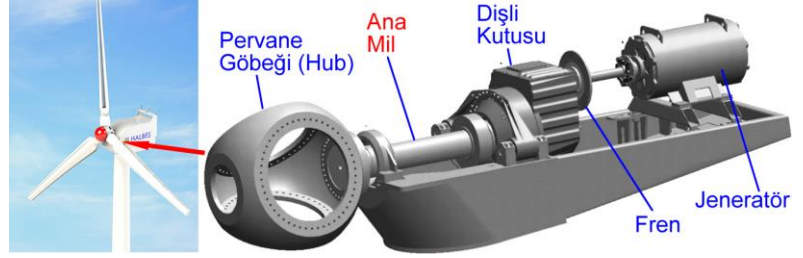


Ad Soyad: .....No:.....



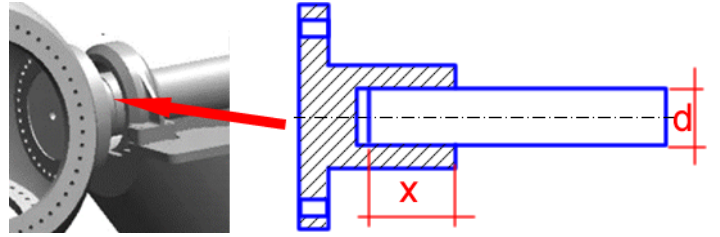
**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ,MEKATRONİK BÖL. MAKİNE ELM, GÜZ DÖNEMİ, FİNAL SINAVI-18.01.2023**  
Sorularda sizce bir eksik yer varsa kendiniz karar alarak tamamlayınız. 1 sayfa önü arkalı dolu, formül kağıdı serbesttir. Yerçekimi ivmesini 9.81 alın. Sınavda soru sormayın. Çözümleri yayınlanacaktır. Süre: 90 dk.  
Başarılar... İ.Çayıroğlu

**1) Bilgi:** Şekildeki sistem Rüzgar türbinlerinin iç kısmını yaklaşık göstermektedir. 50 Metre çapında bir rüzgar türbini yıllık ortalama 350 evin ihtiyacını karşılar. Bu büyüklükte bir pervane ortalama 15 m/s rüzgar hızında 1000 kW güç üretir. Pervanenin saniyede 1/3 turdan daha fazla hızda dönmeye müsaade edilmemektedir. Aşırı rüzgarda frenler ve kanat açılırları devreye girmektedir.



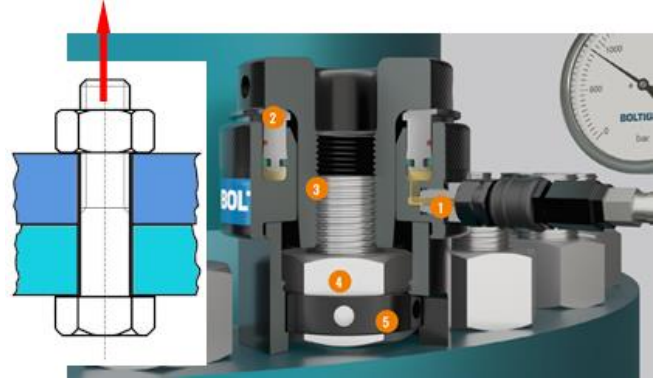
**Soru:** Jeneratörle pervane arasındaki (jeneratör ve dişli kutusu) kayıpları %20 kabul edersek, Jeneratör çıkışında 1000 kW güç aldığımız durumda türbinin şekilde gösterilen Ana Mil Çapını bulunuz. Pervane saniyede 1/3 tur (devir) dönmektedir ( $\tau=45$  MPa) (20 p).

**2) Aynı sorunun devamı olarak Pervane göbeğinin flanşı ile mil birbirine sıkı geçme ile monte edilecektir. Pervanenin ürettiği momentin 500.000 Nm olduğunu kabul edersek, Flanşın mil üzerinde boşta dönmemesi için sıkı geçmeyi oluşturacak mesafe en az kaç mm olmalıdır ( $X=?$ ) (Bağlantıyı az titreşimli kabul edin. Göbek ve milin yüzey emniyet basıncını  $Pem=60$  MPa alın ve bu basıncı sağlayacak toleranslarda imal edilmiştir. Mil çapı  $d=380$  mm olsun.  $\mu=0.1$ ).**



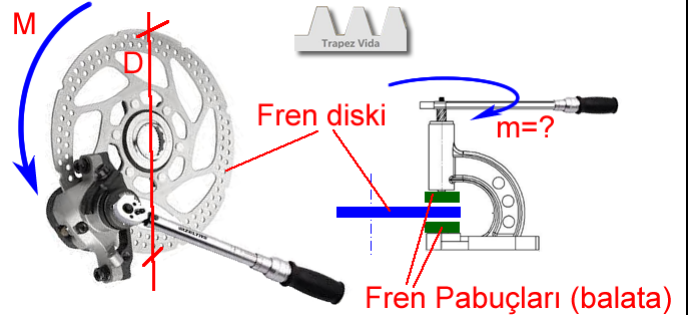
**3) Bilgi:** Rüzgar türbininde Ana parçalar çok sayıda Civatanın kullanıldığı Flanşlar ile birleştirilir. Bu civataları hepsinin aynı yük altında sıkılması istenir. Bunu sağlamak için anahtarla sıkılmaz. Civata mili hidrolik bir çekirtilme ile çekilir. Yani Fö yükü oluşturulur. Ardından Somun serbestçe sıkılır. Gerilmiş olan civata mili hidrolikten kurtulunca aksenal yükü taşımaya başlar. Böylece tüm civatalar aynı Fö yükü altında sıkılmış olur.

**Soru:** Buna Göre M45 mm kullanılan bir civata-somun bağlantısında, somun yüksekliği 54 mm dir. Milin kopmaması ve dişlerin ezilmemesi için Hidrolik sistem civatayı yüklerken en fazla kaç tonluk kuvvetle çekilmelidir? (Hidrolik sistem bırakınca o yük dişlere ve mile binecek) Civata Kalitesi: (10.9) dur. Yani akma dayanımı 900 N/mm<sup>2</sup> dur. Çekme emniyet gerilmesini de buna göre 300 MPa alalım.. Dişlerin ezilme Pem basıncını da 100 N/mm<sup>2</sup> alınız. (Hem mil, hem de dişler açısından hesaplayın)



d	h	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub> =D <sub>2</sub>
M45	4,50	40,129	42,077

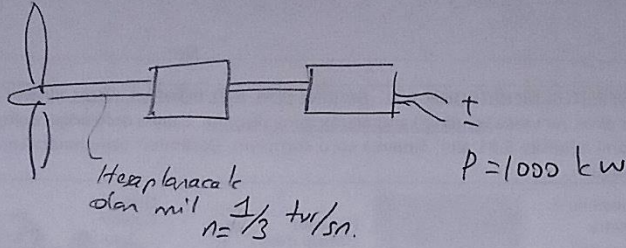
**4) Rüzgar türbini içinde bakım yaparken, sistemi kilitlemek için ayrıca El freni kullanmak istiyoruz. Fren balatası elle çevrilen Trapez Vidalı bir pres ile sıkılacaktır.  $M=500.000$  Nm lik bir torku  $D=1600$  mm çapında bir disk ile durdurabilmek için Elle ne kadar bir moment üretmemiz gerekir ( $m=?$ ). Trapez vidanın çapı 80 mm.  $h=8$  mm,  $t=6$  mm,  $\mu=0,1$  (Trapez vida ile papuçlar arasında rulman kullanılmıştır, bu kısımda sürtünme yoktur)(Not: elle uygulanacak moment çok yüksek çıkabilir. Çözüm için birkaç tane disk aynı anda sıkılmak gerekir).**



**5) a) 4 soruda verilen manuel Fren sisteminin teknik detay resmini çizin. Benim verdiğim resim temsildir. Siz üretecek olan parçaların teknik montaj resmini çizin. Yani sistemin nasıl olması gerektiğini tasarlayın.**  
**b) Türbinde kullanılacak somunların tüm dişlerine eşit yük gelmesi istenmektedir. Bunu sağlamak için üretici firmaların bulunduğu çözümleri çizimle gösterin. Birer cümle ile de nasıl çalıştığını anlatın.**

## GÖZÜMLER

①



Jeneratörden elde edilen güç 1000 kW ve bu %20 kayıptan sonra elde edilen güç ise pervanedeki güç

$$P = 1000 \text{ kW} \cdot \frac{100}{80} = 1250 \text{ kW olur. Orantı ile formülüne}$$

edersek "(100 birimlik güç 80 birime düşüyor. Oranın 80 birime düşmüş olan 1000 kW'lık güç başlangıçta olur?)"

$$100 \xrightarrow{\quad} 80 \quad \left. \vphantom{100} \right\} x = \frac{1000 \cdot 100}{80} = 1250 \text{ kW olur}$$
$$x \xrightarrow{\quad} 1000$$

Deviri hesaplayalım.

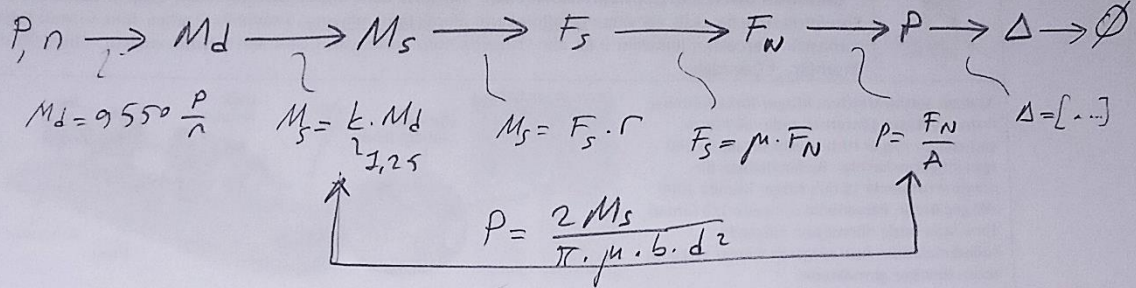
$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ saniyede } \frac{1}{3} \text{ tur çıkar} \\ 60 \text{ saniyede } x \text{ tur çıkar} \end{array} \right\} n = 20 \text{ tur/dakika.}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 M_d}{\pi \cdot \tau_{em}} \approx 596875 \text{ Nm}} \quad M_d = 9550 \frac{P \text{ kW} (1250)}{n \cdot d (20)} = 596875 \text{ Nm.}$$
$$\tau_{em} \approx 45 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 596875 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot 45 \text{ N/mm}^2}} = 407,26 \text{ mm} \approx 41 \text{ cm.}$$

Bu büyüklükte bir pervane'nin mil eği en az 41 cm olması gerekiyor.

- ② Bu konuda Flanş mil üzerine düz silci geçme ile bağlanacaktır. Buna göre yol haritamızı çizelim.



(Direk  $M_s$  ile  $P$  yi birbirine bağlayan formül)

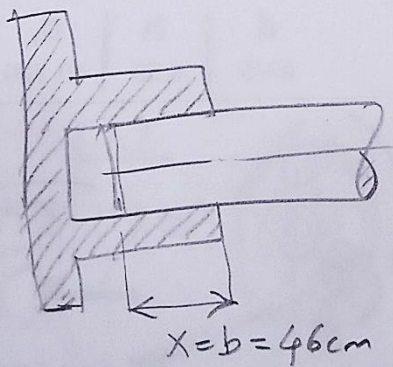
Direk formüle kullanarak bağlantı genişliği  $b$ 'yi (soruda  $x$  ile gösterilmiş) bulabiliriz.

$$P = \frac{2 M_s}{\pi \cdot \mu \cdot b \cdot d^2}$$

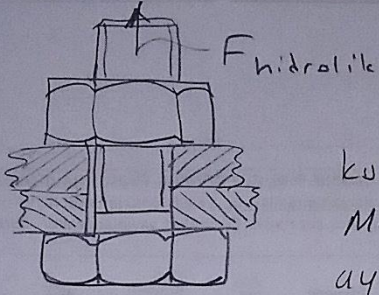
$M_s = k \cdot M_d = 1,25 \cdot 500.000 \text{ Nm} = 625.000 \text{ Nm}$   
 $M_s = 625.000 \text{ Nm}$   
 $60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$   
 $0,1$   
 $380^2 \text{ mm}^2$   
 $?$  (x)

$$b = \frac{2 \cdot 625.000 \cdot 1000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot 0,1 \cdot 60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 380^2 \text{ mm}^2} = 459 \text{ mm} \approx 46 \text{ cm}$$

Bağlantının gevsememesi için mil göbele işleme en az 46cm geniş olması gerekir.



3



F - hidrolik sistemin verdiği kuvvet mili koparmaması gerekir. Mil kopmasa bile birdektirinde uyguladığı kuvvet somunun dişlerine bineraktır. Bu dişleri ermemesi gerekir.

Buna göre hem mili koparacak hemde dişleri eriecek en yüksek kuvveti bulalım.

a) Mili kopmaması için uygulanabilecek en yüksek kuvvet.

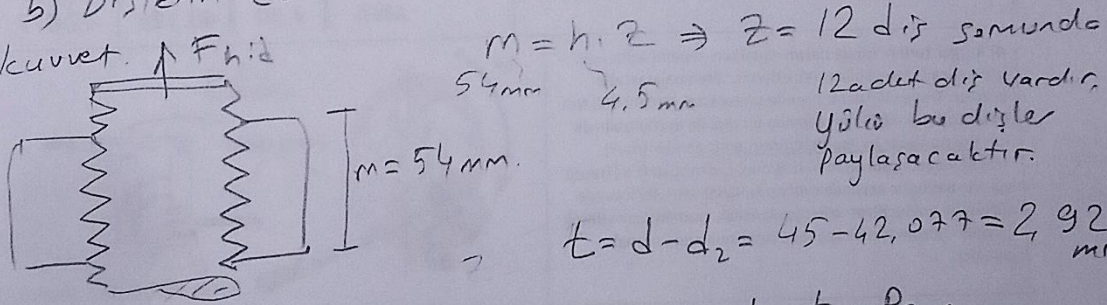
$$\sigma_s = \frac{F_{hid.}}{A_1 \sim V_{id.}} < \sigma_{em} \sim 300 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow F_{hid} = 300 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{\pi \cdot 40,129^2}{4}$$

) dış dişlerden kopar

$$d_1 = 40,129 \text{ mm. (Tablodan)} \quad F_{hid} = 379426 \text{ N} \approx 38 \text{ ton.}$$

Eğer hidrolik sistem 38 ton dan daha fazla kuvvet uygularsa civatayı dış dişlerden koparır.

b) Dişlerin ezilmemesi için uygulanabilecek en yüksek kuvvet.



$$m = h \cdot z \Rightarrow z = 12 \text{ diş sonunda}$$

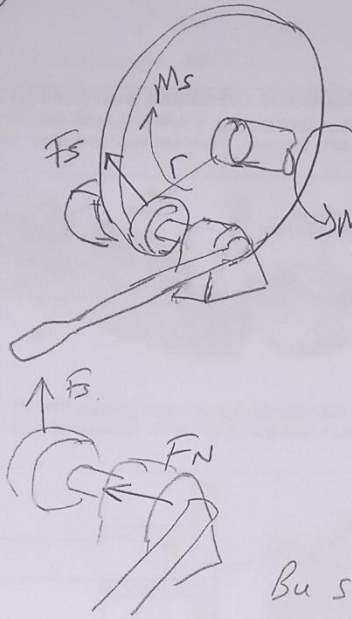
54 mm } 4,5 mm } 12 adet diş vardır, yükü bu dişler paylaşacaktır.

$$t = d - d_2 = 45 - 42,077 = 2,923 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F_0 / z}{\pi \cdot d_2 \cdot b} < p_{em} \Rightarrow F_0 = z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot t \cdot p_{em} = 12 \cdot \pi \cdot 42,077 \cdot 2,923 \cdot 100 \frac{N}{mm^2}$$

Elkesnel yük 46 tona ulaşınca dişler eziliyor. Polayısı ile yukarıdaki 38 tonu geçmemeli geliyor.  $F_0 = 463665 \text{ N} \approx 46 \text{ ton.}$

(4)



Fren balatalarının oluşturdugu ters yönde ki sürtünme momenti Pevanenin oluşturdugu döndürme momentine eşit olduğunda Pevane duracaktır.

Buna göre

$$M_d = M_s = F_s \cdot r$$

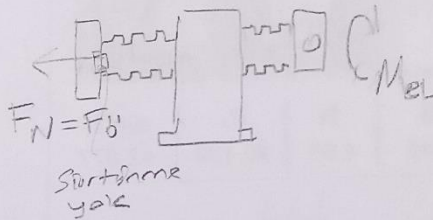
500.000 Nm      ?      0,8 m. (diskin yarıçapı)

$$F_s = \frac{500.000 \text{ Nm}}{0,8 \text{ m}}$$

$$F_s = 625.000 \text{ N}$$

Bu sürtünme kuvvetini oluşturabilmek için papuç ne kadar bastırılmalıdır?

$$F_s = \mu \cdot F_N \Rightarrow F_N = \frac{625.000 \text{ N}}{0,1} = 6.250.000 \text{ N}$$



$$M_{EL} = F_H \cdot r_2$$

$$= F_N \cdot \tan(\alpha + \delta') \cdot r_2$$

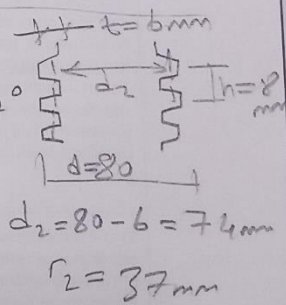
6250000 N      1,97°      5,91°      37 mm

$$M_{EL} = 32006317 \text{ Nmm}$$

$$= 32006 \text{ Nm}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} \Rightarrow \alpha = 1,97^\circ$$
$$\mu' = \frac{\mu \cdot 0,1}{\cos(\beta/2)} = 0,1035276$$

$$\mu' = \tan \delta' \Rightarrow \delta' = 5,91^\circ$$



Çok yüksek bir moment ihtiyacı çıktı. Elle bu momentin üretilmesi zordur. O nedenle disk sayısını artırıp ele gelen kuvveti düşürmek gerekir. Yani fren diskini artırsa daha az moment ihtiyacı çıkar.