



FAKULTA STROJNÍ  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI

KATEDRA ENERGETICKÝCH  
STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

# KKE/CE – Člověk a energie

ZS 2020/2021

13. Cvičení

Vytvořila: Ing. Eva Vašíčková

# Informace k testu

2

- KDE: MOODLE - [www.moodle.zcu.cz](http://www.moodle.zcu.cz)

**KKE/CE - Člověk a energie (cvičení, pondělí 7:30 - 9:00)**

Zadání - **čas spuštění 7:35**

- 5 otázek po 1 bodu
- otázky typu kvíz - a, b, c, d
- pouze jedna odpověď je správná
- 4 minuty!!

## Větrná elektrárna

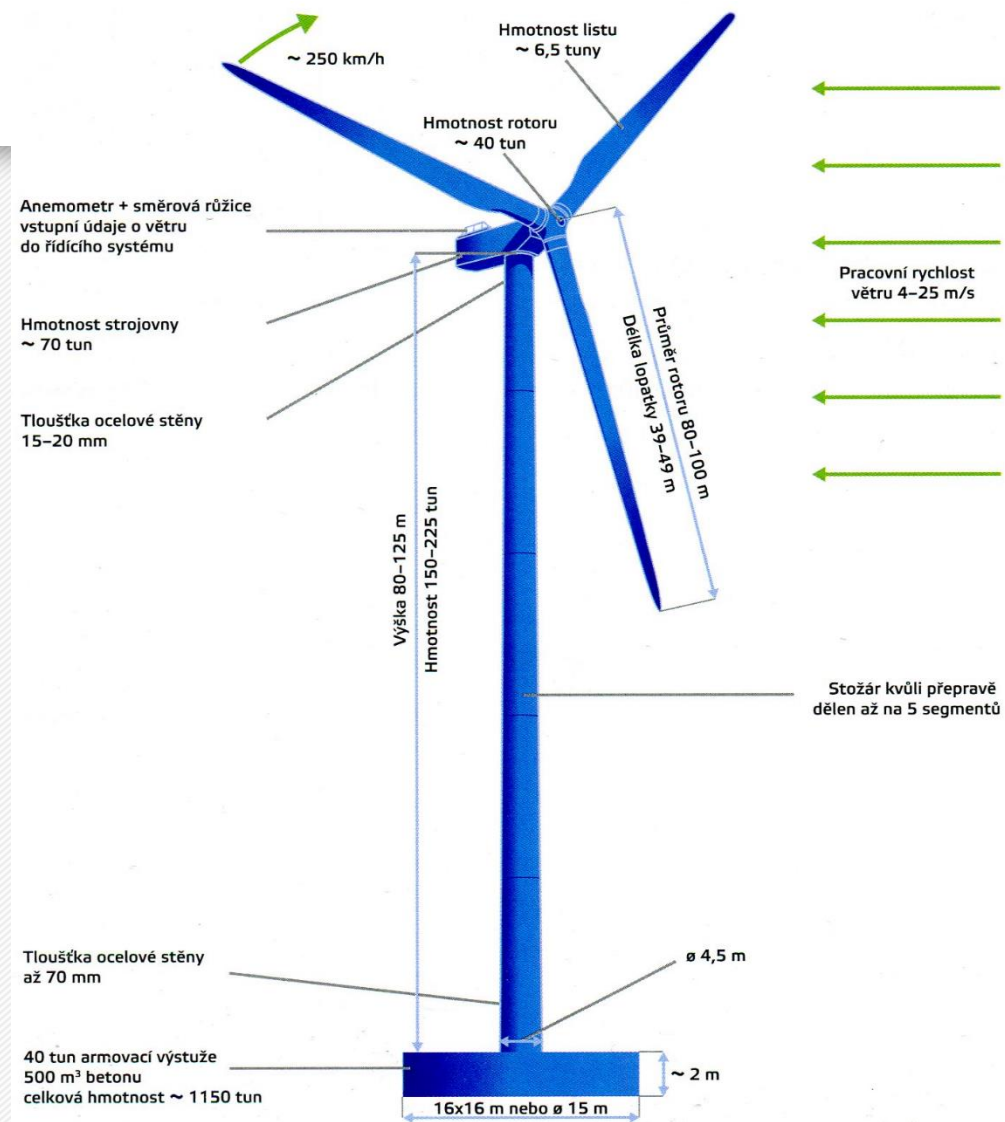
- princip a základní části
- vyrobená elektřina
- vývoj velikosti
- od myšlenky k výstavbě a provozu
- větrné elektrárny v ČR

# Princip a základní části

$$E_{kin} \text{ větru} \rightarrow W_{mech} \rightarrow E_{el}$$

## Princip

Zpomalí proud vzduchu, který protéká pracovní plochou rotoru, a tím odnímá část jeho energie.

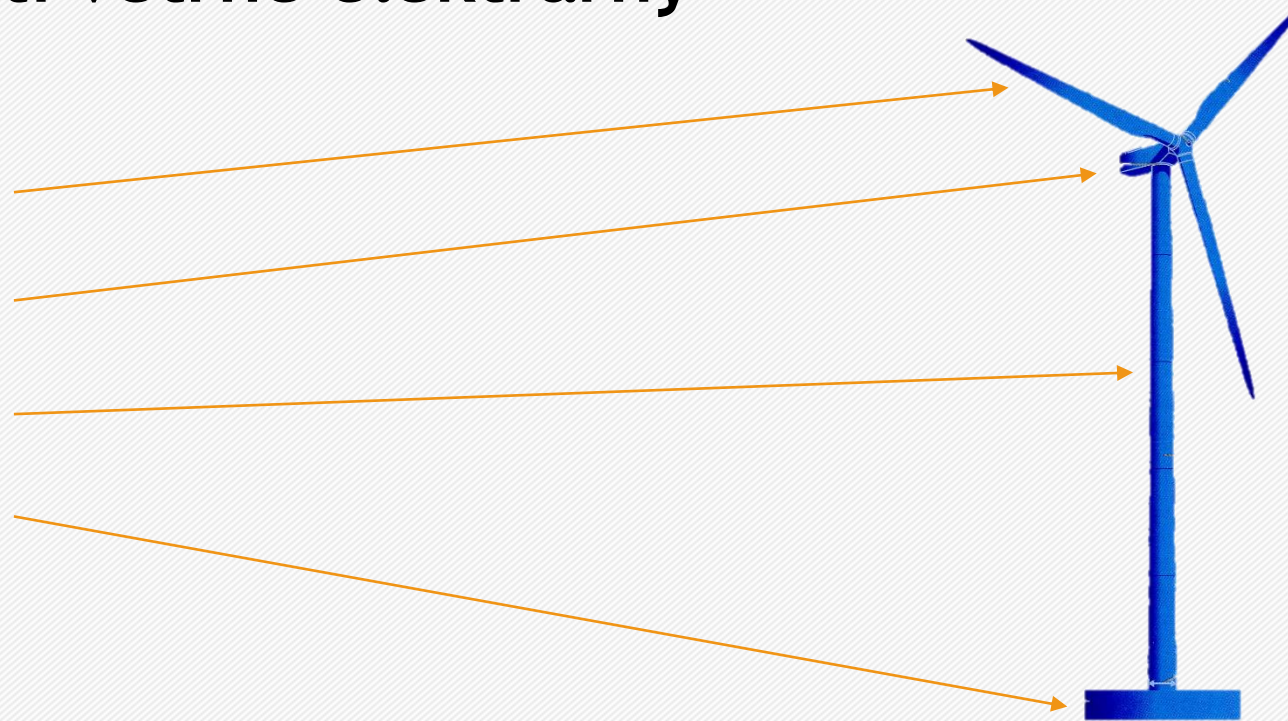


# Princip a základní části

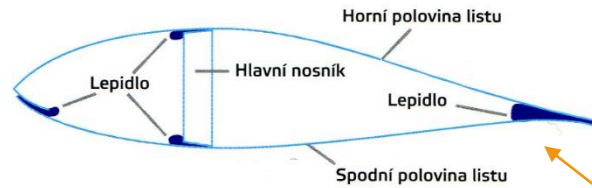
5

## Základní části větrné elektrárny

- rotor
- strojovna
- stožár
- základy



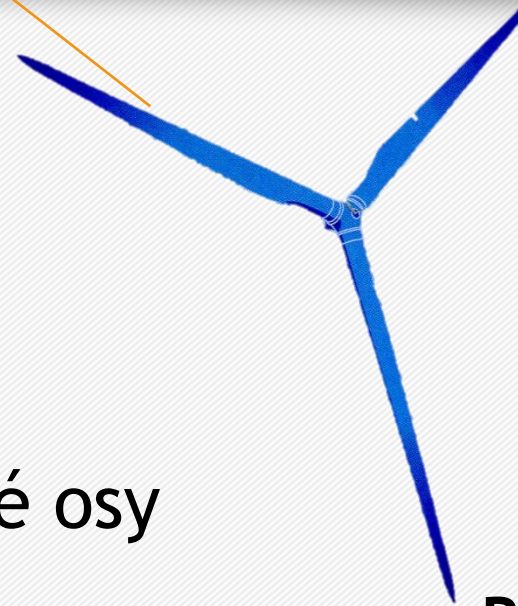
# Rotor



6

## Lopatka větrné elektrárny = list

- materiál listů  
✓ *sklolaminát*
- natáčení listů kolem jejich podélné osy  
✓ *změna úhlu náběhu*



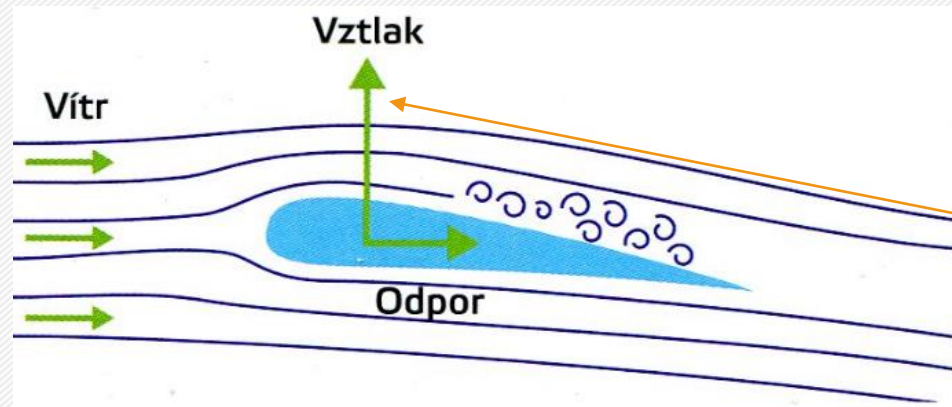
**Hmotnosti**  
Rotor 40 t  
List 6,5 t

**Rozměry**  
Rotor - průměr: 80-100 m  
List - délka: 39-49 m

# Rotor - aerodynamika leteckých profilů

7

list = aerodynamický profil - analogie ke křídlu letadla

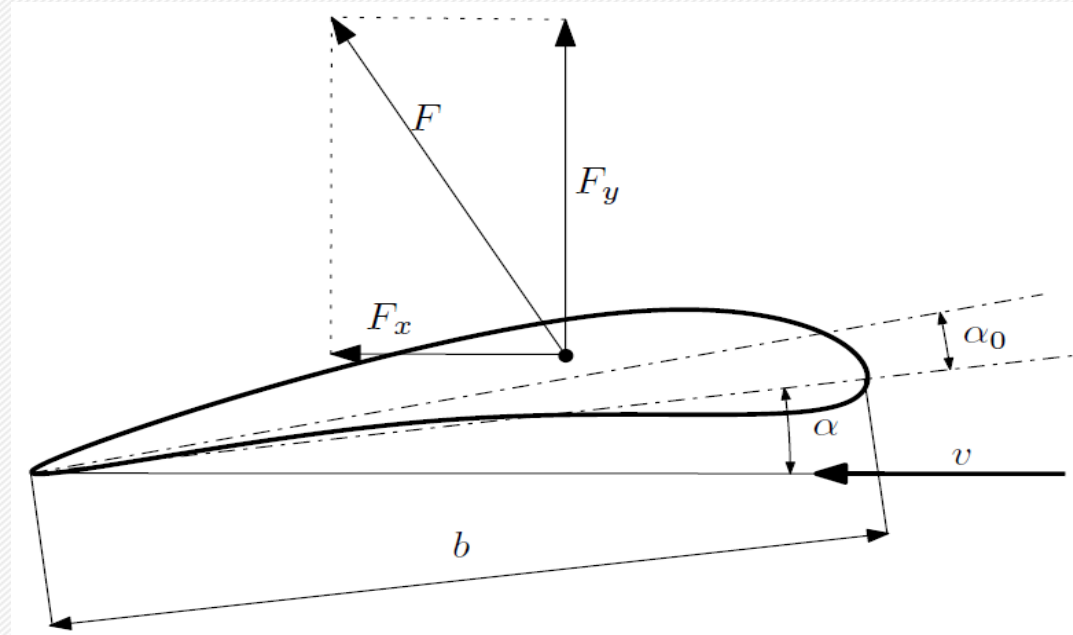


vztlaková síla

# Rotor - aerodynamika leteckých profilů

## Profil

- náběžná hrana
- odtoková hrana
- délka tětivy profilu  $b$
- úhel náběhu  $\alpha$



*Profil listu musí být na rotoru umístěn tak, aby byl proti větru otočen svojí SPODNÍ STRANOU.*



# Rotor - aerodynamika leteckých profilů

9

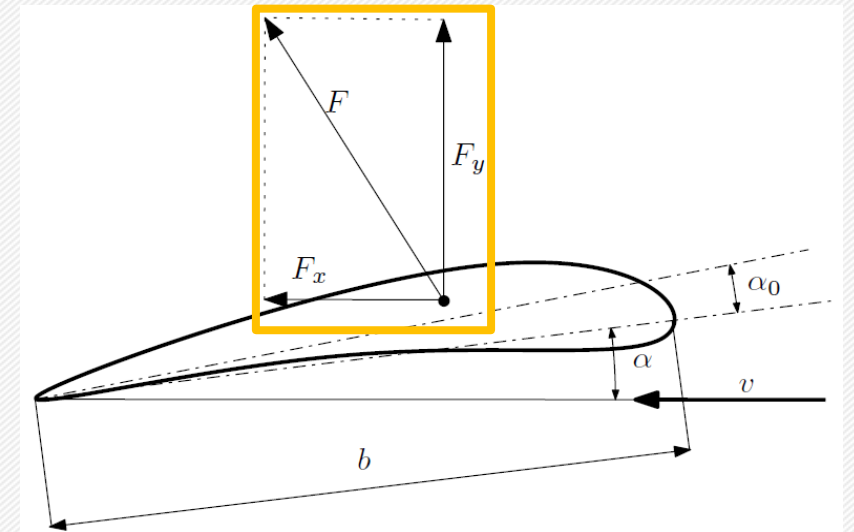
Působením tlaků na povrch profilu vzniká výsledná síla  $F$

- $F_y$  vztaková složka kolmá na směr proudu vzduchu
- $F_x$  odporová složka ve směru proudu vzduchu

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F_y = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_y \cdot A \cdot v^2$$
$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_x \cdot A \cdot v^2$$

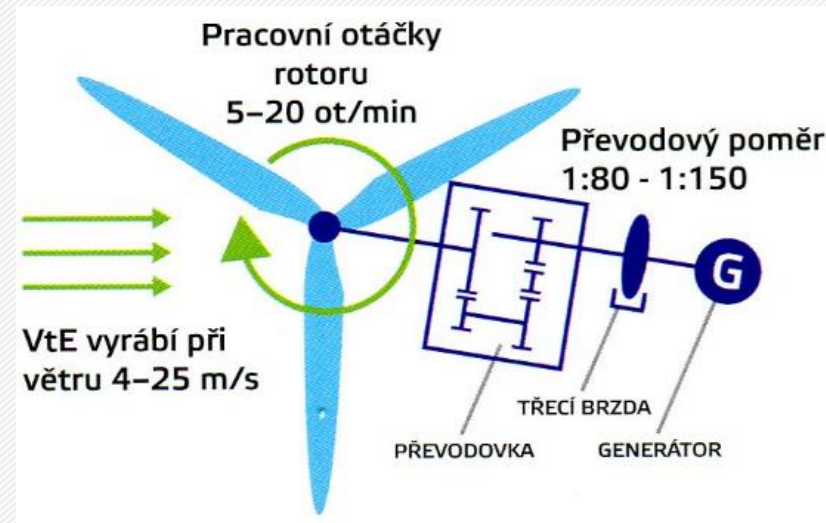
aerodynamický součinitel vztlaku  $c_y$   
aerodynamický součinitel odporu  $c_x$



# Strojovna

10

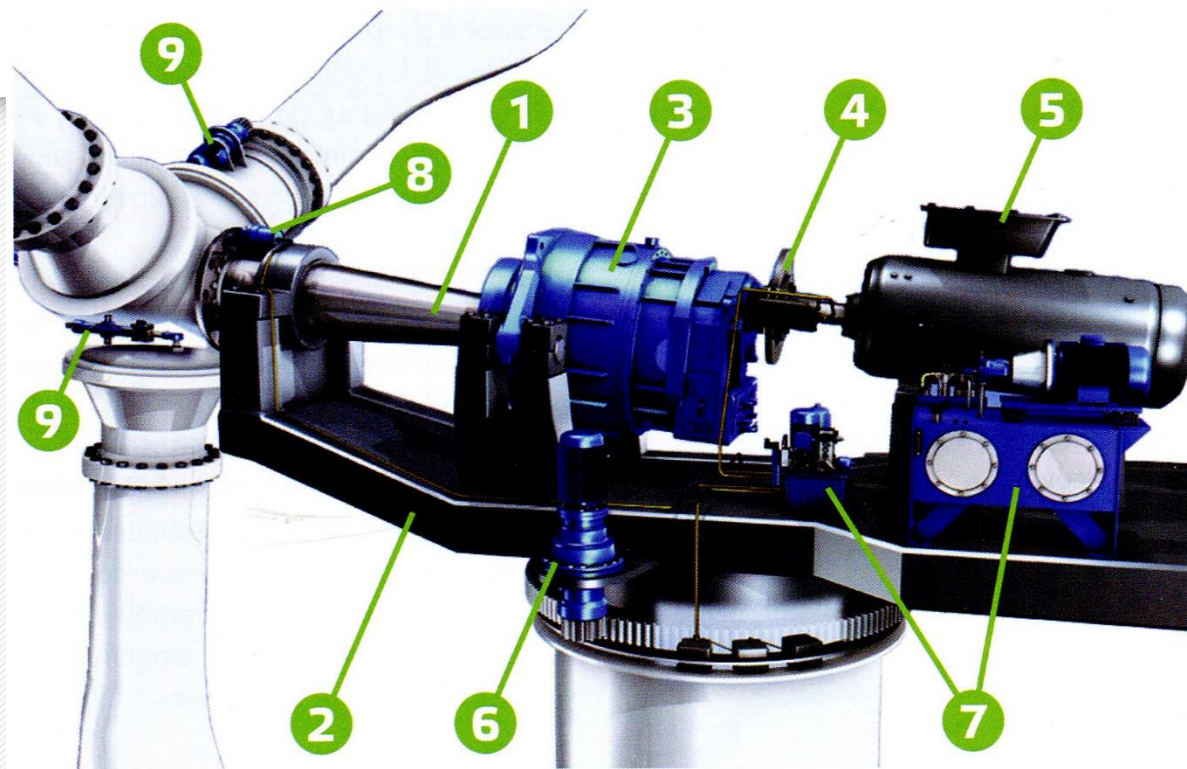
- rotor
- převodovka
- třecí brzda
- generátor



Hmotnost  
Strojovna 70 t

# Strojovna

- rotor
- převodovka
- třecí brzda
- generátor



1. hlavní hřídel
2. nosný ocelový rám
3. převodovka
4. kotoučová třecí brzda
5. generátor
6. elektropohon natáčení strojovny do azimutu větru

Strojovna (Zdroj: Bosch)

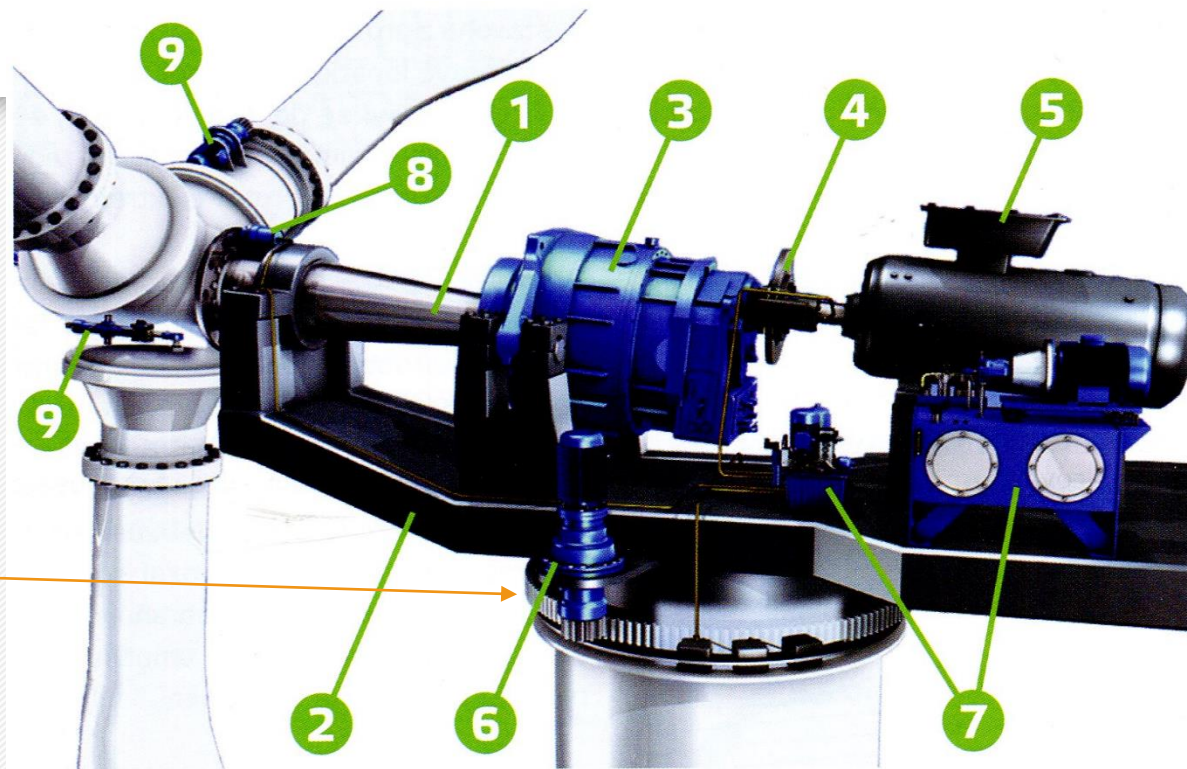
7. hydraulický pohon (čerpadlo, řídicí jednotka) pro brzdu, natáčení listů či parkovací brzdu
8. parkovací brzda rotoru v době údržby
9. systém natáčení listů (pomocí elektromotoru či hydraulického válce)

# Strojovna

12

Strojovna i s rotorem se  
natačí do azimutu větru

✓ *rotor je kolmo vůči  
směru větru*



Strojovna (Zdroj: Bosch)

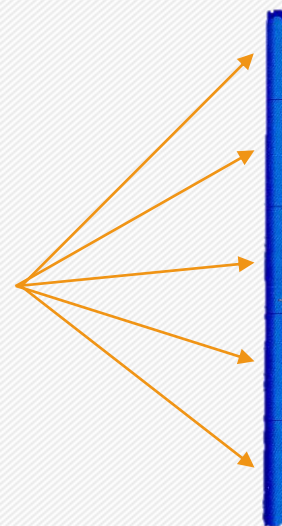
1. hlavní hřídel
2. nosný ocelový rám
3. převodovka
4. kotoučová třecí brzda
5. generátor
6. elektropohon natáčení strojovny do azimutu větru
7. hydraulický pohon (čerpadlo, řídicí jednotka) pro brzdu, natáčení listů či parkovací brzdu
8. parkovací brzda rotoru v době údržby
9. systém natáčení listů (pomocí elektromotoru či hydraulického válce)



## Různé možnosti provedení

✓ *ocelový stožár mírně kónického válcového tvaru*

sestaven až z 5 segmentů



**Hmotnost**

Stožár 150-225 t

**Výška**

Stožár 80-125 m

# Stožár

14

- žebřík
- kabeláž
  - ✓ *vyvedené elektrické energie do sítě*
- řídicí vybavení elektrárny
  - ✓ *v patě stožáru*

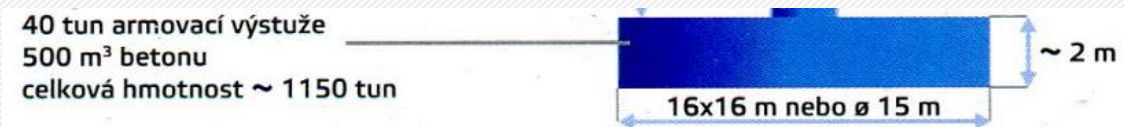


# Základy

15

## Betonový základ

✓ *beton + armovací výztuže*



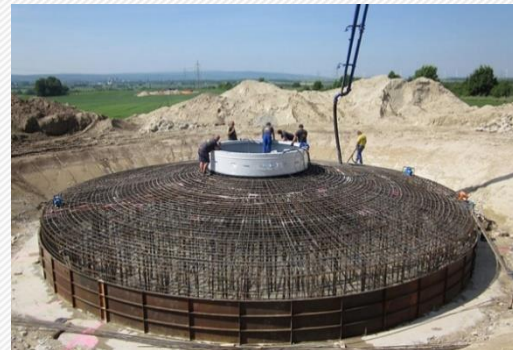
**Hmotnost**  
Základ 1150 t

**Rozměry**  
Základ - průměr: 15 m  
Základ - výška: 2 m

# Základy

16

- vyvezení zeminy
- betonová deska o tloušťce 8 cm
- fundament = základový prstenec - ocelový díl (26 t)
  - ✓ *otvory pro armovací výztuže a vyvedení kabeláže*
- armovací výztuž + trubky pro vyvedení kabeláže
- horní příruba pro 1. segment stožáru
- beton
- nátěr
- zavezení zeminou

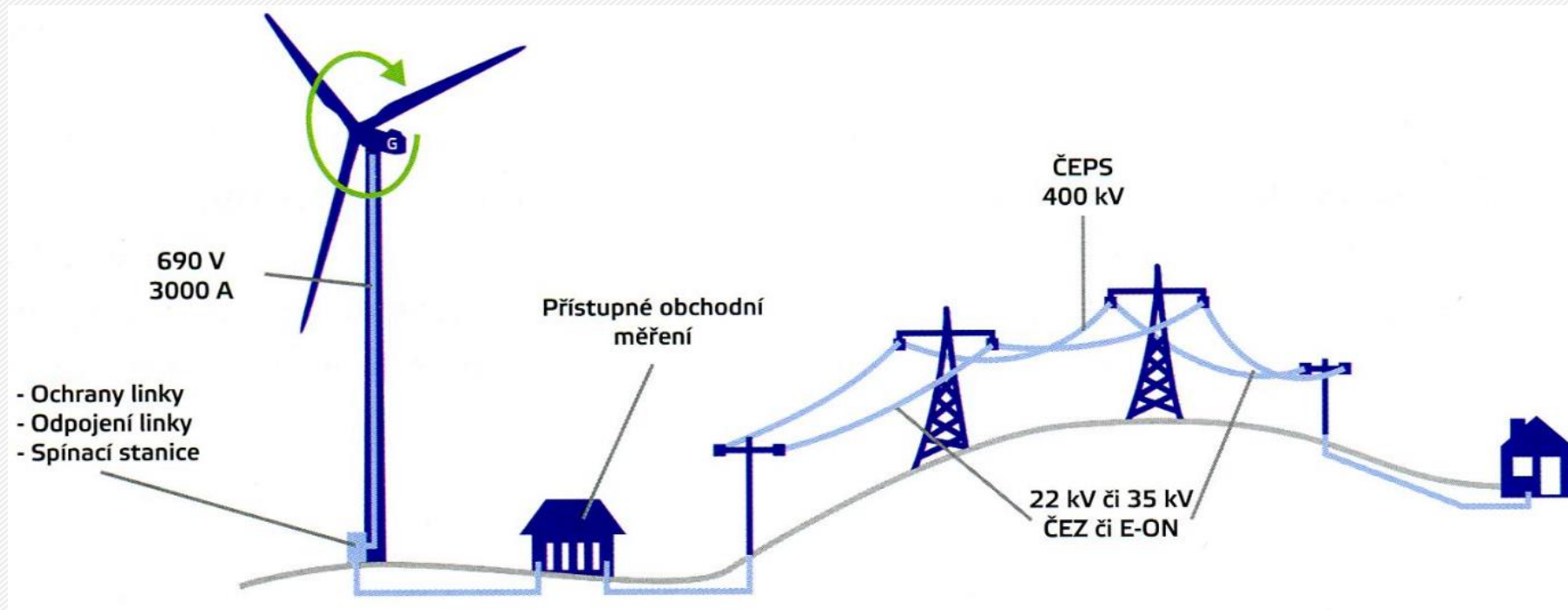




# Vyrobená elektřina

17

## Provoz větrné elektrárny z hlediska distribuce elektřiny



# Vývoj velikosti větrných elektráren

18

Výkon větrného motoru pro zadanou rychlost větru

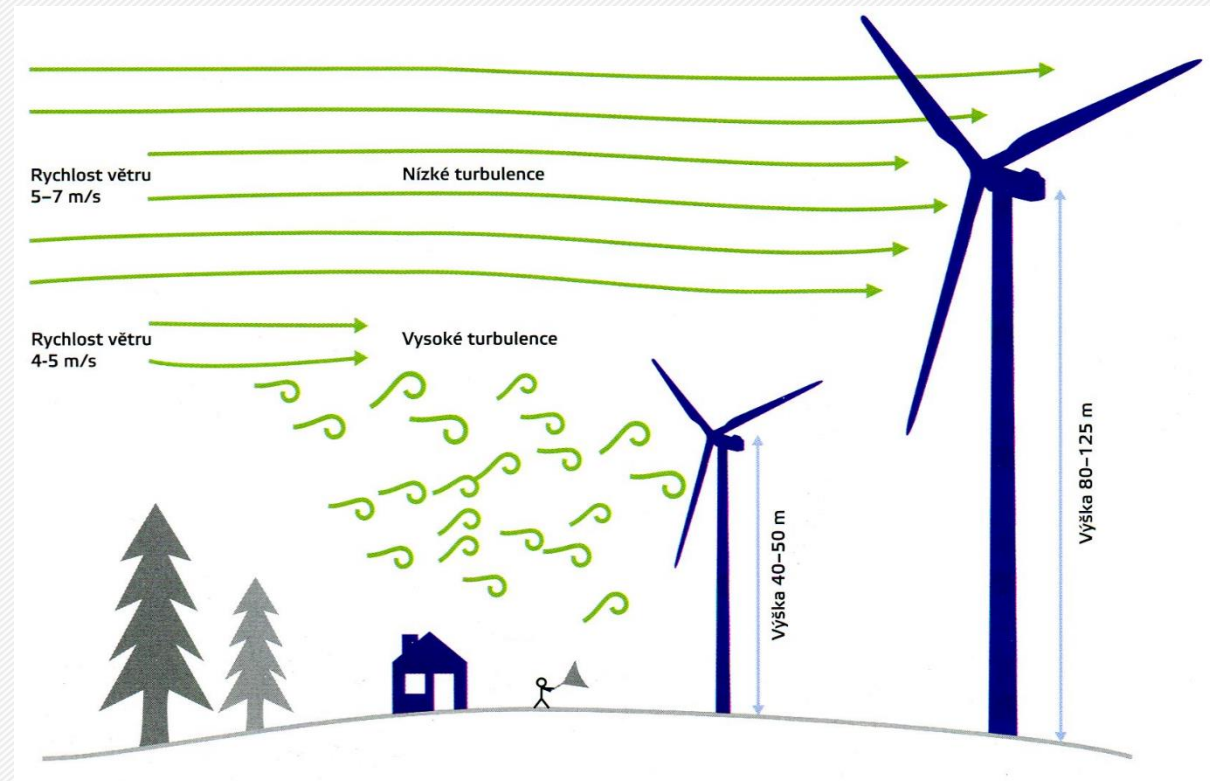
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot A \cdot v^3$$

*naměřená nebo z klimatologických  
měření vypočtená průměrná roční  
rychlost v konkrétní výšce osy rotoru*

# Vývoj velikosti větrných elektráren

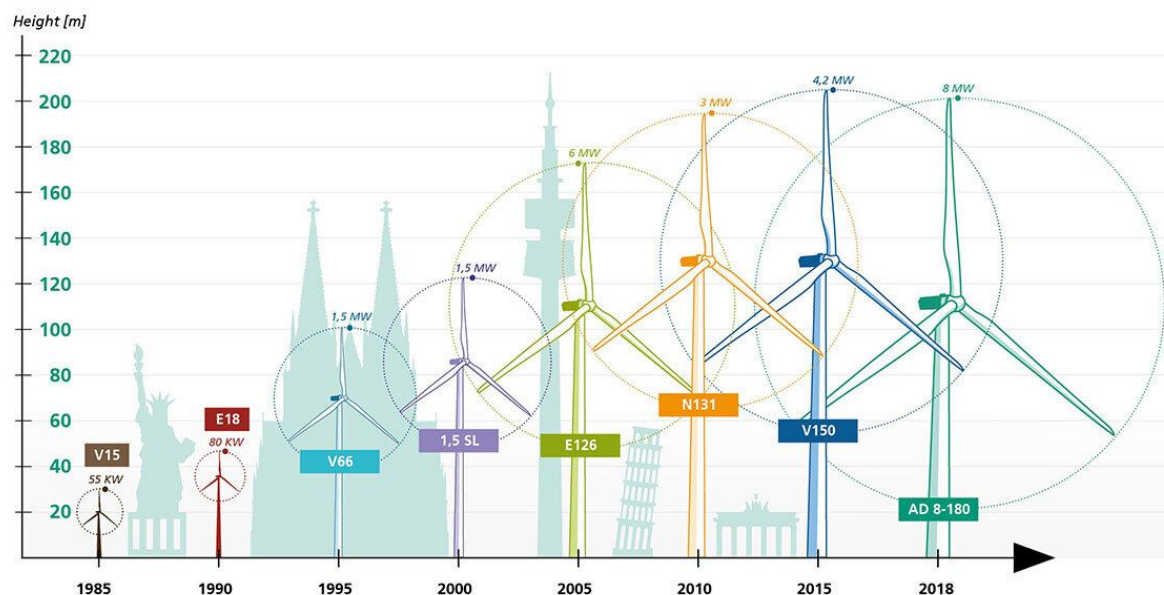
19

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot A \cdot v^3$$



# Vývoj velikosti větrných elektráren

20



větrné elektrárny	90.léta	Dnes běžné	dnes největší
Výkon	do 100 kW	2 MW	10 MW
Průměr rotoru [m]	20 - 30	90 - 100	instalace na moři
Výška stožáru [m]	30 - 40	80 - 125	„off-shore instalace“

# Od myšlenky k výstavbě a provozu

## Záměr investora

### Zhodnocení lokality

- Větrný potenciál lokality
- Posouzení z hlediska ochrany přírodního a duševního bohatství
- Vhodnost pro výstavbu (obydli v okolí, komunikační cesty, napojení na síť, podloží)

## Posouzení vlivu na životní prostředí + soulad s územním plánem obce

- **Studie EIA** (součást stavebního zákona) - nutná pro všechny energetické (i průmyslové) stavby. Posoudí se, zda je s ohledem na ŽP možné stavbu akceptovat.
- Výstavba musí být také v souladu s **územním plánem** obce.

## Stavební řízení na základě pravomocného územního rozhodnutí

- Technická stránka výstavby
- Vydání stavebního povolení

## Stavba

- Doprava komponent
- Montáž elektrárny (dle povětrnostních podmínek)

## Kolaudační řízení

- Stavební úřad ověřuje, že stavba byla řádně provedena
- Stanovuje podmínky provozu
- Povolí ostrý provoz



Na základě zhodnocení lokality představí investor svůj záměr dané obci. Následují **ankety a místní referenda**. Pak případně investor zajišťuje **souhlasy a povolení obce, úřadů** atd.

**Studie připojitelnosti a rezervace kapacity v síti**  
Třetí strana zpracuje investorovi studii, jestli je možné z hlediska bezpečnosti a stability sítě elektrárnu připojit

## Územní řízení

- Řeší podmínky, umístění a provedení výstavby.
- Získání stanovisek úřadů, např. souhlas se zásahem do krajinné rázu.
- Účast veřejnosti

## Financování projektu

- Na základě stavebního povolení se vyjednávají úvěry atd.
- Závazná objednávka komponent.

## Zkušební provoz

- Ověření elektrárny v provozu
- Vlivy elektrárny na okolí
- Ladění nastavení

## Ostrý provoz

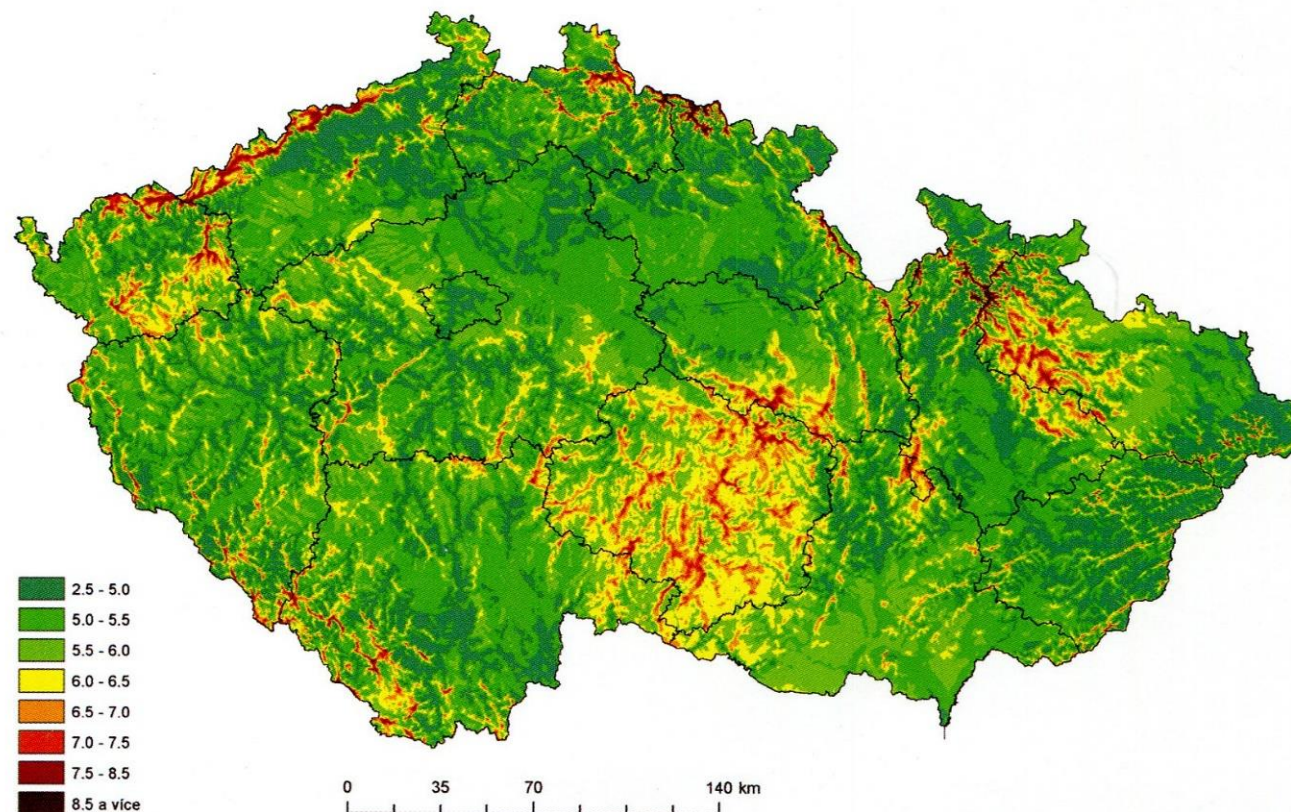


# Větrné elektrárny v ČR

22

## Rychlost větru v ČR

Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem (Zdroj: UFA)



# Větrné elektrárny v ČR

23

## Faktory ovlivňující reálný potenciál větru

- ochrana přírody
  - ✓ *nelze stavět v chráněné krajinné oblasti*
- dostatečná vzdálenost od obydlených míst

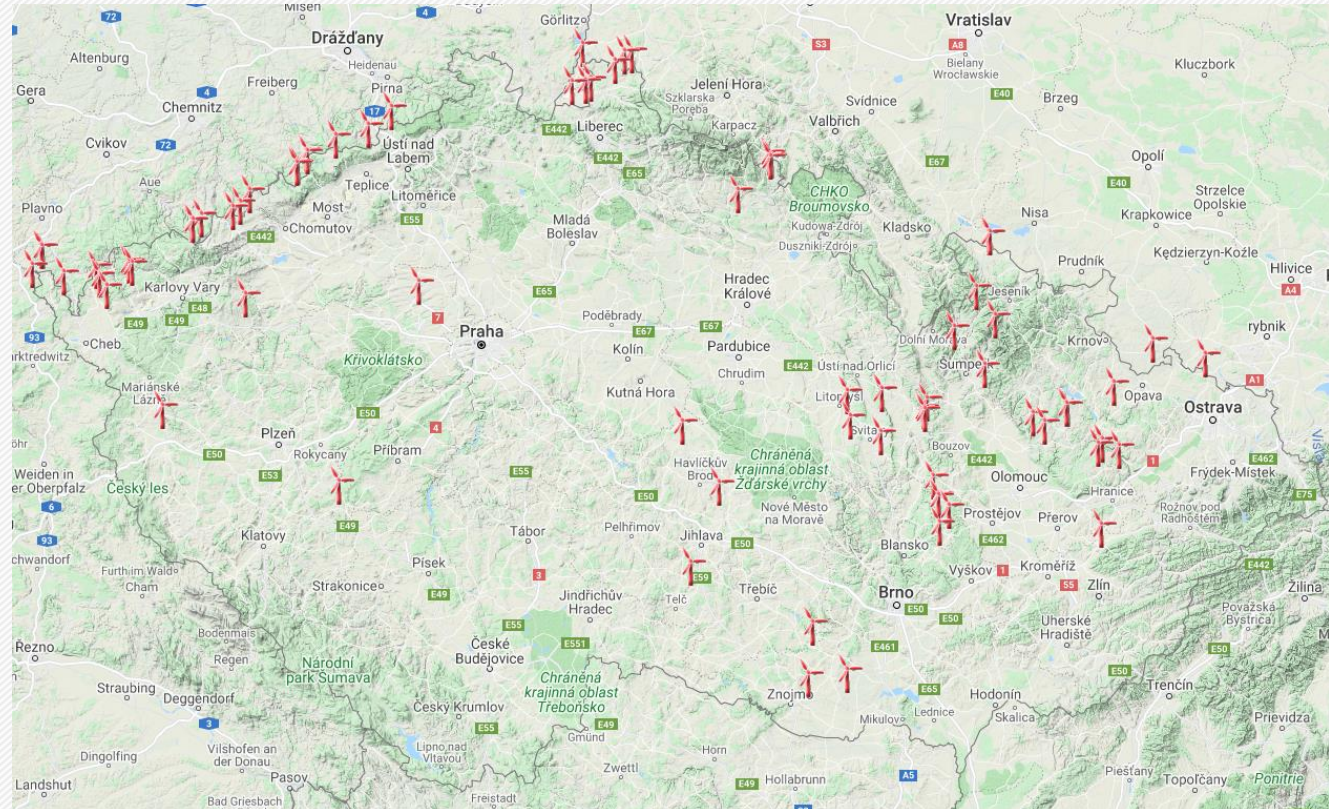
*„V ČR jsou obdobné povětrnostní podmínky jako v celé střední Evropě, nezdá se rentabilní masivně investovat do výstavby větrných elektráren v momentě, kdy má ČR možnost „větrnou elektřinu“ poměrně levně importovat z okolních zemí.“*



# Větrné elektrárny v ČR

24

## Rozmístění větrných elektráren v ČR





# Větrné elektrárny v ČR

25

**Příklad**  
**Větrná elektrárna Janov**

[virtualniprohlidky.cez.cz/cez-janov](http://virtualniprohlidky.cez.cz/cez-janov)



Děkuji za pozornost