

STOŽÁR PRO TRANSPORTABILNÍ MĚŘICÍ STANICI

The Stand for Transportable Measuring Station

Ing. Karolina Macúchová, Bc. Karel Muzika, doc. Ing. Josef Zicha, Csc.

Abstrakt: Při standardním měření meteorologických parametrů jsou v rámci grantového projektu „Vývoj metody stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech, návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiverzity“ používána měřidla stabilně montovaná v terénu. Pro dokonalejší popis studovaných jevů (tok energie a látek přírodou) je žádoucí doplnit měření o výšková data a o údaje o vyzářování z útvarů v terénu se nacházejících. K tomuto účelu byla vyvinuta a je realizována popsaná měřicí stanice.

Key words: zpracování obrazové informace, mikroklimatické parametry, tok vody a energie v přírodě, meteorologické měřicí zařízení, transportabilní meteorologická měřicí stanice, vertikální rozložení meteorologických parametrů

1. Úvod

Základní myšlenkou projektu TOKENELEK je studium a sledování toků vody, živin a energie přírodou s tím, že konečným cílem má být m.j. odhad dlouhodobé stability sledované části krajiny a pokus o definici kvalitně měřitelných markerů, které by upozornily na eventuální nestability ve vývoji krajiny a na její možnou degradaci na ekologicky nižší úroveň. Nutnou podmínkou pro dosažení tohoto cíle je měření relevantních parametrů na dostatečně dlouhých časových škálách a na různých místech sledované krajiny.

Na tomto místě je nebytné upozornit na to, že s ohledem na co možná nejjednodušší matematickou simulaci se obecně předpokládá lineárnost studovaných dějů, což však je pravda jen v počátečním stadiu zkoumání. Dříve či později se musíme smířit s tím, že skutečnost je mnohem složitější, jevy v přírodě nejsou lineární a důsledkem je možnost překotného rozvoje jevu, který podle počátečních náznaků takovou dynamikou nedisponoval. Z toho plyne povinnost měřit co možná přesně, kvalitními přístroji s požadavkem na vysokou reprodukovatelnost měření, s očekávanou křížovou kontrolou získávaných dat a samozřejmě s jejich kvalitním matematickým zpracováním a vyhodnocením. Dalším rozumným předpokladem jsou měření na dlouhých časových škálách, protože to je jediná cesta, jak odlišit náhodné fluktuace od signálů, které mohou být tou příslovečnou a trpělivě hledanou jehlou v kupce sena.

V současnosti lze data nutná pro zmíněnou diagnostiku získávat ze stacionárních pozemních měřicích stanic, ze snímků pořizovaných ze vzducholodi (z výšky cca 150 m), z leteckého průzkumu (z výšky do 2 000 m) a konečně z družic. Uvedené možnosti má rozšířit dále popsany systém transportabilní měřicí stanice, která dovolí komplexní měření

potřebných dat na vybraných místech (zpravidla u pozemních měřicích stanic) a dále umožní snadné přestěhování systému a postupné měření na různých místech zkoumané krajiny.

Realizovaná stanice bude plně autonomním pracovištěm a k doposud měřeným datům přidá data další, jiným způsobem neměřitelná, která poskytnou informace o prostorové dynamice studovaných dějů. Příkladem může být výškové rozložení rychlosti větru, jehož vliv na odpařování vody (z energetického hlediska jeden z klíčových jevů v přírodě probíhajících) je zřejmě velice důležitý.

2. Základní informace

Principiální konstrukční řešení měřicí stanice je výsledkem podrobných úvah, jejichž tématem byl převod dat získávaných různými metodami „na společného jmenovatele“ a specifikace dalších zdrojů dat chybějících k co nejlepšímu popisu energetických dějů v přírodě probíhajících. Výsledkem diskusí byl návrh na vývoj a realizaci stožáru vysokého cca 30 m, který bude snadno demontovatelný a transportovatelný na přívěsu za osobním autem a umožní bezpečnou instalaci termografické kamery s další sadou podpůrných měřidel. Informace získané termografickou kamerou budou doplněny ještě daty z kamery pracující ve vizuální oblasti, takže bude možné snadné přiřazení obou souborů obrazových informací.

Samozřejmě existuje řada možností, jak umístit kameru do potřebné výšky. Problém však spočívá v tom, že se jedná o poměrně „těžkou techniku“ (např. výsuvné montážní plošiny), která by značně zdevastovala terén a prostředí, jehož parametry se mají měřit. Neméně významným faktorem je to, že měření se budou odehrávat z velké části na soukromých pozemcích (se souhlasem majitelů), takže i z toho důvodu si nemůžeme dovolit způsobit nějaké škody.

S ohledem na požadovanou pružnost používání a dále kvůli omezeným lidským zdrojům je nezbytné, aby montáž i demontáž probíhala s malým počtem lidí – po získání potřebné rutiny se očekává dvoučlenná (lépe dvoumužná) obsluha, z čehož vyplývá maximální hmotnost přenášených dílů na cca 50 kg. Toto kritérium vyžaduje, aby nejdůležitější prvek navrhované konstrukce - stožár - byl vyroben z uhlíkového kompozitu, jehož materiálové konstanty jsou pro dané použití optimální.

Při hledání způsobu technického řešení jsme našli firmu, která vyrábí sportovní lodě (např. katamarány) s veškerým příslušenstvím (stěžně) a má zkušenosti i s armádními zakázkami při realizaci podpůrných sloupů a podobných zařízení. Zde jsme získali řadu důležitých informací o způsobu používání kompozitových produktů a zejména výpočet s dokumentací důležitou pro podrobné konstrukční řešení. Před zahájením konstrukčních prací bylo potřeba rozhodnout, zda stožár má být teleskopický a nebo zdvíhaný z vodorovné montážní polohy. Obě řešení mají své klady a zápory, nakonec (a také v souladu s doporučením výrobce) bylo rozhodnuto ve prospěch druhé alternativy.

3. Zadání

Navrhněte a realizujte transportabilní měřicí stanici, která umožní jednak sledovat a zaznamenávat vizuální a infračervený obraz části terénu a dále detekovat a ukládat informace

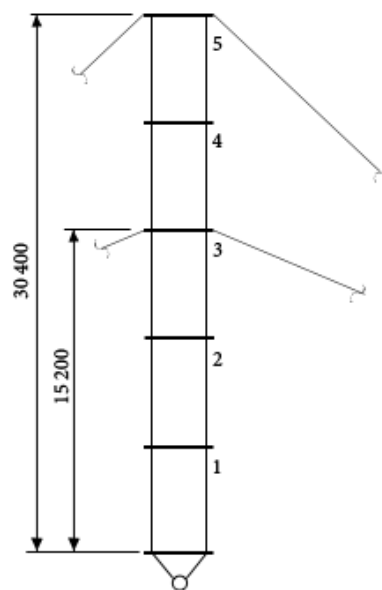
o rozložení základních meteorologických dat mezi povrchem terénu a kamerami umístěnými ve výšce cca 30 m.

Transportabilní stanice bude autonomní zařízení schopné práce v plně automatickém režimu s obsluhou potřebnou k montáži, kontrole provozu a k ochraně drahých měřicích systémů.

Stanice bude s celým příslušenstvím transportovatelná na přívěsném vozíku za osobním autem. Zařízení je navrženo pro práci až do rychlosti větru 15 m/s. Tato podmínka je splněna v 90% denní doby v průběhu roku.

4. Popis konstrukce

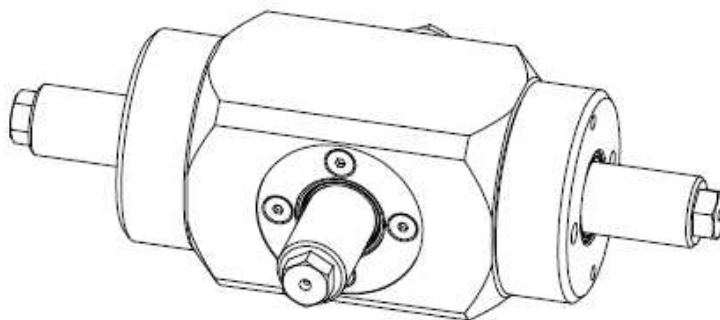
Hlavní součástí realizovaného zařízení je stožár vyrobený z uhlíkového kompozitu, přičemž základními jednotkami jsou čtyři trubky o světlosti 220 mm (na spojovacích přírubách) a délce 7 600 mm, na koncích vybavené zesílenými patkami pro spojení čtyřmi svorníky se závitem M 14. Mezi jednotlivými trubkami a na jejich koncích jsou pro usnadnění montáže vloženy středící příruby (celkem 5 ks). Strukturou odlišné liché příruby jsou složeny z texgumoidových částí, mezi kterými je z pevnostních důvodů vložena duralová vložka ve tvaru mezikruží. Tato materiálová kombinace byla zvolena pro dosažení elektricky nevodivého mechanického spojení za účelem zamezení korozně nevhodného kontaktu mezi kompozitem a Al slitinou. Obě sudé příruby jsou stejné, texgumoidové a jejich účelem je zejména usnadnění montáže stožáru.



Obr. 1- stožár

Pro dosažení potřebné stability jsou podstatné části systému svázány dohromady základnou ve tvaru kříže. Podélná část je tvořena ocelovým jeklovým profilem 180 x 100 mm dlouhým 4 000 mm, ke které je přišroubována příčná část dlouhá 3 000 mm. Další podélná část je svařenec ze dvou jeklových profilů 80 x 60 mm dlouhý 4 000 mm. Změna profilu souvisí s menším namáháním. Na volných třech koncích dvou prvních prvků jsou oka, která slouží k přišroubování kříže na zemní kotvy.

Pata stožáru je spojena s volným koncem podélné části základny Kardanovým kloubem. Osy kloubu jsou orientovány tak, aby bylo možné vztyčení stožáru (rotace kolem 1. osy z montážní polohy ve směru „vpřed“, tedy od základny) a výkyvy kolem 2. osy. Kardanův kloub vylučuje rotaci kolem podélné osy stožáru, což je nutné z hlediska udržení směrové stability kamer.



Obr. 2 –Kardanův kloub, publikováno se svolením BMD Teplice

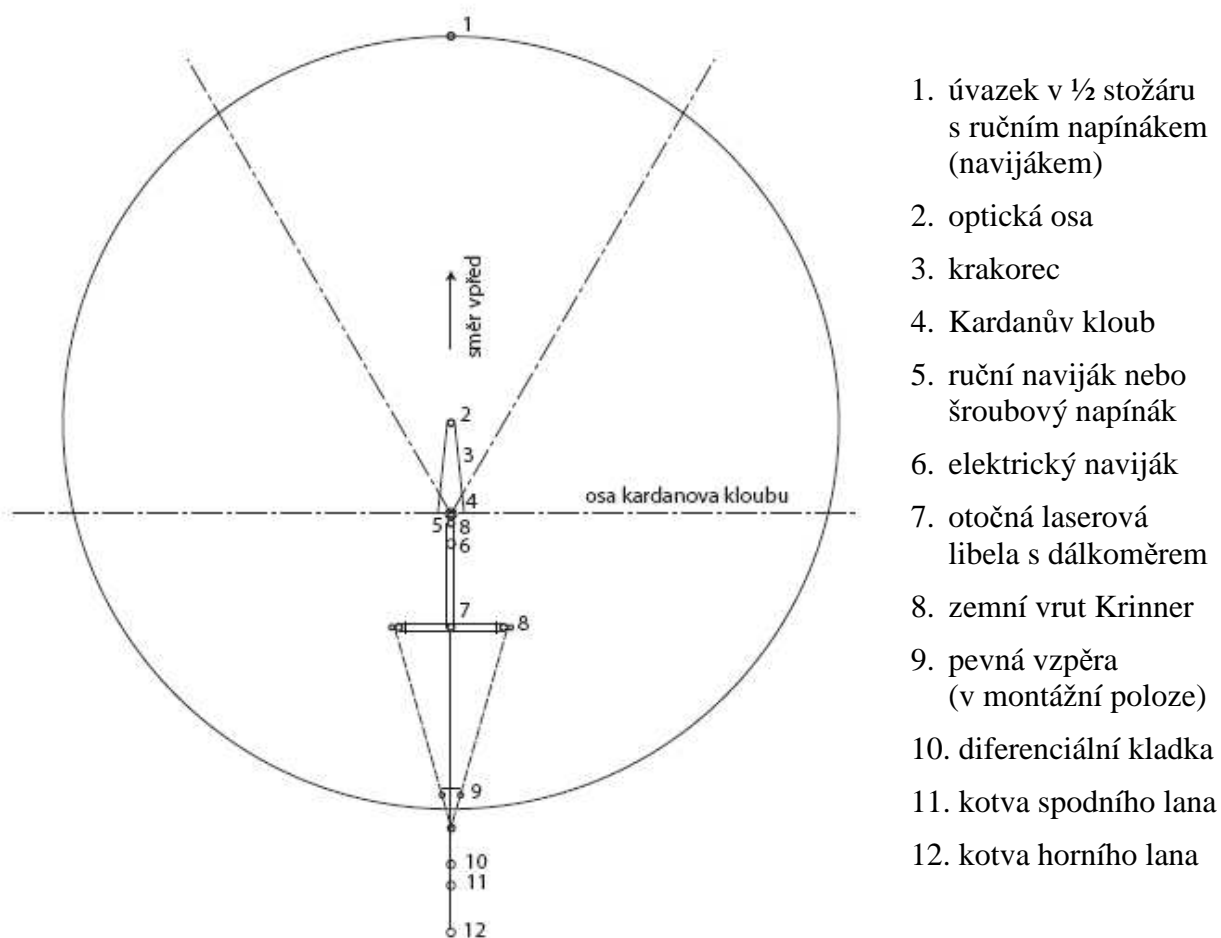
Ke kotvení je použito dvou systémů vytvořených dvěma pěticemi ocelových lanek o průměru 6,3 mm, která budou upevněna jednak ke 3. přírubě ve výšce 15 200 mm a k přírubě na vrcholku stožáru. Lana jsou kotvena k zemním vrutům. Protože jejich funkce je vyžadována též při vztyčování stožáru, musí splnit několik dalších podmínek :

- Eliminace bočních výkyvů je zajištěna tím, že zemní kotvy dvou párů lan leží na 1. ose Kardanova kloubu.

- Další dva páry lan jsou kotveny v přední polorovině tak, že svislé roviny (procházející stožárem) svírají úhel 60°.

- Zdvih stožáru je zabezpečen posledním lanem, jehož konce jsou upnuty na vrcholku a uprostřed stožáru. Tahová síla vyvozená dvoububnovým navijákem se na toto lano přenáší diferenciální kladkou, která zabezpečuje rovnost sil působících na vrcholku a uprostřed stožáru. Pro dosažení stejné úrovně bezpečnosti kotvení i u těchto lan, použije se ještě jedno nezávislé pojistné lano napjaté mezi druhou přírubou (ve výšce 7 600 mm) a zadním koncem základny.

- Pro zabezpečení rovnosti sil působících na oba bubny navijáku je použita druhá diferenciální kladka. Délková kompenzace odchylek způsobených např. terénními faktory je zabezpečena čtyřkladkovým kladkostrojem vloženým mezi obě diferenciální kladky.



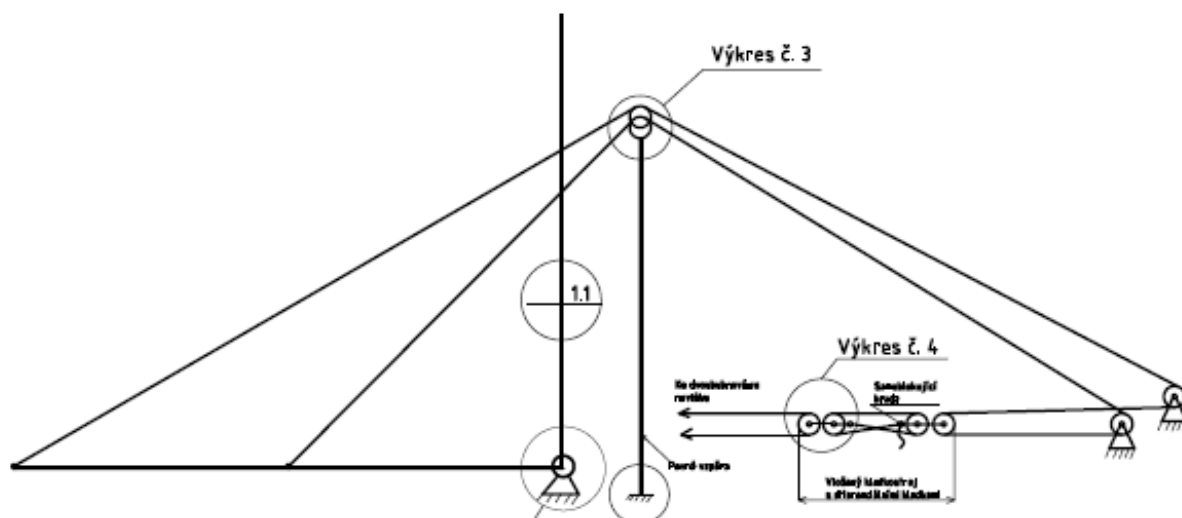
Obr. 3 - schema

Při zahájení zdvihu stožáru musí zdvihová síla vyvinout potřebný moment vůči Kardanovu kloubu na patě stožáru. Ten vzniká tak, že obě větve zdvihadího lana půjdou na počátku zdvihu přes pomocné kladky umístěné na vrcholu pevné vzpěry ukotvené k základně. Vzpěra tvořená dvěma duralovými trubkami $\varnothing 150/\varnothing 140$, jejichž paty jsou otočně uloženy na volných koncích příčného nosníku základny a horní konce jsou spojeny nosičem obou pomocných kladek. Vzpěra je montovaná ve vodorovné poloze ve směru „vzad“, přičemž ke zdvihu poslouží pomocný ruční naviják.

Jedním z montážních problémů je rychlé vkládání zdvihadího lana do kladnic. Za předpokladu, že čtyřkladkový kladkostroj bude součástí dvoububnového navijáku, bude potřeba, aby bylo možné vložit zdvihadí lano do druhé kladnice a podobně i do směrových volných kladek na dvou kotvách.

Tato záležitost je řešena tak, že vidlice kladnic jsou dělené a volnou část lze rychle sejmout a jednoznačným způsobem (montážní trny) po vložení lana přimontovat zpět. Drážky v kladkách jsou hlubší než průměr lana a hladký chod kladky tedy nebude omezen, i když vůle mezi otočnými a pevnými částmi kladnice bude jen cca 1 mm. Toto opatření bezpečně zabrání vysmeknutí lana z kladky při zdvímání.

Napnutí lanového systému před zdvímáním zajistí čtyřkladkový kladkostroj, který je po napnutí zablokován samoblokující brzdou.



Obr. 4 – boční schéma

Krakorec pro umístění obou kamer je přišroubován na vrcholku stožáru s vyložením 3 m ve směru „vpřed“. Pro kompenzaci vzniklého momentu je krakorec protažen směrem „vzad“ o 1 m a tento zadní konec krakorce je lankem ukotven k patě stožáru. Ke konstrukci krakorce se použije tří trubek z uhlíkového kompozitu a Al jeklových profilů.

S ohledem na cenu termovizní kamery je nezbytně nutné, aby obsluha – zejména v případě nestandardní povětrnostní situace - měla možnost spustit nosič s oběma kamerami během několika desítek sekund na zem. Důležitá okrajová podmínka spočívá v tom, že

kamery se musí dát reprodukovatelně zdvihnout do pracovní polohy na krakorci. To je zabezpečeno tak, že nosič kamer je vybaven třemi kuličkami, které dosedají do třech rybinových drážek na krakorci. Korespondující kuličky a drážky jsou spojeny ocelovými lanky, která zavedou při zdvínání nosič vždy do stejné polohy. Ruční naviják lanek je upevněn na základně.

Pro zabezpečení kvalitního dosednutí nosiče kamer do prizmatických drážek na krakorci je nutné, aby do dvou z nich byly včleněny pružné prvky, kterými je zabezpečena kompenzace malých délkových rozdílů. Všechna tři lanka odcházejí z krakorce výstupními kladkami na zadní vzpěře. Za těmito kladkami jsou ke dvěma lankům připojeny tahové pružiny a tyto pružiny spolu se třetím lankem se spojí do jediného společného lanka, které povede na základnu, kde je ruční naviják. Ten m.j. vyvodí přiměřené síly potřebné pro spolehlivé dosednutí kuliček a zabezpečí potřebnou rychlost manipulace v případě krizových situací.

Energetická autonomie popisovaného měřicího zařízení je zabezpečena elektrocentrálou firmy Honda (5,5 kW).

5. Závěr

V současnosti realizovaná transportabilní měřicí stanice dovolí měření v místě svého dočasného působení. Místo instalace bude vybíráno podle druhu sledovaného porostu s ohledem na vegetační období. Díky pohyblivosti umožní instalaci kdekoliv v terénu a bude používána ke studiu prosperity vegetace i na jiných místech v republice, než je v současnosti monitorovaná oblast Třeboňska.

Sběr a ukládání dat se budou řídit protokolem, který je nyní používán při řešení předmětného grantového úkolu.

Poděkování

Projekt je řešen jako součást grantu NPV 2 2B0602 ("Vývoj metody stanovení toků energie a látek ve vybraných ekosystémech, návrh a ověření principů hodnocení hospodářských zásahů pro zajištění podmínek autoregulace a rozvoje biodiversity"). Autoři děkují grantové agentuře MŠMT za podporu projektu a spolupracujícím firmám (BMD Teplice) a řadě dalších spolupracovníků.