

# Projekt větrné elektrárny s horizontální osou rotace TAAWIN ROSWELL v oblasti Boží Dar - Na Výsluní

vypracoval: Tomáš Vozáb

## Technické parametry elektrárny:

Průměr talíře:  $D_t := 5 \cdot \text{m}$

Výška talíře:  $h_t := 2.02 \cdot \text{m}$

Počet žeber celkem:  $n := 12$

Plocha žeber celková:  $S_C := 18 \cdot \text{m}^2$

Výška stožáru:  $H_S := 18 \cdot \text{m}$

Výška celková:  $H_C := H_S + h_t$   $H_C = 20.02 \text{ m}$

Průměr koruny stožáru:  $D_{ks} := 1 \cdot \text{m}$

Průměr úpatí stožáru:  $D_{ps} := 3 \cdot \text{m}$

Hmotnost stožáru:  $m_S := 3500 \cdot \text{kg}$

Hmotnost celková:  $m_C := 4500 \cdot \text{kg}$

Maximální otáčky:  $n_{\max} := 180 \cdot \frac{1}{\text{min}}$

Počáteční provozní rychlost větru:  $v_p := 2 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Max. rychlost větru: neomezená

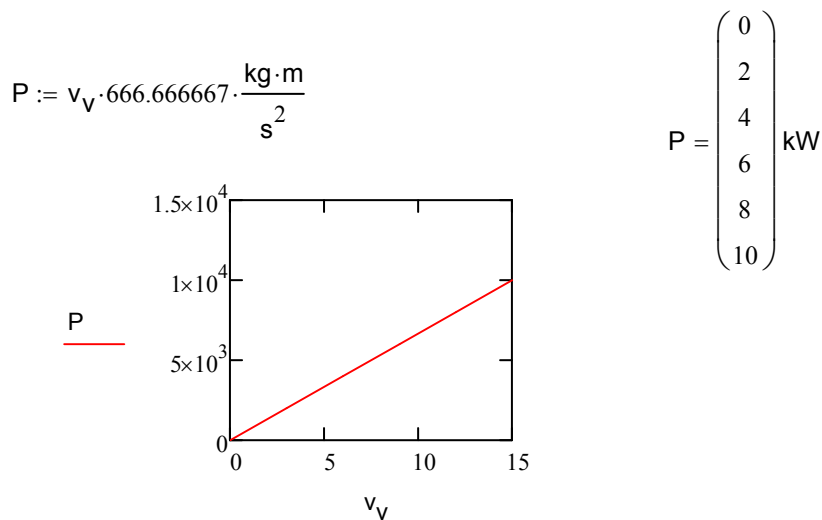
Špičkový výkon:  $P_{\max} := 15000 \cdot \text{W}$  při rychlosti větru nad 16m/s

Výkon P při rychlosti větru v, v:

$i := 1 \dots 5$

$$v_{V_i} := i \cdot 3 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_V = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 6 \\ 9 \\ 12 \\ 15 \end{pmatrix} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Ve zvolené lokalitě Božího Daru - Na Výsluní je dle povětrnostní mapy České republiky průměrná rychlost větru 6m/s. Těto rychlosti odpovídá průměrný výkon  $P_p=4000\text{W}$

$$P_p := 4 \cdot \text{kW}$$

Generátor je možný použít jakýkoli

Příslušenství: střídač 10kVA, do sítě 3x400V, Aku baterie NiCd, meteostanice, PC, telemetrie, kamerový systém, dálkové ovládání.

Předpokládaná životnost >20 roků.  $N_{\text{ww}} := 20 \cdot \text{yr}$   $K_c := 1$

Prodejní cena včetně příslušenství je 2 miliony CZK.  $M := 2000000 \cdot K_c$

Plocha talíře, která není využita pro výklopné lopatky, je pokryta solárními panely a to i plochy spodní. Takto získaná energie je využita pro napájení elektronických zařízení elektrárny. Cena panelů není započítána do celkové ceny elektrárny.

### Návratnost investice s ohledem na výkupní ceny energie:

Z rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (ERU) vyplývá, že výkupní ceny elektřiny z nových větrných elektráren budou v roce 2007 shodné s výkupními cenami pro nové větrné elektrárny v letošním roce, tedy 2.46 Kč/kWh.

$$\text{Výkupní cena energie } M_v := 2.46 \cdot \frac{K_c}{\text{kW} \cdot \text{hr}}$$

Pokud budeme uvažovat provoz elektrárny průměrně 10 hodin denně  $D := 10 \cdot \text{hr}$

$$\text{Doba návratnosti investice v hodinách: } T_{\text{ww}} := \frac{M}{M_v \cdot P_p} \quad T = 2.033 \times 10^5 \text{ hr}$$

$$\text{Doba návratnosti na dny provozu početD } \text{početD} := \frac{T}{D} \quad \text{početD} = 2.033 \times 10^4 \text{ Days}$$

Doba návratnosti na roky provozu při provozu 10 hodin denně početR:

$$\text{početR} := \frac{\text{početD}}{365} \quad \text{početR} = 55.685 \text{ Years}$$

Doba návratnosti na roky provozu při provozu 24 hodin denně početR24:

$$\text{početR24} := \frac{T}{24 \cdot \text{hr} \cdot 365} \quad \text{početR24} = 23.202 \text{ Years}$$

Pokud uvážíme zaručenou životnost dle výrobce > 20 let pak se nám náklady na zařízení v žádném případě nevrátí a to ani při 24hodinovém provozu zařízení. To je návratnost do 24 let. Do tohoto ovšem nebyly započteny náklady na instalaci zařízení v dané lokalitě.

## Vybraná lokalita:

### Boží Dar - Na Výsluní

poloha: Krušné hory, cca 1 km východně od obce Boží Dar, u silnice směrem na Klínovec, v těsném sousedství státní hranice s Německem

nadmořská výška: 1130m

souřadnice: 12°56'35"E 50°24'14"N

## Návrh ukotvení elektrárny v zemi (můj vlastní nápad)

**Nápad spočívá v ukotvovacím tělese**, na které se následně nasadí a příslušnými šrouby přimontuje stožár elektrárny. **Ukotvovací těleso**, na kterém jsou po obvodě v určité výšce od kraje navařeny speciálně tvarované tyče. Tvarované proto, aby při působení sil na stožár a talíř (nastává ohyb stožáru, který je přenášen až k ukotvení tudíž se ho snaží vyvrátit) zabránily vyvrácení celého základu. Je to **analogie kořenů stromu vycházejících z kmene v zemi**. Tvarování dále zabraňuje vysouvání tyčí z betonu vlivem vyvracejícího momentu jak by se mohlo stát pokud by byly jen rovné. Model ukotvovacího tělesa je součástí modelu elektrárny.

### postup ukotvení:

Nejprve se vykope díra o rozměrech: průměr 12m, hloubka 2m

dále se ve středu této díry vykope díra o průměru 5m, hloubce 2,5m

Následně se malá díra vylije betonem do výšky 0,6m, zarovná se do vodorovné roviny a nechá vytvrdnout. Na vytvrzený beton se položí ukotvovací těleso a následně se zalije zbytek díry.

Na zabetonované ukotvovací těleso se následně našroubuje stožár elektrárny.

## Spotřeba betonu a množství odstraněné zeminy:

Objem vykopané zeminy:

$$d_1 := 12 \cdot \text{m} \quad d_2 := 5 \cdot \text{m}$$

$$h_1 := 2 \cdot \text{m} \quad h_2 := 2.5 \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{zem}} := \left( \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot h_2}{4} + \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot h_1}{4} \right)$$

$$V_{\text{zem}} = 2.753 \times 10^5 \text{ L}$$

Objem potřebného betonu bude po odečtení objemu ukotvovacího tělesa roven přibližně  $V_{\text{bet}} = 250 \text{ m}^3$ .

## **Návrh dopravy zařízení na vybrané místo a následná montáž:**

Doprava na místo bude uskutečněna jedním tahačem s minimálně 12-ti metrovým návěsem, na který se připevní 18ti metrový stožár a to tak, že u začátku návěsu bude podložen (nejlépe ukotvovacím tělesem+zábranami) do takové výšky, aby mohl stožár přečínvat nad kabinu tahače a tím se ušetřilo místo v zadní části transportu (stožár=přepona v pravouhlém trojúhelníku). Trasa musí být naplánována tak, aby nevedla pod žádnými mosty, kde by komplex neprojel. Na dalším tahači bude umístěn talíř a to na výšku. Na místě bude pro usazení stožáru na zapuštěné ukotvovací těleso a následné usazení talíře na stožár zapotřebí jeřábu s ramenem minimálního zdvihu 20m.

## **Výhody lokality:**

Je zde již vybudována příjezdová cesta a kabelové trasy k již stojící větrné elektrárně. Tudíž pouze stačí kabely rozvést na vzdálenost takovou jaká je mezi nimi. Dále část vykopané zeminy by se mohla zavést na nedaleký svah v lyžařském areálu a to do snowparku k vybudování stálých základů pro skoky a podobné typy překážek, na které pak pouze nasněží vrstva sněhu a upraví se detaily odrazových můstků. (ušetří se sníh na vybudování celého základu). Lokalita není v blízkosti žádné obydlené oblasti, tudíž odpadají problémy s ovlivňováním života lidí v blízkosti stavby.

## **Některé převzaté informace od výrobce a distributora zařízení (jen samá chvála):**

Stroj ROSWELL / Shark gills / svou konstrukcí, půvabným, nadčasovým, futuristicky a technicky dokonalým vzhledem, zcela vybočuje z běžného provedení větrných strojů. Vertikální osa a vyvedení kroutícího momentu je provedeno do spodní části tubusu, kde v hermeticky uzavřeném prostoru je umístěn generátor, elektronika i veškeré ovládání. To vše znamená generální a zásadní přelom v dosavadních konstrukcích a pokrok v technickém vývoji klasických větrných strojů, které za poslední desetiletí prokázaly, že již ukončily svůj vývoj a nejsou dále perspektivní. Také charakter dosavadních větrných strojů, kdy na co nejdelší páce, / nejvyšším stožáru / je umístěno těleso / vrtule / s co největší plochou, lze označit za konstrukční nesmysl. Je to sice provedení vysoce relevantní svému určení a úmyslu, snaze projektanta, která však je omezena charakteristikou dostupných součástí, zejména vrtule. Zajišťuje to však také enormní výskyt lomových sil na vlastní tubus a především existenci, pro základ věže vyvracecích sil, které ohrožují samu podstatu větrné elektrárny. Nelze proto také tyto a podobné stroje stavět do vysoce extrémních, větrných oblastí a nelze je plnohodnotně a bez rizika pojistit. Větrná elektrárna Roswell je na rozdíl od uvedeného provedení mimořádně bezpečným zařízením, které je možno bez obav stavět do vysoce a hustě zastavěných lokalit, už také proto, že jde o konstrukci téměř bezhlučnou a prostou stroboskopických efektů.

Čočkovité těleso ("UFO"), které má mimořádně nízké  $c_x$ , zabezpečuje extrémně nízký odpor celé konstrukce vůči nárazovému větru i v oblasti nebezpečných rychlostí. Těleso nevytváří podtlakové a vztlakové efekty, není zdrojem turbulencí, stroj je schopen pracovat v mimořádně extrémním planetárním prostředí i mimo planetu Země, např. na Marsu, kde je již nutno připravovat pro nadcházející expedice zdroje energie. Vlastní práce tělesa je založena na bezztrátovém odporovém principu. Elektrárna je mimořádně tichá a bezpečná. Vlastní výkon a porpocionální řízení výkonu pohonné jednotky ("UFO") je docílen lineárním zvedáním "žaber" - klappek, otvíraných, mírně zakřivených ( výklopných ploch ) vždy na jedné polovině tělesa, v závislosti na směru větru a také na poloze ve které se klapky nacházejí. Mechanický systém otevírání a zavírání je bezkontaktní a neopotřebovává se. Rotující těleso, včetně lamel, pokrývajících zvenčí ocelovou konstrukci tubusu, je vyrobeno z vysoce odolných kompozitních materiálů a polymerů, které lze libovolně barevně temperovat.

Při nízkých rychlostech větru lze docílit zvýšení výkonu paralelním otevíráním spodních klapek. Rotující části / UFO / lze stavět až v počtu 3 ks nad sebe, přičemž prostřední těleso rotuje v protisměru.

Povrch kotouče lze opatřit, na ploše téměř 23 m čtverečních, fotovoltaickým kobercem-folií. V takovém provedení jde o větrnou elektrárnu, která je schopna vyrábět elektrický proud i když nefouká vítr a stroj stojí. V extrémních větrných situacích lze pouhým zavřením všech klapek stroj bezpečně zastavit v jakémkoliv režimu a plynulou elektronickou regulací odporových klapek lze odebírat požadovaný elektrický výkon i při extrémních rychlostech větru zcela bezpečně, proces může být plně automatický. Roswell je špičkovou konstrukcí Jana Tauše v oboru větrných strojů a nemá na světě obdoby. Po zavedení seriové výroby lze očekávat, že cena nebude vyšší, než stroje klasické konstrukce a srovnatelného výkonu. Ve firmě Taawin Brno se již připravuje výrobní základna pro vlastní produkci strojů, zhotovují se první prototypy pro výstavní účely. Rovněž se technologicky připravuje výroba menších strojů pro použití na sportovních a rekreačních plavidlech.

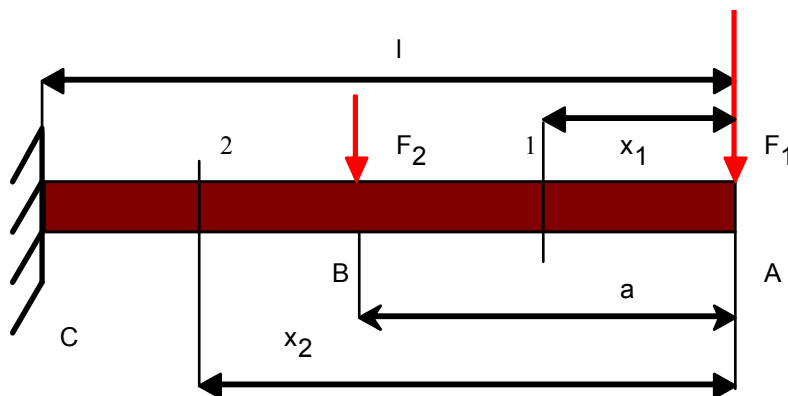
Firma TAAWIN a konstruktér Jan Tauš již obdrželi mnoho vysoce kladně hodnotících uznání své práce a je zřejmé, že tento stroj najde uplatnění v mnoha oblastech na planetě, kde dosud nebylo možné stavět jiné větrné stroje. Točivý moment hřídele není nutno vyvádět na zdroj elektrické energie - generátor, je možné ho vyvést na čerpadlo, vyrábět teplo třením, popř. roztáčet pilu nebo např. zajistit pohon pásu se zavíráním lahví čehokoliv.

## Závěr a shrnutí:

Přes všechny skvělé vlastnosti, které zařízení má oproti běžně používaným větrným elektrárnám je jeho využití spíše vhodné pro rodinné domy například pro napájení tepelných čerpadel a podobně. Jako výkonný zdroj energie se v podmínkách, kde je rychlost větru kolem 6m/s využít nedá. **Z vypočtené doby návratnosti částky, kterou musíme investovat do zařízení vyplývá, že se zařízení pro tento projekt rozhodně nevyplatí.** A to jsem nezapočítal do ceny investované do zařízení cenu za: nákup parcely, potřebný beton, stroje na dopravu a instalaci na místě, pracovní sílu a údržbu zařízení.

## Výpočet ohybového momentu stožáru větrné elektrárny při vysoce extrémních, větrných podmínkách (volím rychlost větru 50m/s).

Stožár elektrárny budeme aproximovat vetknutým nosníkem zatíženým dvěma osamělými silami.



$$v := 50 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad t := 2 \cdot \text{s} \quad a_v := \frac{v}{t} \quad a_v = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\rho_v := 1.34 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad V_{v1} := 22 \cdot \text{m}^3 \quad m_{v1} := \rho_v \cdot V_{v1} \quad m_{v1} = 29.48 \text{ kg}$$

$$V_{v2} := 9 \cdot \text{m}^3 \quad m_{v2} := \rho_v \cdot V_{v2} \quad m_{v2} = 12.06 \text{ kg}$$

$$F_1 := a_v \cdot m_{v1} \quad F_2 := a_v \cdot m_{v2}$$

$$F_1 = 737 \text{ N} \quad F_2 = 301.5 \text{ N}$$

ohybové momenty:

$$l := 19.01 \cdot \text{m} \quad a := 10.01 \cdot \text{m} \quad x_1 := 5.005 \cdot \text{m} \quad x_2 := 14.51 \cdot \text{m} \quad x_0 := 0 \cdot \text{m}$$

$$F_1 := 737 \cdot \text{N} \quad F_2 := 301.5 \cdot \text{N}$$

$$M_{oA} := 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{o1} := 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{oB} := 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{o2} := 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{oC} := 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Given

$$-F_1 \cdot x_0 - M_{oA} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$-F_1 \cdot x_1 - M_{o1} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$-F_1 \cdot a - M_{oB} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$-F_1 \cdot x_2 - F_2 \cdot (x_2 - a) - M_{o2} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$-F_1 \cdot l - F_2 \cdot (l - a) - M_{oC} = 0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Find}(M_{oA}, M_{o1}, M_{oB}, M_{o2}, M_{oC}) = \text{N} \cdot \text{m}$$

**Jak je patrné ze získaných výsledků největší ohybový moment je v místě C, které reprezentuje místo ukotvení stožáru elektrárny v zemi. Ohybový moment maximální je tedy  $M_{oC} = 16720 \text{ Nm}$ .**

$$M_{o,max} := 1.672 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad D_C := 3 \cdot \text{m} \quad d_C := 2.96 \cdot \text{m}$$

průřezový modul v ohybu:

$$W_o := \left( \frac{\pi}{32} \right) \cdot \frac{(D_C^4 - d_C^4)}{D_C} \quad W_o = 0.139 \text{m}^3$$

materiál stožáru: ocel 16 420,  $\sigma_{DoII} := 120 \cdot 10^6 \cdot \text{Pa}$

pevnostní podmínka v ohybu:

$$\sigma_o := \frac{M_{o,max}}{W_o} \quad \sigma_o = 1.207 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \sigma_{DoII} = 1.2 \times 10^8 \text{Pa}$$

$$\sigma_o := 1.207 \times 10^5 \cdot \text{Pa} < \sigma_{DoII}$$

**Z pevnostní podmínky vyplývá, že průřez v kritickém bodě je dostatečný.**









