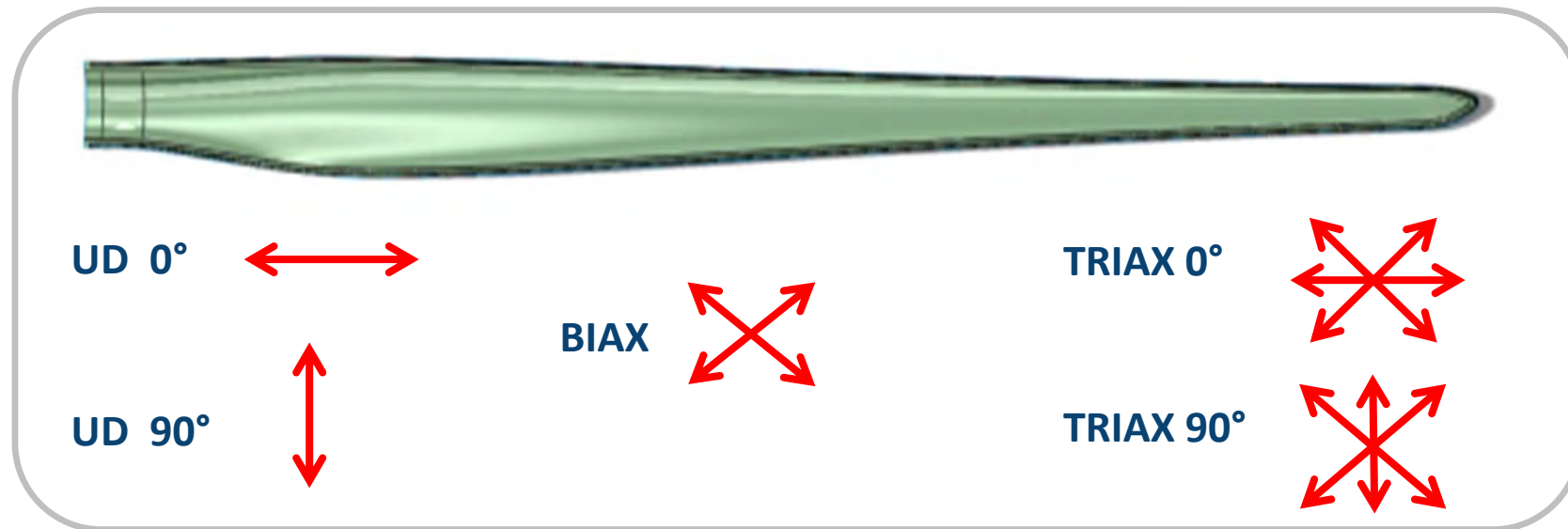
UNIDIRECTIONAL ELYAF:
TEK YÖNLÜ ELYAF



BIAXIAL ELYAF:
ÇİFT YÖNLÜ ELYAF $\pm 45^\circ$



TRIAXIAL ELYAF:
ÜÇ YÖNLÜ ELYAF $\pm 45^\circ$ VE 0°



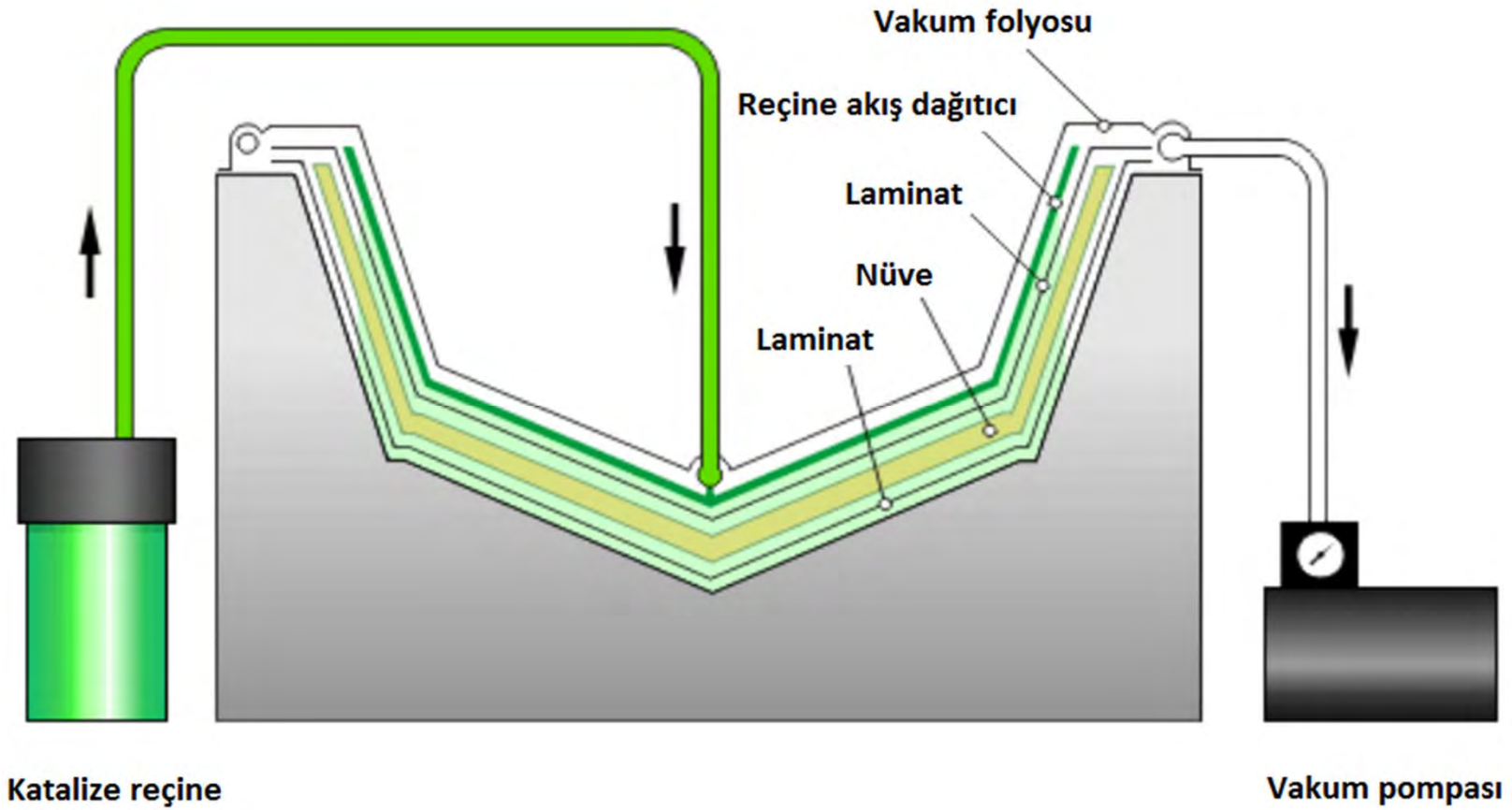
KOMPOZİT DÜNYASINDA TÜRBİN KANADI

TAKVİYE MALZEMELERİ / NÜVE PANELLER



RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

VAKUM İNFÜZYON ÜRETİM TEKNİĞİ – TİPİK SCRIMP® ŞEMASI



RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

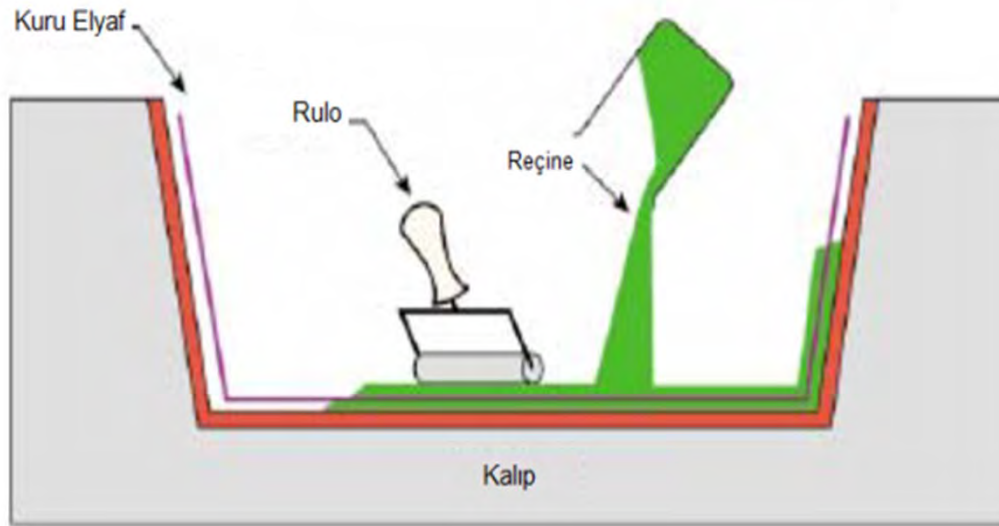


RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

EL YATIRMASI

BİR KALIBA ELLE YATIRILAN ELYAFLARA BİR RULO İLE REÇİNEİN EMDİRİLMESİ VE KÜRLENMEYE BIRAKILMASI ESASINA DAYANIR.

- VAKUM DESTEĞİ OLMADAN: REÇİNE EMDİRİLMİŞ ELYAFLAR SICAKLIK ALTINDA KÜRLENMEYE BIRAKILIR.
- VAKUM DESTEKLİ: REÇİNE EMDİRİLMİŞ ELYAFLAR SICAKLIK VE VAKUM ALTINDA KÜRLENMEYE BIRAKILIR.

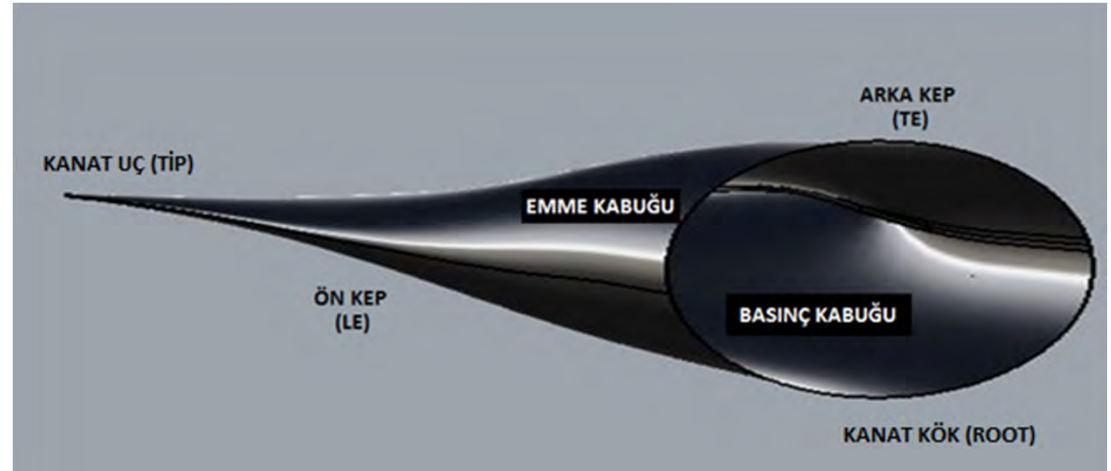


RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

Büyük, ağır ve karmaşık kanat yapısı

Temel Prosesler

- Küçük parçalar ve ana komponentlerde vakum infüzyon tekniği uygulaması
- Pozisyonlama ve sabitleme
- Montaj ve yapıştırma
- Son yüzey işlemleri
- Ağırlık ve balans testleri



RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

VAKUM İNFÜZYON SARF MALZEMELERİ

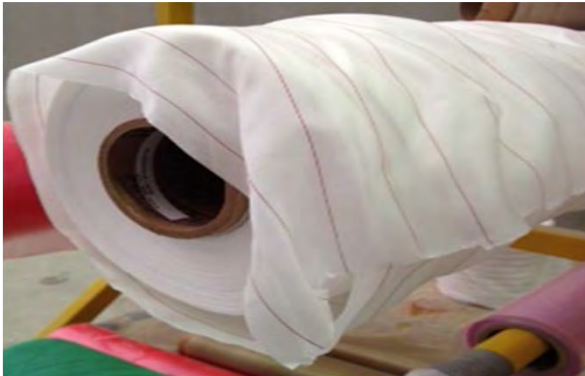
VAKUM KANALI HAZIRLIĞI



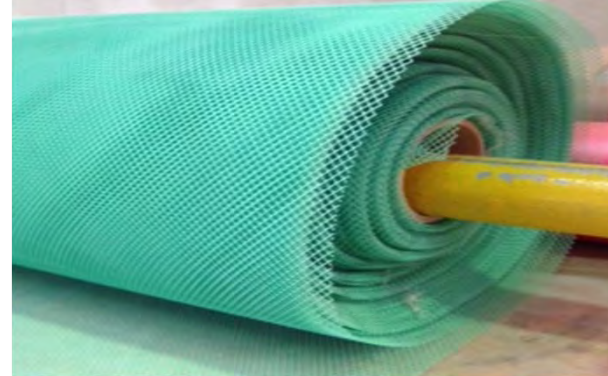
AYIRICI FOLYO



SÖK-AT İLE PÜRÜZLENDİRME



RECİNE DAĞITICI FİLE



RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

VAKUM İNFÜZYON SONRASI KABUKLARIN BİRLEŞİMİ

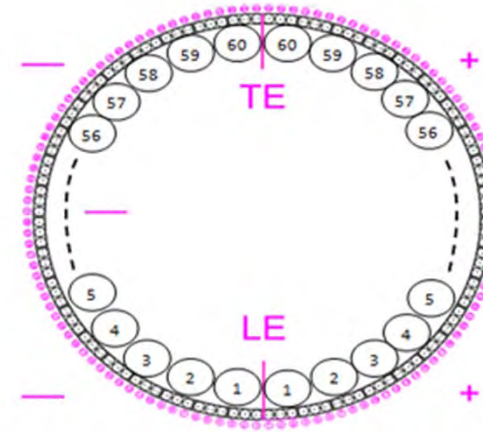
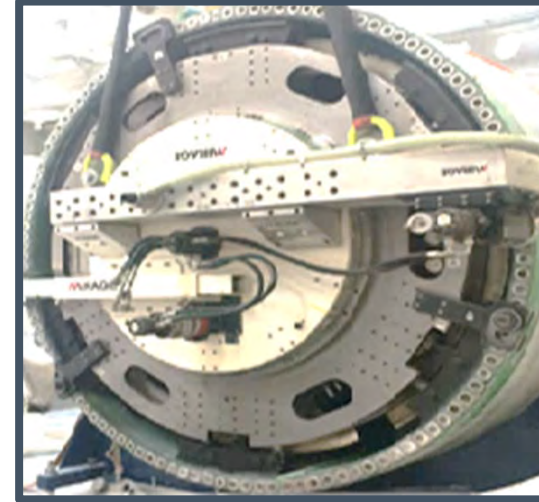


RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

KÖK KESİM VE DELİM



KÖK FREZELEME

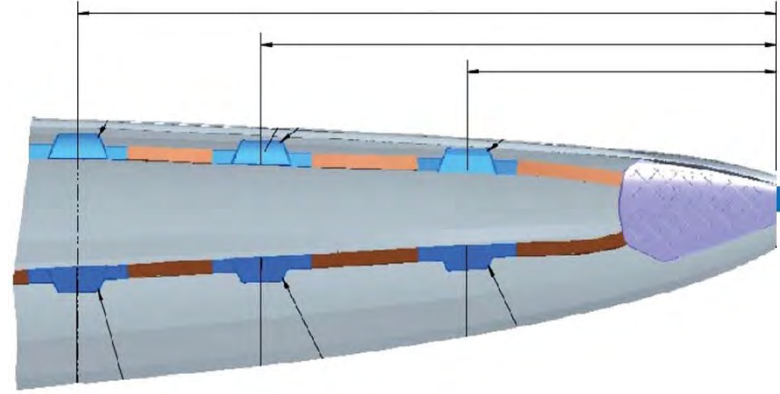


RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

BOYA ÖNCESİ HAZIRLIK



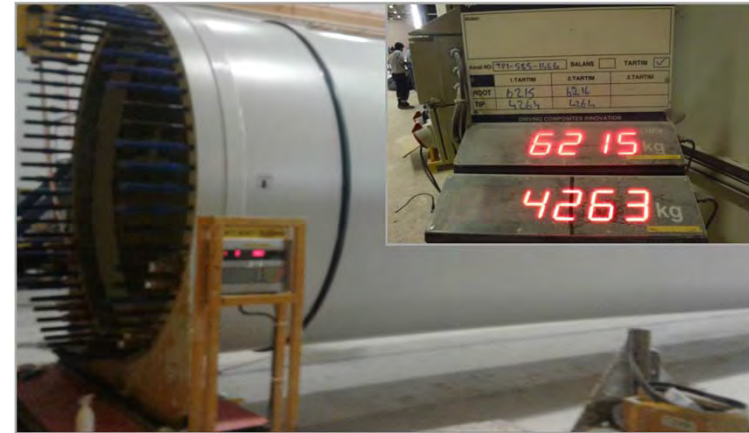
LPS RESEPTÖRLERİ



BOYA

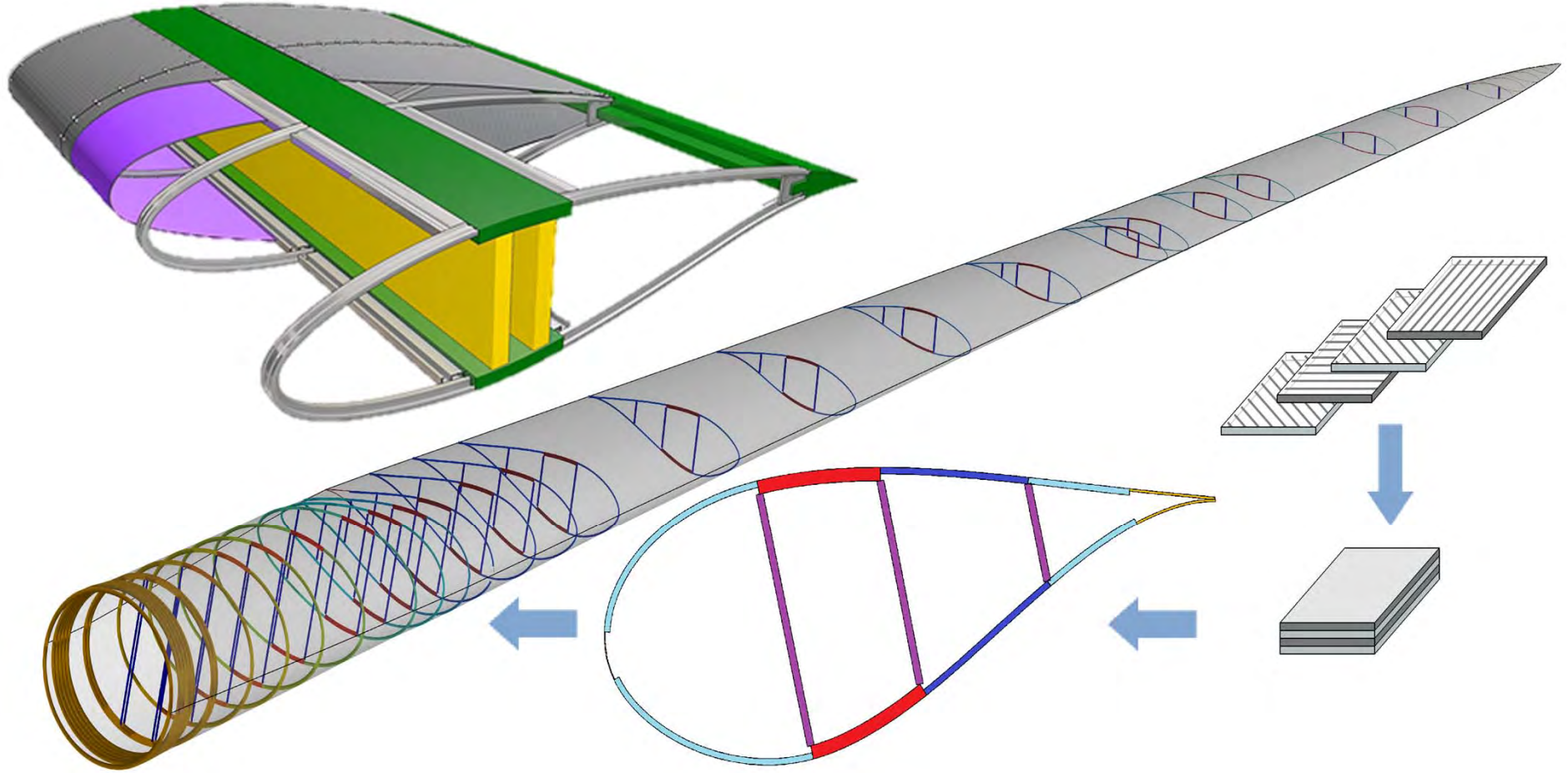


TARTIM VE BALANS



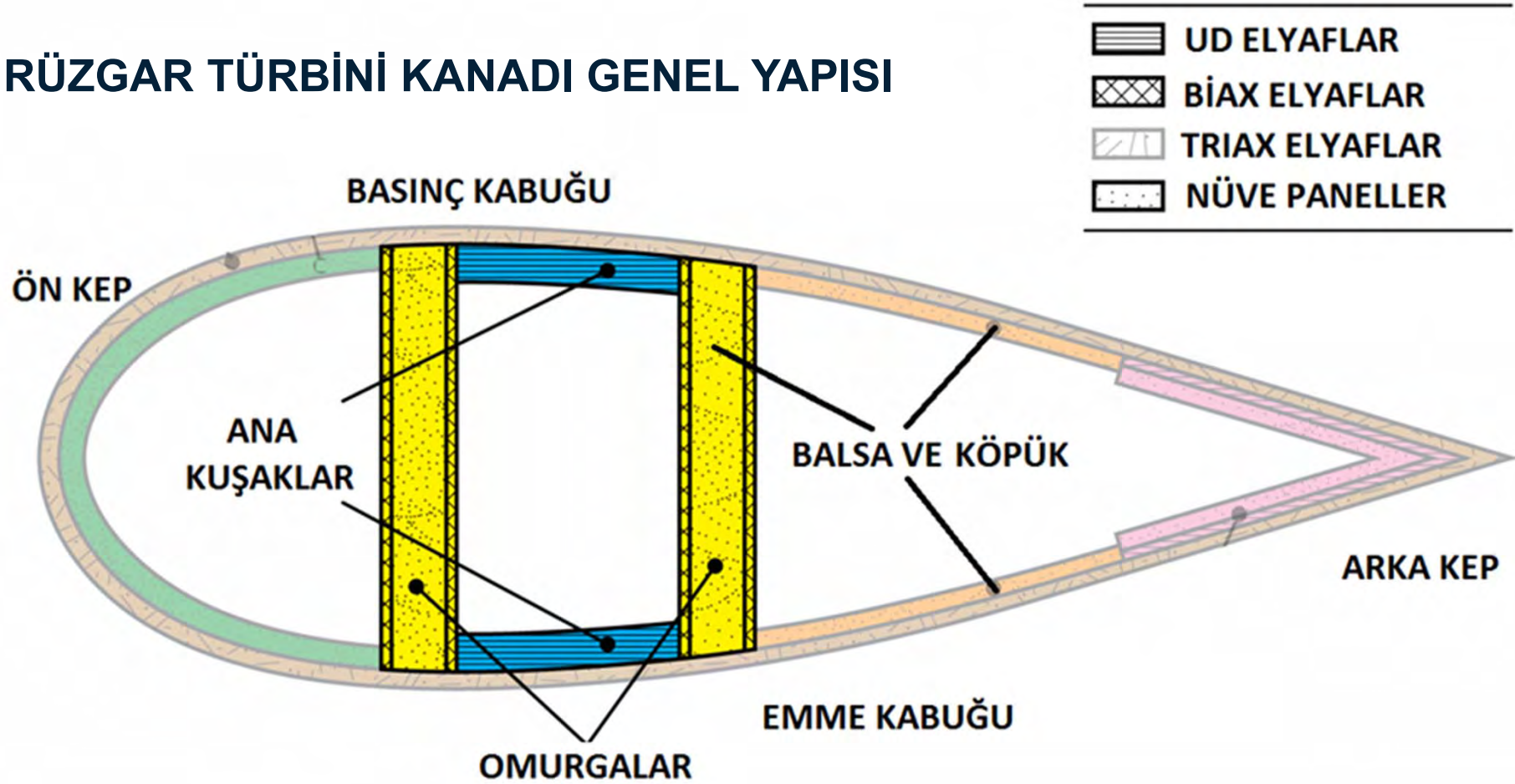
RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

RÜZGAR TÜRBİNİ KANADI GENEL YAPISI



RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI

RÜZGAR TÜRBİNİ KANADI GENEL YAPISI

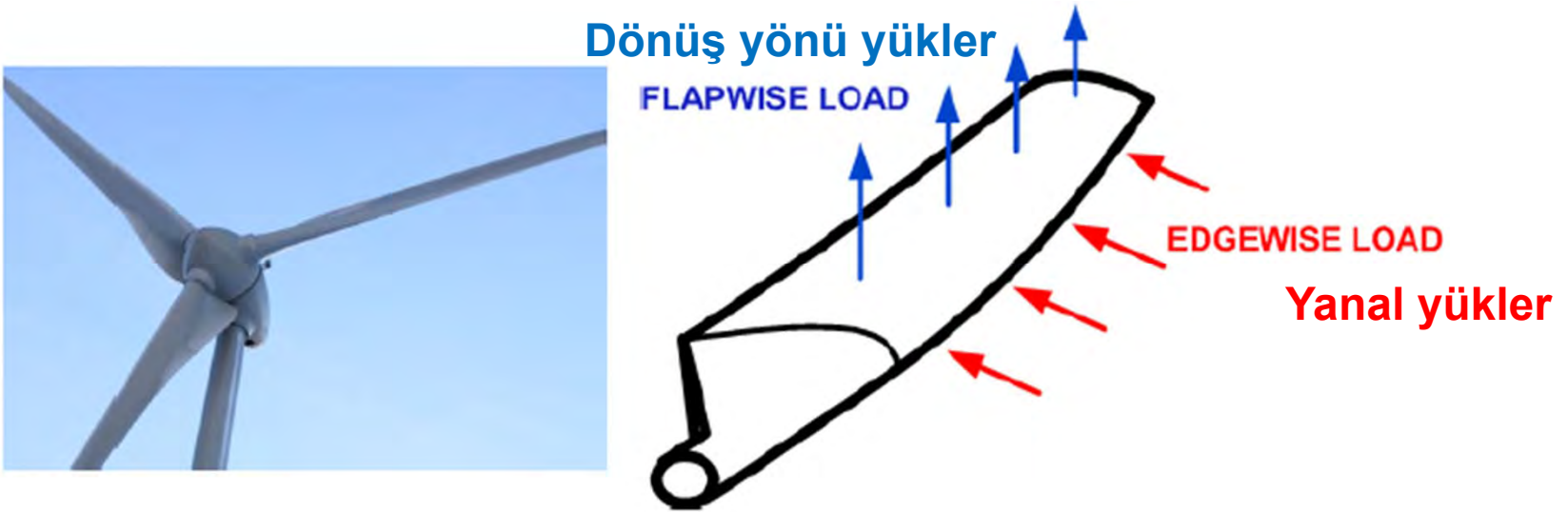


RÜZGAR TÜRBİN KANADI ÜRETİM AŞAMALARI



RÜZGAR TÜRBİN KANATLARINDA SON TESTLER

Ana hedef: Kanat üzerinde ana yükleri simüle etmek



Rüzgar : Her 2 tip yükü oluşturur
Yerçekimi: Yanal yük

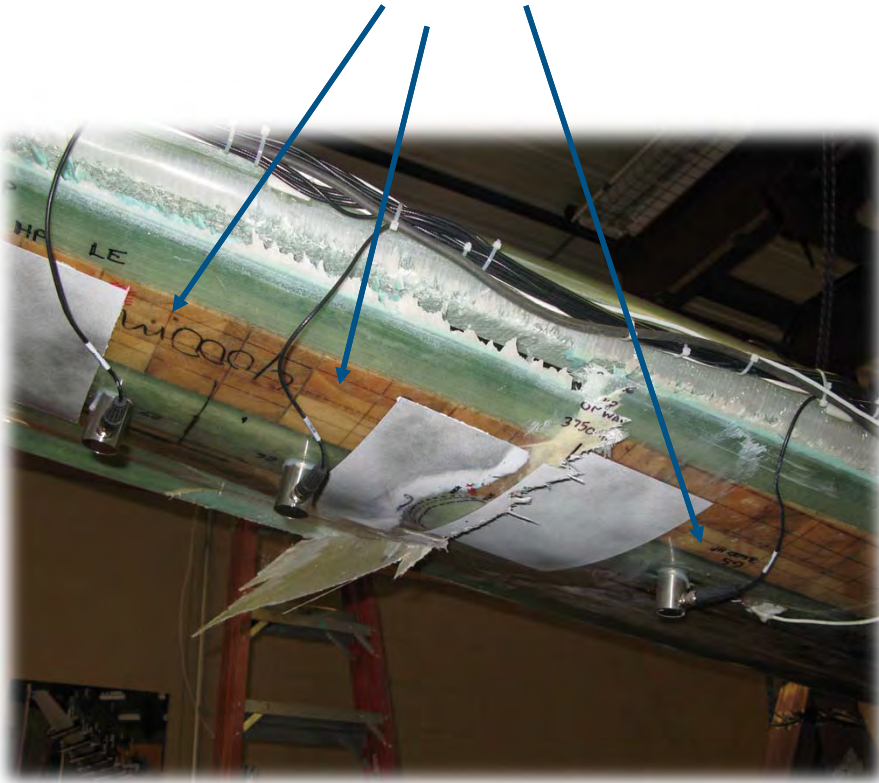
RÜZGAR TÜRBİN KANATLARINDA SON TESTLER



RÜZGAR TÜRBİN KANATLARINDA SON TESTLER

HİDROLİK PİSTONLAR ARACILIĞIYLA STATİK VEYA DİNAMİK OLARAK YÜKLENİR

SENSÖRLER



RÜZGAR TÜRBİN KANATLARINDA SON TESTLER

STATİK TEST = 'KIRMA TESTİ'

ÜST GERİLME LİMİTİ ÜZERİNDE BİR YÜKE KADAR ZORLANIR,
DAYANIM LİMİTİ BELİRLENİR.

DİNAMİK TEST = 'YORULMA TESTİ'

KANAT ORTALAMA BİR YÜKLE TEKRARLI OLARAK YÜKLENİR. 4 AYRI
YÖNDE 1,5-2 MİLYON KEZ SALLANARAK, 5-6 AY İÇİNDE 20 YILLIK
ÖMRÜ SİMÜLE EDİLİR.



TEŞEKKÜRLER



Efe Bek

Eğitim Merkezi Yöneticisi

ebek@tpicomposites.com



Nur Karaşahin

Ar-Ge Proje Planlama ve Teknoloji

nkarasahin@tpicomposites.com