



Lesnická
a dřevařská
fakulta

28. 2. 2013, Brno

Připravil: prof. Ing. Jindřich Neruda, CSc.

Ústav lesnické a dřevařské techniky

Technika pro arboristy

Úvod do problematiky

Mendelova
univerzita
v Brně



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR
InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018



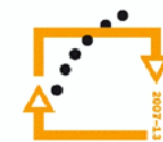
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ



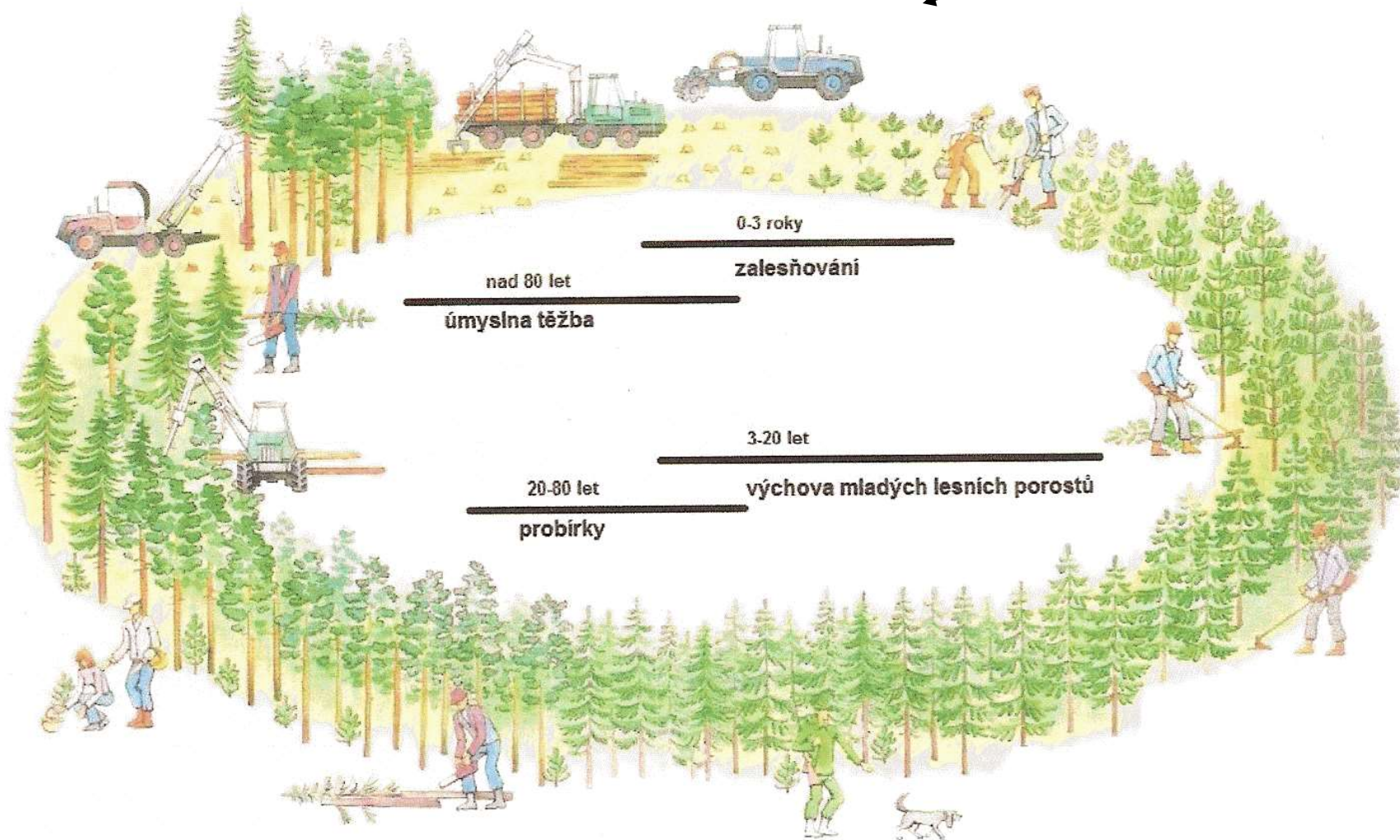
„Co to prosím je, technika
pro arboristy????“

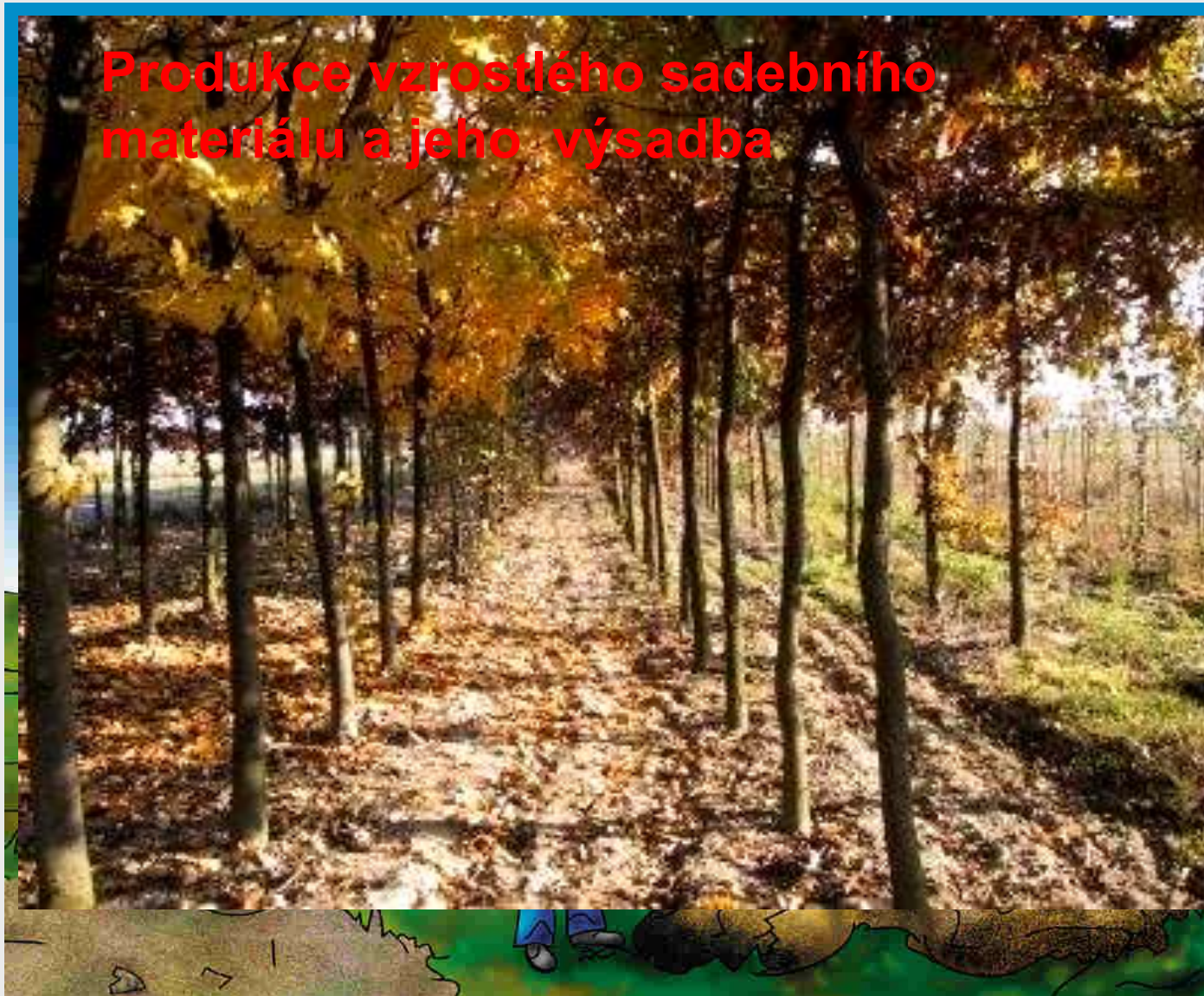
- Práce s živým organismem (zásada: pomoci – ne škodit – až na výjimky - dekapitace)
- Práce s dřevinnými jedinci nebo malými skupinami jedinců – individualita přístupu
- Podmíněnost přírodními podmínkami
- Práce ve venkovním prostředí (terén, prostředí, veřejnost, vlivy na pracovníky)
- Dlouhodobost růstu dřevin
- Cykličnost a vzájemná provázanost fází (zakládání, péče, likvidace)
- Významný vliv lidského faktoru (kvalita i rizikovost)
- Různorodost struktury prací i technických prostředků
- Mnohé prvky techniky shodné či podobné jako v LH.

Analogie arboristické techniky s lesnickou technikou?

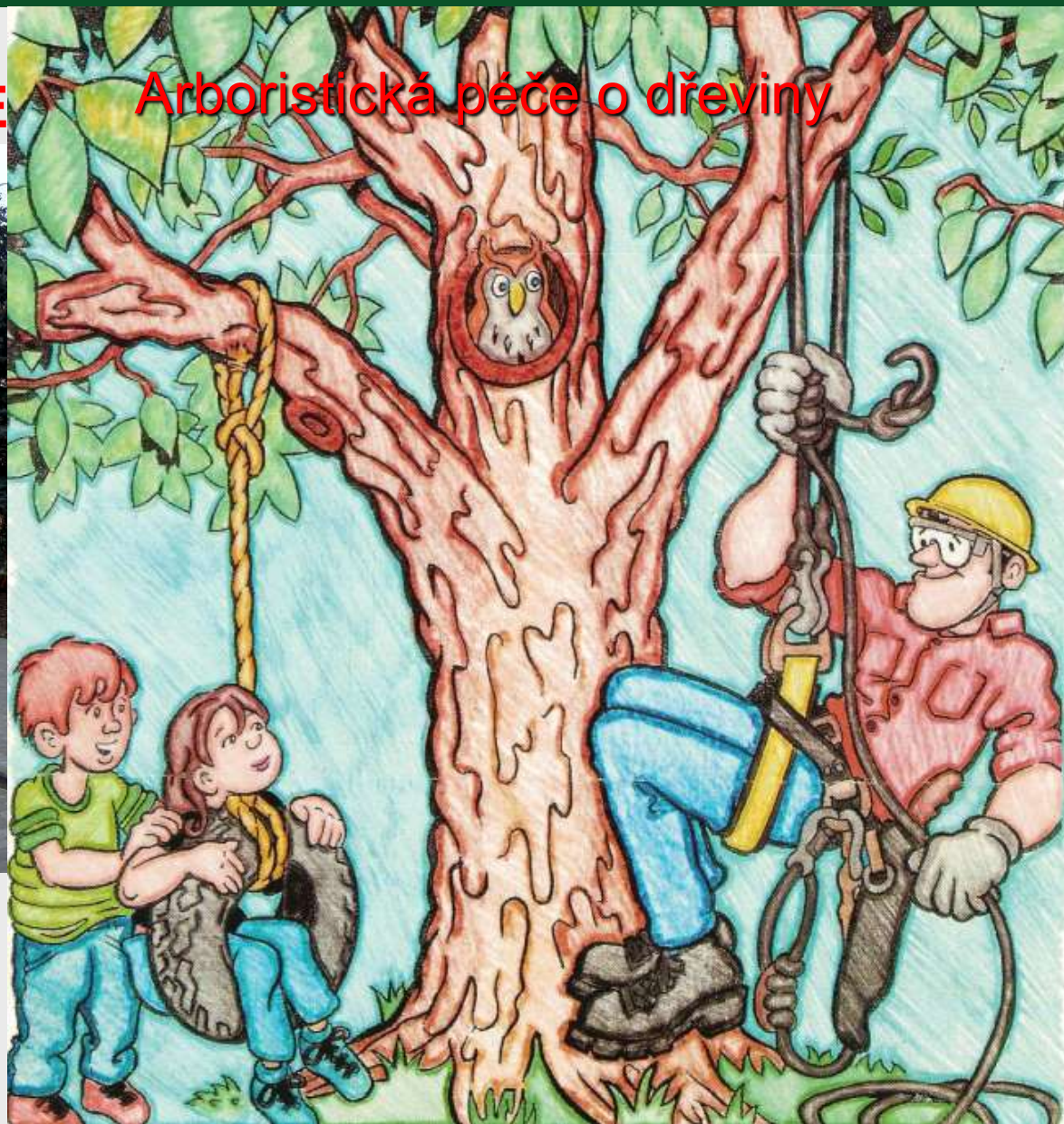
Cyklus hospodaření v lese s využitím moderních technologií

Produkcce sazebního
materiálu - lesní školky





Arboristická péče o dřeviny



Konec života dřeviny (dekapitace) - její případné zužitkování





Práce v arboristice i v lesní těžbě jsou mnohdy velmi rizikové a proto je nanejvýš důležitá znalost zásad BOZP a jejich dodržování!!!

Technika pro arboristy

=

Výukový předmět i nástroj pro realizaci výsadby a péče o dřeviny rostoucí mimo les

- Poskytnout potřebné teoretické a praktické **znalosti o konstrukci a funkci** technických prostředků pro jednotlivé fáze procesu výsadby a péče o dřeviny rostoucí mimo les
- Poskytnout **znalosti pro jejich dokonalé využití** při dosažení příznivých parametrů technických a ekonomických a plnění požadavků biologie, ekologie a ochrany prostředí
- Seznámit se s pracovními a technologickými **postupy**, způsoby propočtů výkonnosti strojů a s tvorbou soustav strojů
- Seznámit se s legislativou a základními požadavky **bezpečnosti a ochrany zdraví při práci**
- Vytvořit takový soubor znalostí, aby absolvent předmětu získal dostatečný teoretický i praktický **základ znalostí a dovedností pro aplikaci technických prostředků** pro jednotlivé fáze procesu výsadby a péče o dřeviny rostoucí mimo les

ZÍSKANÉ ZNALOSTI A DOVEDNOSTI BUDOU DOPLNĚNY A
PROHLOUBENY V PŘEDMĚTU **STROMOLEZENÍ** (3. R.)
a v dalších předmětech

- organizace výuky, harmonogram
- účast studentů na výuce
- způsob zakončení výuky
- studijní literatura a podklady

Týden výuky	PŘEDNÁŠKY B 04, pondělí 11,00 – 12,50	CVIČENÍ B 04, čtvrtek 11,00 – 12,50
1. 18.2.-22.2.	Teoretické základy studia, základní odborné pojmy, význam a specifika techniky v praxi arboristů. Soustava technických a energetických prostředků, jejich konstrukce, funkce, základní technické a technologické parametry. Zákon č. 22/1997 Sb. a jeho význam pro užívání arboristické techniky. Limitní zátěže náprav a závěsů, poloha těžiště, stabilita mobilních strojů. (Neruda)	Ukázky typických energetických prostředků (traktory, přepravní vozidla), nejdůležitější funkční uzly (motor, podvozek, převodovka, hydraulický systém, závěsy). Vybrané konstrukční a užité parametry základních energetických prostředků. Teorie přenosu výkonu a síly mobilními energetickými prostředky. (Nevrkla)
2. 25.2.-1.3.	Konstrukční materiály a prvky používané k výrobě a stavbě strojů přenosných a mobilních strojů, části strojů a jejich základní funkční skupiny, hlavní technologie pro údržby a opravy strojů. (Neruda)	Definice a vztahy základních veličin, pružnost, pevnost, tlak, tah, nosnost. Základy dynamiky, skládání a rozklad sil. (Nevrkla) <i>Program č. 1: Kontrola tahových schopností UKT s připojeným přívěsem a vlečeným břemenem.</i>
3. 4.3.-8.3.	Malá mechanizace, její klasifikace, konstrukční a funkční principy a oblasti použití v arboristice. Zásady péče a údržby malé mechanizace. (Neruda)	Základy teorie mechanického dělení dřeva. Řez dřeva elementárním řezným klínem. Ruční nářadí: nože, pily, sekery, nůžky, atd. (Nevrkla)
4. 11.3.-15.3.	Pěstování vzrostlé zeleně, soustava strojů a technických prostředků pro pěstování vzrostlé zeleně (příprava půdy, výsev, přesazování, závlahy, hnojení, mechanická a chemická péče, tvarování koruny, vyzvedávání, manipulace se vzrostlým sadebním materiálem, apod.). (Neruda)	Hlavní představitelé technických prostředků pro produkci standardního sadebního materiálu ve školkách a jejich technologické zařízení. (Nevrkla)
5. 18.3.-22.3.	Jednotná a hromadná výsadba vzrostlé zeleně (technické prostředky, postupy, příprava stanoviště, a místa výsadby, přesadba vzrostlých stromů, stroje pro stavbu opěrných konstrukcí stromů). Péče o stromovou a keřovou zeleň rostoucí mimo les, konzervační ošetření stromů a ostatní druhy péče (motomanuální stroje, ruční nářadí, pracovní postupy). (Neruda)	Konstrukční řešení a funkční využití hlavních zástupců aplikátorů pesticidních látek. Diferenciace aplikačních ústrojí dle druhu aplikované látky a způsobu aplikace. Netradiční formy aplikace pesticidů. (Nevrkla) <i>Program č. 2: Aplikace pesticidů.</i>
6. 25.3.-29.3.	Motorové řetězové pily, jejich konstrukce a rozdělení. Technika práce s motorovou řetězovou pilou. Požadavky BOZP při práci s motorovou pilou. (Neruda)	Praktické seznámení s konstrukcí motorové pily, péči o ni a s hlavními pracovními postupy v operacích těžby a opracování dříví. <i>Program č. 3: Základní parametry řezací části motorové pily.</i> (Nevrkla)
7. 2.4.-5.4.	Zvláštní postupy při práci s motorovou pilou. Technické prostředky pro práci ve výškách a výstup do koruny stromů (vysokozdvizné plošiny, žebříky, výstroj pro výstup a práci v korunách stromů, způsob použití). (Neruda)	Vývoj metod a prostředků pro výstup do korun stromů. V dnešní době používané prostředky pro výstup do korun stromů z hlediska BOZP, ergonomie, výkonu a šetnosti. Legislativní aspekty daných metod. (Nevrkla)
8. 8.4.-12.4.	Provozní praxe ve výkonu arboristických činností – vystoupení zástupce odborné instituce. (Neruda)	Principy, funkce a technologické využití technických prostředků pro dezintegraci těžebních zbytků, technicko-ekonomické aspekty (drtiče, štěpkovače, půdní frézy). (Neruda)
9. 15.4.-19.4.	Bezpečnost a hygiena práce při provozování arboristické techniky, legislativa, zásady. Management rizika. (Neruda)	Lana a úvazky v arboristice jako prostředky pro zajištění OBP, stabilizaci stromů a bezpečnostní vazby jejich korun. Konstrukce a materiály lan a úvazků. (Nevrkla)
10. 22.4.-26.4.	Komplexní hlavní cvičení – 3 dny 24.5. - 26.5. (upřesnění a pokyny pro hlavní cvičení budou vydány samostatně).	
11. 29.4.-3.5.	Organizace práce v těžební činnosti lesního hospodářství. Výrobně technické podmínky v těžbě a dopravě dříví. Specifika předmýtní a mýtní těžby. Dříví a jeho sortimenty. (Neruda)	Praktický nácvik spojování lan, vázání uzlů, způsoby zaplétání. (Nevrkla) <i>Program č.: 4 – Výpočet požadovaných parametrů lan.</i>
12. 6.5.- 10.5.	Soustředování dříví (animální, gravitační, mechanizované). Traktory a tahače s výbavou pro úvazkové a bezúvazkové soustředování dříví. Těžební stroje, jejich charakteristika a rozdělení. Technika a technologie odvozu dříví. (Neruda)	Ukázka praktického využití softwarového vybavení v evidenci a měření stromů a dříví a zjišťování pádových faktorů (DendroScanner 1,03, Timbatec TDS RECON, Rigging 1.0). (Nevrkla)
13. 13.5.-17.5.	Negativní vlivy mobilní techniky na prostředí a metody jejich zmírnění. Povýrobní sanace terénu. Přidružená lesní těžba a přidružená lesní výroba. Technika pěstování vánočních stromků plantážním způsobem. (Neruda)	Použití výkonových norem pro výkonnostní a ekonomické propočty. <i>Program č.: 5 – použití výkonových norem v řízení výroby.</i> (Nevrkla)
14. 20.5.-24.5.	Zemní stroje a jejich uplatnění v arboristice. (Neruda)	Konzultace k zadaným programům. Zápočtový test znalostí. (Nevrkla)

- Neruda, J. - Simanov, V. (2006) *Technika a technologie v lesnictví*. MZLU v Brně, 324 s.
- Neruda, J. - Černý, Z. (2006) *Motorová pila a křovinořez*. ÚZPI Praha, 92 s.
- Zemánek, V. - Veverka, V. (2001) *Speciální mechanizace – malá mechanizace v zahradnictví*. MZLU v Brně, 100 s.
- Kolařík, J. a kol. (2003) *Péče o dřeviny rostoucí mimo les I.*
- Kolařík, J. a kol. (2010) *Péče o dřeviny rostoucí mimo les II.*
- Vogel, H. J. (2001) *Einführung in die Arboristik und Baumpflege*. TU Dresden
- Neumann, B. (1984) *Das Verpflanzen grosser Bäume*. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg
- Tiskoviny odborných společností, firemní literatura, internet, podklady z výuky.

Pro práci arboristů by mělo být analogické to samé co pro lesníky, kteří:

*jsou profesně připravováni tak,
aby z lesního porostu, který převzali,
dokázali poznat, co předchůdce
před 100 lety s porostem zamýšlel,
a aby nově zakládaným porostům
dokázali vtisknout svoji vizi
na dalších 100 let.*

*Pro arboristy lze vytvořit obdobnou zásadu (heslo):
navazovat – zakládat – pečovat – předávat*

Pravděpodobnost, že to bude někdo jiný umět lépe, je malá.

- V arboristice bychom se neměli obávat zásahů těžebního charakteru. Jsou-li tyto zásahy kvalifikované, pak jsou jednoznačně (z dlouhodobého pohledu) pro zajištění existence dřevin rostoucích mimo les přínosné, neboť jimi zajišťujeme obnovu dřevin na daném stanovišti.
- Podobně: lesní těžba není protikladem pěstování lesů!
- Arborista by tedy měl mít znalosti:
 - biologa
 - umělce
 - pěstitele
 - těžaře (technologa)
 - manažera
 - ekonoma
 - znalce legislativy, aj.

Arborista



NÁSTROJE MANAGEMENTU

- získávání dřevin pro výsadbu
- zakládání (výsadba) dřevin
- ošetřování vysazených juvenilních dřevin
- ochrana dřevin před abiotickými i biotickými činiteli
 - péstební opatření během života dřevin
- kácení (odstraňování, dekapitace) stromů



Dřeviny rostoucí mimo les

Proto v předmětu

Technika pro arboristy



se budeme snažit poskytnout studentům potřebné znalosti a dovednosti v rozsahu dostatečném pro zajištění úkolů managementu péče o dřeviny rostoucí mimo les.

Základní odborné pojmy

Motto: *...i činnost arboristy má charakter výrobní činnosti...*

Výrobní proces - cílevědomá pracovní činnost směřující k vytvoření materiálních hodnot. Je **charakterizován třemi prvky**:

Výrobek - výsledek výrobního procesu, ve kterém je obsažena vynaložená práce. Tato práce se člení na živou (práce lidí přímo vynaložená na zhotovení výrobku) a na zvěcnělou neboli zhmotnělou, která do výrobku vstupuje z výrobních prostředků (opotřebení strojů, nástrojů, zařízení apod.) a ze spotřebovaných surovin a materiálu. Při hodnocení a rozboru výrobního procesu má značný význam **rozlišení živé práce a práce strojů**, a to mj. z pohledu kalkulací délky trvání výroby či její fáze při vícečlenné obsluze určitého stroje či soustavy strojů.

Motto: *...i činnost arboristy má charakter výrobní činnosti...*

Výrobní prostředky - materiál, suroviny, prostředí, nástroje, nářadí, stroje, přístroje, zařízení, budovy, komunikace aj.

Výrobci – lidé, kteří se nějakým způsobem účastní daného výrobního procesu, tj. manuální pracovníci, řídicí pracovníci, pracovníci údržby atd.

Výrobní proces v arboristice je specifikován jako souhrn lidmi různým stupněm regulovaných pracovních a technologických dějů při využívání člověkem neovladatelných přírodních procesů.

- Tyto přírodní procesy musejí být plně respektovány (nadřazeny).
- Podobně jako v lesním hospodářství, jsou děje výrobního procesu v arboristice velmi různorodé. Například v oblasti školkařství jsou výsledkem výrobního procesu sazenice a odrostky dřevin, které se v oblasti výsadby zeleně stávají výrobním prostředkem.

Výsledkem procesu zakládání dřevinné zeleně je **formace (útvár) dřevin**, které je nutno věnovat **všestrannou péči**. Konečným dějem je **kácení stromů**, jež může (i nemusí) produkovat výrobek (dříví), atd.

Výrobní postup - **sled operací a přírodních dějů** charakterizovaných svými parametry a rozsahem, které vytvářejí konečný produkt za určitých konkrétních podmínek ekonomických, přírodních a časových.

Pracovní postup – **způsob provedení výrobního procesu, stanovený sledem operací** vykonávaných člověkem, které spolu bezprostředně souvisejí, vzájemně se ovlivňují a jsou nutné ke splnění úkolů pracovního procesu. Je spojen s určitým technologickým postupem charakterizovaným použitím určitého druhu pracovního prostředku a stanovuje způsob jeho použití.

Výrobní (pracovní) operace - je základní, stejnorodou a ucelenou složkou výrobního (pracovního) postupu, která vede ke změně stavu, vlastností nebo místa daného pracovního předmětu. Operace tedy nesmí být přerušena jinou činností. Výrobní operace může být prováděna ručně, mechanizovaně i automatizovaně, jedním nebo více pracovníky. Ucelený soubor vzájemně navazujících operací tvoří **výrobní fázi**.

Výrobní fáze jsou v rámci daného výrobního procesu (postupu) vhodně uspořádány do určitého sledu.

Ne vždy však musí být v konkrétních přírodně-výrobních podmínkách nutně **vykonány veškeré možné operace**, rovněž jejich pořadí se může změnit v závislosti na zvoleném pracovním postupu.

Pracovní úkon - základní složka výrobní operace, vyznačuje se stálostí pracovního prostředku a vykonáním jednoduché jednoznačně definovatelné činnosti na předmětu práce. Počet pracovních úkonů je velmi proměnlivý a závisí na složitosti výrobní operace.

Pracovní pohyb - nejmenší klasifikovatelná část pracovní činnosti a tvoří základní prvek pracovního úkonu. Týká se změny polohy končetiny nebo celého těla pracovníka.

Technologie - způsob aplikace poznatků z přírodních, technických, ekonomických a organizačních věd, prioritně z fyziky, chemie a biologie, do výrobního procesu, při němž se projevují mechanické, chemické a biologické změny pracovního předmětu. Pojem technologie označuje i nauku o výrobních způsobech a postupech.

Příklad členění výrobního procesu

Výrobní proces „Výroba vzrostlého sadebního materiálu“

Výrobní fáze

Příprava půdy

Výsev osiva

Závlaha

....

Operace

orba

vláčení

frézování

hnojení

válení

úkon

1

2

3

pohyb

1

2

3

Mechanizace arboristických činností je v souladu s obecným pojmem mechanizace výroby charakterizována v první fázi jako **proces náhrady přímé ruční lidské práce činnostmi strojů**, a zařízení (mechanizačních prostředků), v dalších fázích pak jako proces náhrady práce méně dokonalých prostředků vyšší formou práce prostředků dokonalejších.

Cílem mechanizace je zejména odstranění lidské námahy, zvýšení produktivity a kvality práce. I při nejvyšším stupni mechanizace výroby zůstává člověk jejím přímým řídicím členem. Podle stupně a úplnosti **lze rozlišovat mechanizaci částečnou** (mechanizovány jen některé výrobní fáze) **a mechanizaci úplnou, příp. mechanizaci malou.**

Mechanizační prostředky – stroje, jimiž je realizován proces mechanizace výroby, získávání surovin, doprava a manipulace všeho druhu, řízení procesů, ap. **Rozlišují se do tří skupin:**

- **energetické (hnací) prostředky**, které poskytují energii pro pohon jiných strojů, pro dopravu materiálu, lidí apod. Jsou schopny měnit jeden druh energie (u strojů v LH zpravidla tepelnou či elektrickou) v druhý (nejčastěji v energii mechanickou). Mohou být pohyblivé (mobilní – např. traktor), přenosné nebo stacionární.
- **hnané prostředky (adaptéry)**, kterým energii poskytují energetické prostředky.
- **pomocné**, které slouží např. pro údržbu výrobních strojů.

Mechanizmus – konstrukční část stroje tvořená součástkami (např. pákový, kolový, vačkový, ap.) nazývaná též ústrojí. Stroj může být tvořen jedním nebo více mechanizmy.

Nástroj – výměnná část stroje nebo nářadí, která je v přímém styku s opracovávaným předmětem (nůž, břit, vrták, fréza, čepel, kladivo, apod.).

Nářadí – pracovní prostředek bez zdroje energie, jednoúčelový, víceúčelový, jednoduchý, složitý, kombinovaný, ap.

Přístroj – zpravidla pracovní pomůcka či zařízení pro měření a zjišťování fyzikálních veličin, v lesnictví též typické přístroje pro aplikaci pesticidních látek (postřikovače, rosiče, ap.).

Technika – v oblasti výroby znamená **souhrn výrobních prostředků, výrobních způsobů a znalostí** a schopností potřebných k uskutečňování výroby, ovládnutí určitých pracovních prostředků (řízení strojů), včetně oprav a údržby, s respektováním zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, zásad ekonomické a energetické efektivity a požadavků ochrany prostředí a trvalé udržitelnosti.

Technika je širším pojmem než mechanizace, mj. i proto, že v sobě zahrnuje **jak stroje, tak i ruční nářadí**, přístroje a pomůcky včetně prostředků pro animální soustředování dříví (tj. technické prostředky), jakož i znalosti způsobů jejich využití. Význam pojmu „technika“ je velmi proměnlivý.

Soustava strojů a prostředků pro arboristiku je **účelný soubor technických prostředků**, které se v rámci dané výrobní fáze navzájem doplňují, svými výstupy a vstupy na sebe navazují a zabezpečují komplexnost a nepřetržitost postupně vykonávaných pracovních operací celé výrobní fáze.

Skladba těchto prostředků a její složitost jsou závislé na dané výrobní fázi.

Poměrně velmi četná je soustava strojů v produkčních školkách vzrostlé zeleně, při péči o stromy a jejich kácení je tato skladba soustavy strojů o málo jednodušší, např. v motomanuální těžbě může být tvořena motorovou pilou (tato zabezpečí jak operaci kácení, tak i odvětvení a rozřezání stromů), traktorem s těžební výbavou, odvozní soupravou.

Úkolem arboristy z pohledu zásad soustavy strojů a prostředků musí být **volba optimální kombinace prostředků**, které budou schopny jak funkčně, tak i ekonomicky a časově zvládnout požadovanou strukturu prací v daných podmínkách. Je nutno respektovat fakt, že **vlastní uvedení stroje do provozu není smyslem výroby**, nýbrž jen jejím nástrojem a musí proto s přihlédnutím k technickým parametrům vyhovovat přírodně-výrobním podmínkám, ekonomickým i organizačním požadavkům.

Zvláštnosti techniky pro arboristiku jsou odvozeny od jejich specifik a náleží k nim například:

- široká a rozmanitá škála vykonávaných činností
- použití mechanizace částečné včetně mechanizace malé
- cykličnost operací a dlouhodobost jejich dosahu
- většina operací se koná ve venkovním prostředí, často v neupraveném terénu a za pohybu
- závislost na klimatických podmínkách a vlastnostech půdy
- zvýšené nároky na průchodnost terénem a stabilitu strojů
- pracuje se se živým materiálem a v citlivém přírodním i urbanistickém prostředí, kterým nesmí škodit

Zvláštnosti techniky pro arboristiku jsou odvozeny od jejích specifik a dále k nim náleží například :

- zejména v zakládání a péči o stromovou zeleň se pracuje jen ve **vymezených obdobích roku**
- nesprávná aplikace techniky může mít **významné negativní dopady** na životní prostředí, případně na bezpečnost a zdraví člověka, ap., jsou zde i reálné problémy „politické“ (veřejnost).

Snad ve Vás dosavadní výklad nevzbudil chuť učinit něco podobného:



Proto směle pokračujeme!

Základní veličiny mechaniky v arboristické technice

V rámci výuky je několik oblastí fyziky, které přímo souvisejí s provozním nasazením arboristické techniky a pohybu po stromě:

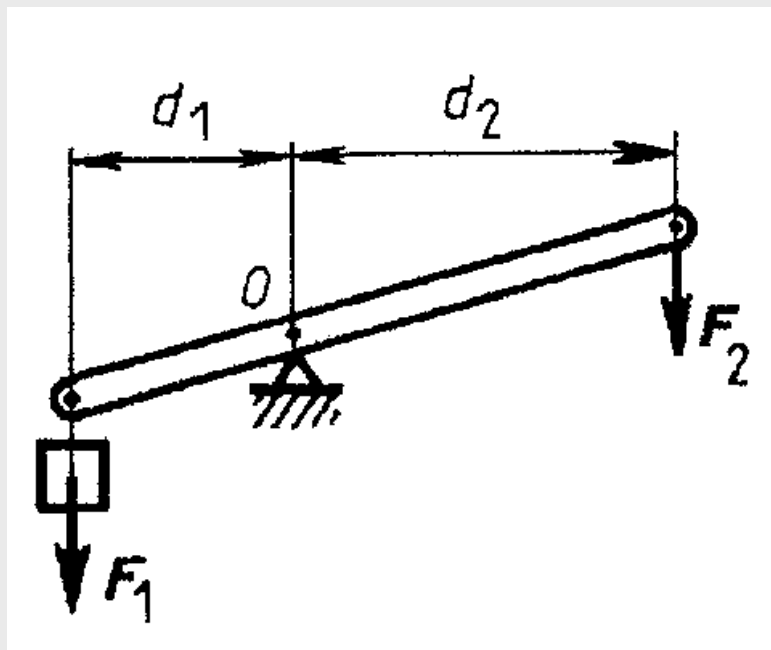
- statika, dynamika, pevnost a pružnost (např. poutacího lana)
- jednoduché (fyzikální) stroje – např. páka, kladka, kladkostroj
- přenos energie při pojezdu strojů a tažení břemen
- rozměrové charakteristiky a stabilita strojů na svahu.

Některé fyzikální veličiny si s výrazným zjednodušením vysvětlíme v následujícím výkladu, některé (např. pevnost lan) až v příslušném tématu.

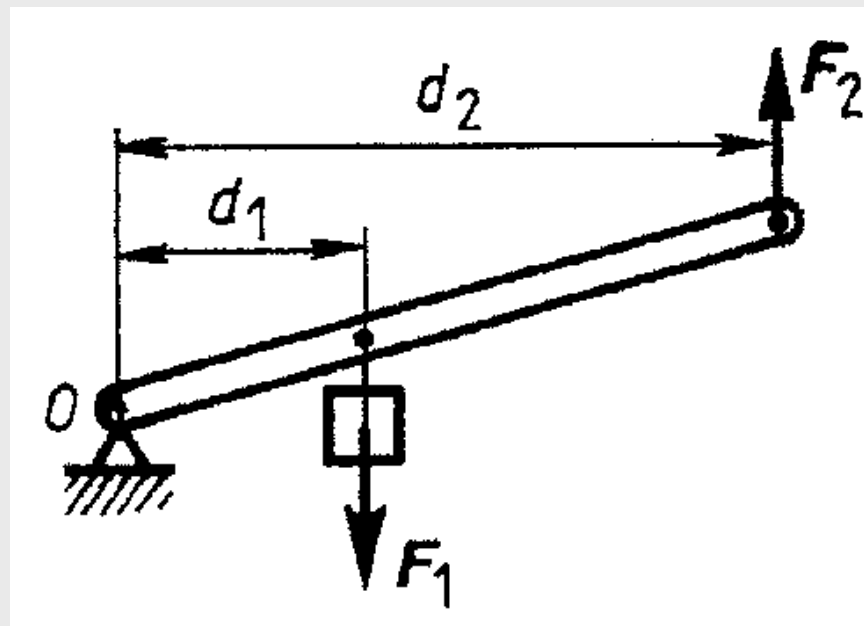
Páka

Rovnovážná poloha páky = rovnost momentů sil působících na páku:

$$M_1 = M_2 \rightarrow F_1 d_1 = F_2 d_2$$



Páka dvouzvratná



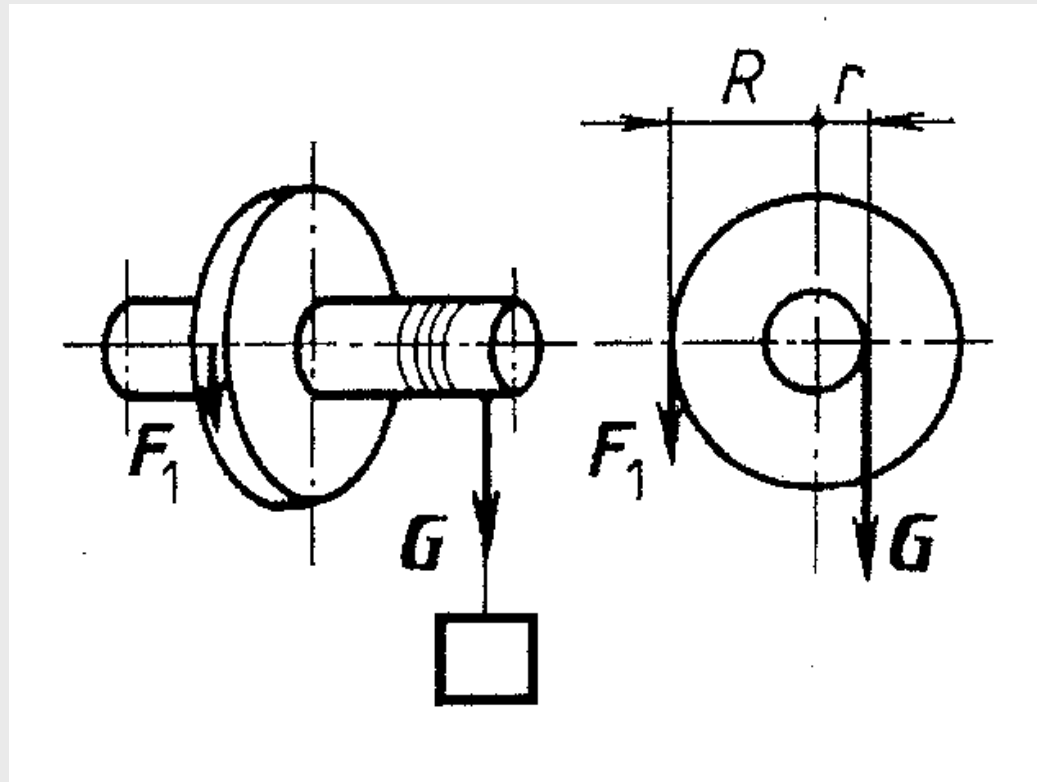
Páka jednozvratná

Kolo na hřídeli

Stejný princip jako dvojzvratná páka

Rovnovážná poloha kola na hřídeli:

$$M_1 = M_2 \rightarrow F_1 R = G \cdot r$$

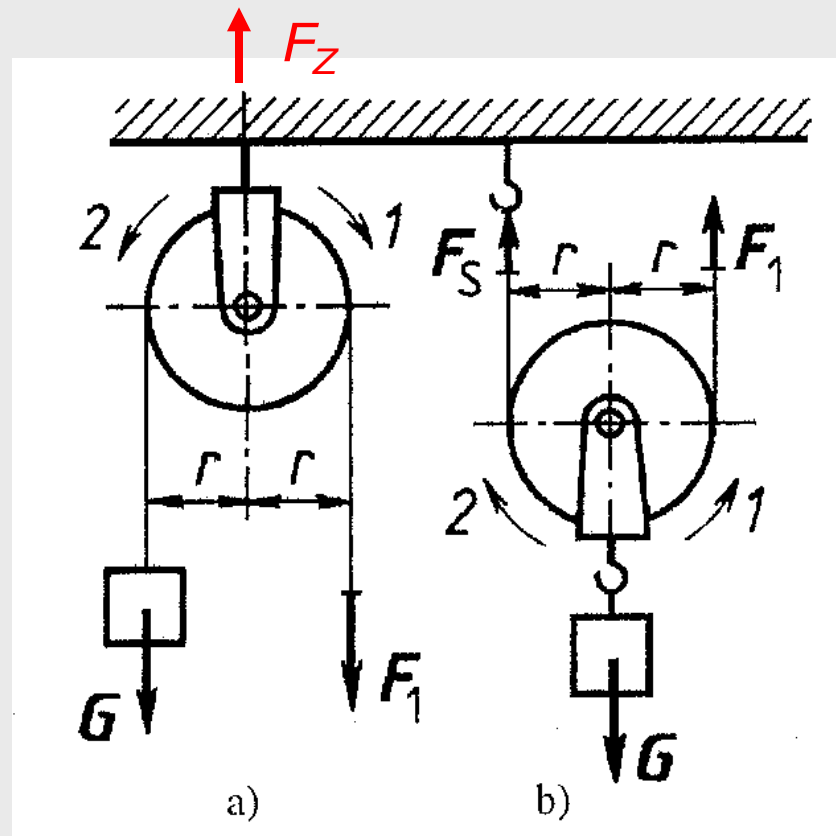


Kladka

Kladka pevná (a) – obdoba dvojzvratné páky, rovnováha: $Gr = F_1r$; $G = F_1$

$$F_Z = G + F_1$$

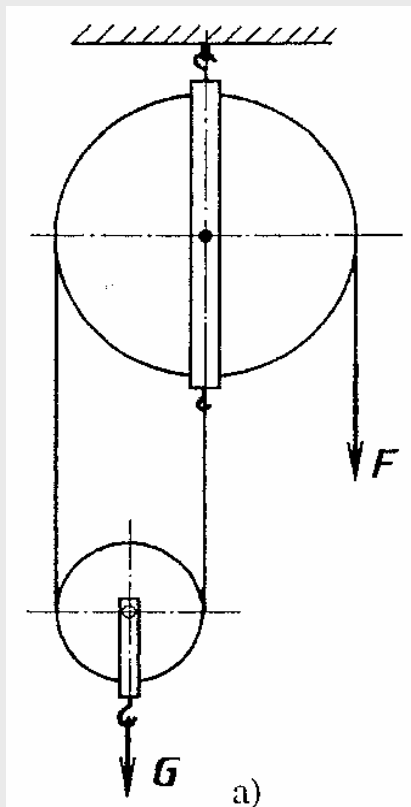
Kladka volná (b) – obdoba jednozvratné páky, rovnováha: $F_1 \cdot 2r = Gr$; $G = 2F_1$



Kladkostroj

Kladkostroj umožňuje přemísťovat břemena s vynaložením mnohem menší síly než je tíha břemene.

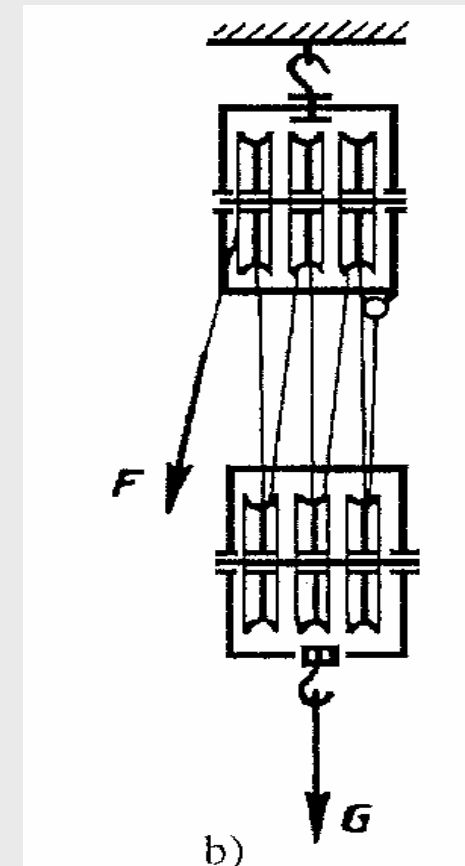
Jednoduchý kladkostroj



Silové poměry na kladkostroji:

$$G = F \cdot n_k; n_k \dots \text{počet kladek}$$

Násobný kladkostroj



Hnací síla traktorů

- získává se z točivého momentu motoru, který se přenáší převodovým ústrojím na hnací kola
- část této síly se spotřebuje na překonání jízdních odporů stroje (vnitřní odpory stroje, odpor valení kol, ztráty působené prokluzem kol, odpor způsobený sklonem svahu, odpor vzduchu) a zbytek se využije jako tahová síla.

Předpokladem pro vznik tahové síly je točivý **moment hnacích kol** M_k , získaný přenosem točivého momentu motoru M_m přes převodový systém traktoru:

$$M_k = M_m \cdot i_c \cdot \eta_c \quad [\text{Nm}]$$

M_k ...moment hnacích kol (Nm), M_m ...moment motoru (Nm),
 i_c ...celkový převodový poměr mezi motorem a hnacími koly,
 η_c ...mechanická účinnost převodů ($\eta_c < 1$)

Hnací síla na obvodu hnacích kol F_k

$$F_k = \frac{M_k}{r_u} = \frac{M_m \cdot i_c \cdot \eta_c}{r_u} \quad [\text{N}]$$

r_u ...účinný dynamický poloměr hnacího kola (m), tj. poloměr snížený o stlačení pneumatiky zátěží

Hnací sílu na obvodu hnacích kol je také možno vyjádřit z efektivního výkonu motoru:

$$F_k = \frac{P_e \cdot \eta_c}{v} \quad [\text{N}]$$

P_e ... efektivní výkon motoru (W), v ... okamžitá pojezdová rychlost (m/s)

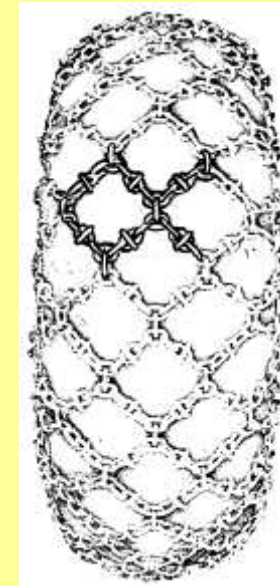
Velikost síly F_{TA} , kterou jsou schopna hnací kola přenést na podložku je závislá na dvou veličinách:

- na **adhezní tíze traktoru G_A**
- na účinnosti tohoto přenosu, vyjadřované **součinitelem adheze μ** .

Adhezní síla F_{TA} :

$$F_{TA} = G_A \cdot \mu \quad [\text{N}]$$

Podložka		μ	
Druh	Stav	Pneumatiky	Pásky
Asfalt	suchý	0,7÷0,9	
	vlhký	0,5÷0,7	
Beton	suchý	0,8÷1,0	
	vlhký	0,5÷0,8	
Silnice	ujetý sníh	0,2÷0,4	0,6÷0,8
Hlinitá cesta	suchá	0,8	0,8
	vlhká	0,7	1,0
Panenská půda	suchá	0,7	1,0÷1,2
Louka		0,6	0,7
Písek		0,3÷0,4	0,3
Pole (strniště)		0,6	0,8-1,0



Protiskluzné řetězy na kola

Některé hodnoty součinitele adheze μ

Tahové schopnosti traktoru snižují:

- valivý odpor kol F_v
- paralelní složka tíhy traktoru G_s , působená vlivem jízdy proti svahu (při jízdě po svahu G_s naopak napomáhá ke vzniku tahové síly)

Síla valivého odporu kol F_v se v případě traktoru zjišťuje na základě teorie pohybu pružného kola (pneu) po poddajné podložce (půda):

$$F_v = G_T' \cdot f_v = G_T' \cdot C_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{p}{q_0 \cdot D}} \Rightarrow f_v = C_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{p}{q_0 \cdot D}} \quad [\text{N}]$$

G_T' ...složka tíhy traktoru kolmá k povrchu svahu (N), f_v ...součinitel valivého odporu pružného kola na poddajné podložce, C_1 ... součinitel vlivu deformace podložky na velikost odporu valení ($C_1=0,425$), p ...tlak vzduchu nahuštěného v pneumatice (Pa), q_0 ...objemový součinitel stlačení půdy (N/m^3), D ...vnější průměr kola (m)

Charakteristické hodnoty součinitele odporu valení f_v u pneumatik traktorů

Povrch		f_v
Druh	Stav	
Asfalt (beton)		0,02
Hlinitá polní cesta	suchá	0,04
Písčitá polní cesta	suchá	0,10 ÷ 0,20
Strniště	suché	0,05 ÷ 0,1
	vlhké	0,08 ÷ 0,12
Pole	mokrý	0,25
	zmrzlý	0,5 ÷ 0,06
Louka		0,08
Drn		0,05 ÷ 0,10
Písek	suchý	0,20
	vlhký	0,16

Paralelní složka tíhy traktoru G_s , vzniklá rozkladem tíhy traktoru při jízdě po svahu a působící rovnoběžně s osou traktoru, se zjistí z velikosti tíhy traktoru a sklonu svahu takto:

$$F_S = m_T \cdot g \cdot \sin \alpha \text{ [N]}$$

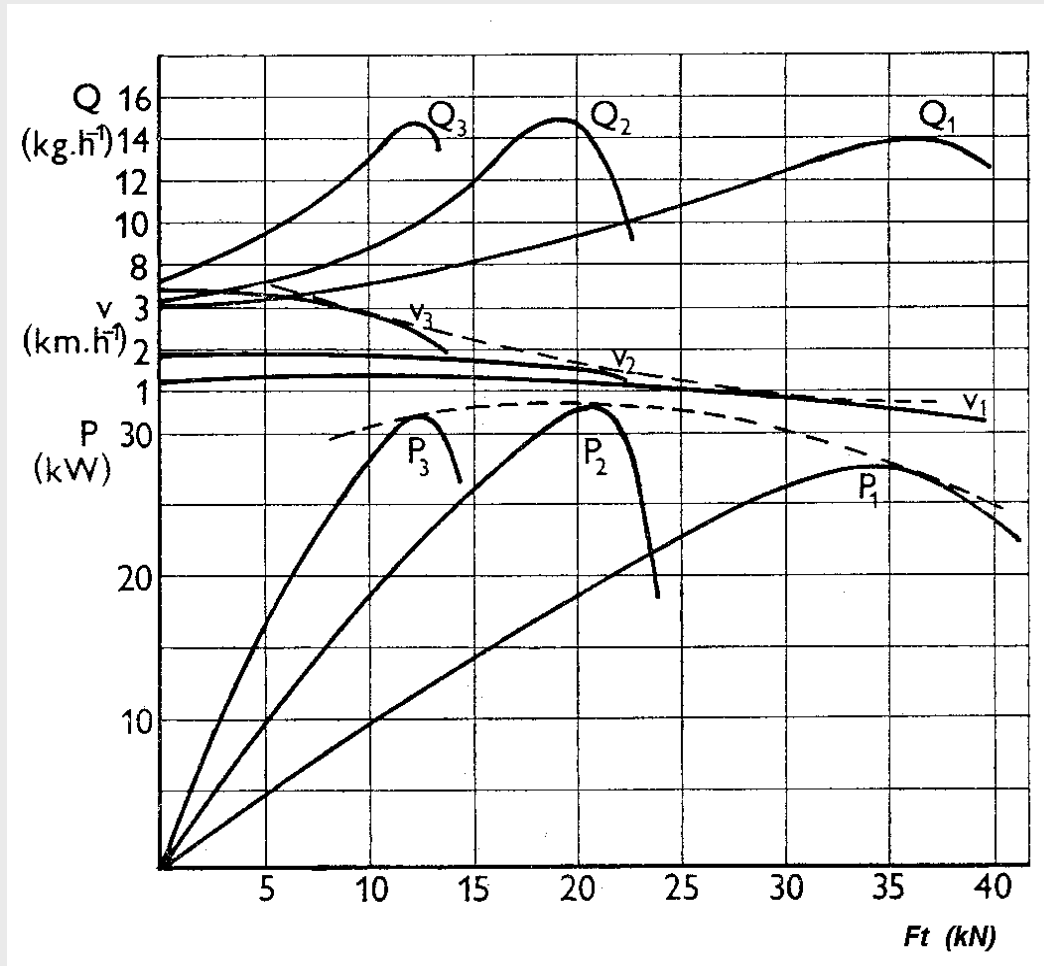
m_T ...hmotnost traktoru (kg), g ...tíhové zrychlení (9,8 m/s²), α ...sklon svahu

Tahová bilance traktoru:

$$F_k = F_v \pm F_S \pm F_{vz} \pm F_a \pm F_T \quad \text{[N]}$$

F_{vz} ...síla odporu vzduchu, vzhledem k nízkým pojezdovým rychlostem traktoru ji zanedbáváme, F_a ...síla odporu traktoru při zrychlení, F_T ...tahová síla traktoru, tzv. tahová síla na háku

Tahová charakteristika tahače LKT-81



Q-spotřeba paliva, v-pojezdová rychlost, P-tahový výkon, 1,2,3-rychlostní stupně

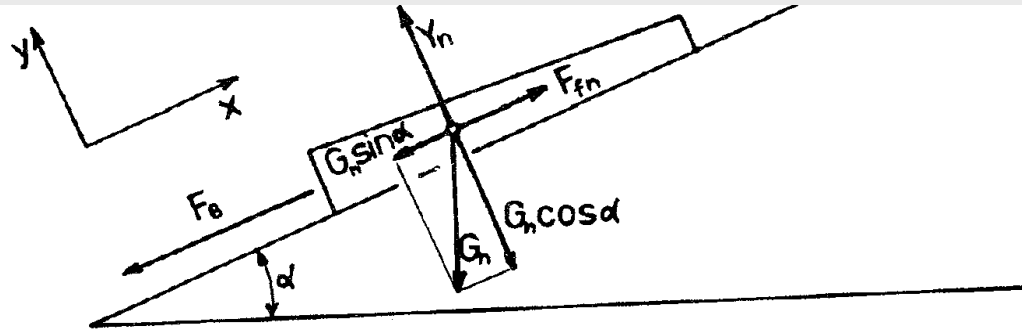
Tahové odpory břemen a adaptérů traktoru

Několik základních variant spotřebičů tahové síly:

- vlečení břemene, v LH zejména dříví
- tažení kolového přívěsu
- tažení adaptéru pro zpracování půdy, např. pluhu.

Základní podmínka tahové dostatečnosti traktoru:

$$F_T > F_R$$



Rozklad sil při prostém vlečení dříví G_n -tíha vlečeného dříví

Odvození tahového odporu:

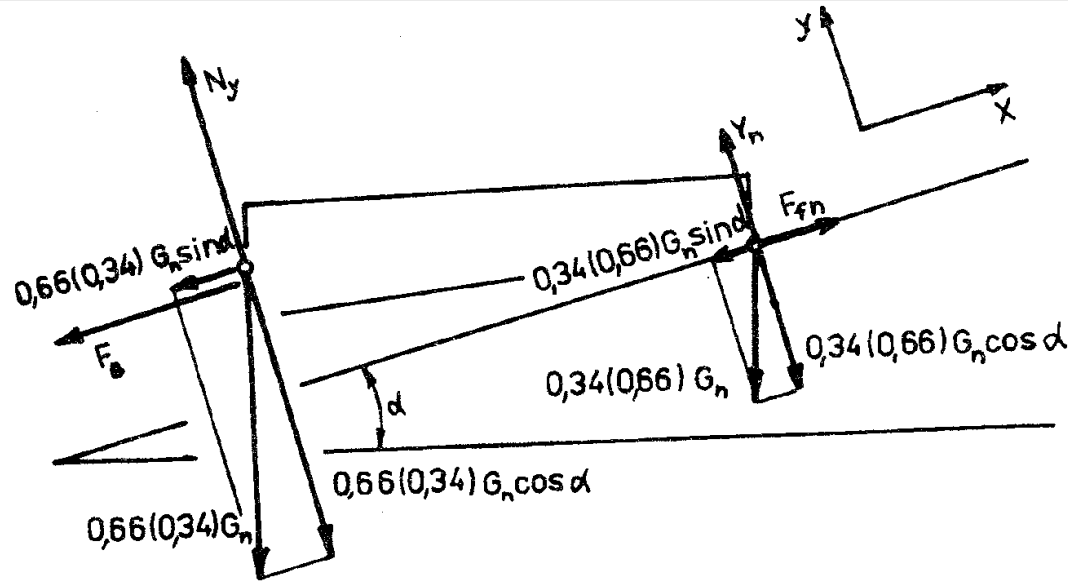
Y_n ... kolmá složka tíhy kmene, $Y_n = G_n \cos \alpha$

X_n ... rovnoběžná složka tíhy kmene, $X_n = \pm G_n \sin \alpha$

F_{fn} ... síla vlečného odporu kmene, $F_{fn} = f \cdot Y_n$

F_{RB} ... tahový odpor kmene při prostém vlečení:

$$F_{RB} = F_{fn} \pm X_n = f \cdot Y_n \pm G_n \sin \alpha = f \cdot G_n \cos \alpha \pm G_n \sin \alpha = G_n (f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) \quad [\text{N}]$$



Rozklad sil při vlečení kmene v polozávěsu

Odvození tahového odporu při vlečení kmene za silný konec:

Y_n ... kolmá složka tíhy kmene, $Y_n = 0,34 G_n \cos \alpha$

X_n ... rovnoběžná složka tíhy kmene, $X_n = \pm G_n \sin \alpha$

F_{fn} ... síla vlečného odporu kmene, $F_{fn} = f \cdot Y_n$

F_{RB} ... tahový odpor vlečeného kmene v polozávěsu za silný konec:

$$F_{RB} = F_{fn} \pm X_n = f \cdot Y_n \pm G_n \sin \alpha = f \cdot 0,34 G_n \cos \alpha \pm G_n \sin \alpha = G_n (f \cdot 0,34 \cos \alpha \pm \sin \alpha) \text{ [N]}$$

Odporová síla taženého přívěsu F_{RP} sestává ze dvou složek, tj. z valivého odporu kol přívěsu F_{PV} a z paralelní složky tíhy přívěsu G_{PS} (vzniklé rozkladem tíhy přívěsu G_P na svahu se sklonem α).

$$F_{RP} = F_{PV} \pm G_{PS} \quad [\text{N}]$$

$$F_{PV} = f_v \cdot G_P \cdot \cos \alpha$$

$$G_{PS} = G_P \cdot \sin \alpha$$

Odporová síla adaptérů pro zpracování půdy

Společným znakem je pronikání půdou při práci, která jim přitom klade odpor.

U všech těchto nástrojů je **výsledná odporová síla F_{RA}** , kterou klade adaptér proti pohybu:

- přímo úměrná šířce a hloubce záběru
- závislá na tvaru a stavu nástroje, druhu a stavu půdy.

Při výpočtech odporové síly lze využít **měrné půdní silové odpory k** zpracované do dvou skupin: pro půdní stroje pracující do hloubky (např. pluh, rydlo, sázecí radlice) v jednotkách $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$, pro půdní stroje pracující povrchově (např. brány, pěchy, válce) v jednotkách $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$.

Odporová síla adaptérů pro zpracování půdy

Druhy půd a jejich měrné odpory k

Označení půdy	Druh půdy	Zrn menších než 0,01 mm (%)	Měrný půdní odpor k pro pluhu apod. ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$)	Měrný půdní odpor k pro povrchově pracující stroje ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)
Velmi těžká	jíl	nad 75	90 - 150	0,4 - 7
	jílovitá	60 - 75		
Těžká	jílovito-hlinitá	40 - 60	60 - 90	
Střední	hlinitá	30 - 45	40 - 60	
	píščito-hlinitá	20 - 30		
Lehká až velmi lehká	hlinoto-píščitá	10 - 20	20 - 40	
	píščitá	0 - 10		

Stanovení celkového odporu pluhu

Celkový odpor pluhu F_{RA} sestává ze tří složek:

- síla tření pluhu o dno brázdy F_1 , $F_1 = G_p \cdot f_p$
- odpor půdy proti pronikání radlic F_2 , $F_2 = r \cdot a \cdot b \cdot n$
- odpor půdy odklápěné na stranu F_3 , $F_3 = e \cdot a \cdot b \cdot n \cdot v^2$

$$F_{RA} = \frac{G_p \cdot f_p + k \cdot a \cdot b \cdot n + e \cdot a \cdot b \cdot n \cdot v^2}{1000} \quad [\text{kN}]$$

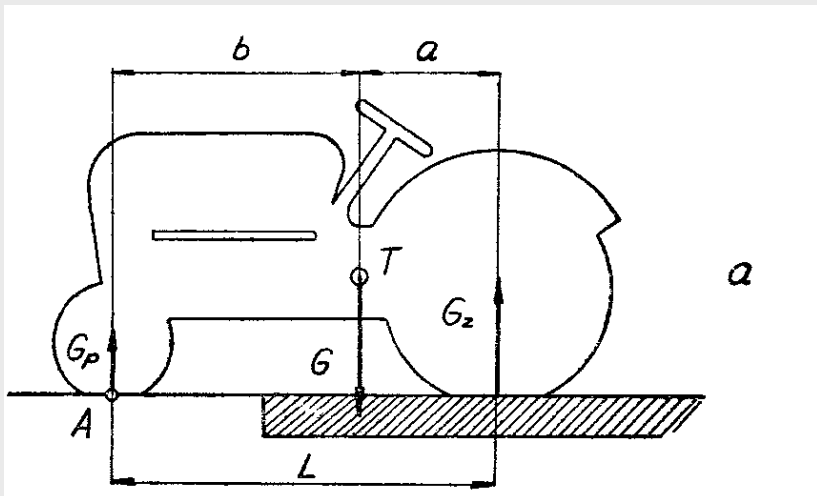
F_{RA} ...celkový odpor pluhu; G_p ...tíha pluhu (N); f_p ...součinitel tření pluhu o půdu; k ...měrný orební odpor ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$); a ...hloubka orby (m); b ...šířka záběru jednoho orebního tělesa (m); n ...počet orebních těles v záběru (ks); e ...součinitel odporu orebního tělesa závislý na tvaru odhrnovačky pluhu a pojezdové pracovní rychlosti, $e \cong 5000 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$; v ...pojezdová rychlost při orbě ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Rozměrové charakteristiky a stabilita traktoru na svahu

K hlavním rozměrům náleží zejména:

- celková délka, šířka a výška vozidla
- světlá výška
- rozvor náprav
- rozchod kol
- poloha těžiště.

- Těžiště traktoru je pomyslný bod, ve kterém je soustředěna veškerá hmotnost traktoru.
- Těžištěm prochází dráha jeho tíhy, tzv. těžnice, která je svislá.
- Poloha těžiště má zásadní vliv jak na statické, tak na dynamické vlastnosti traktoru.
- Umístění těžiště udávají jeho vodorovné a svislé souřadnice.



a) určení vodorovné souřadnice těžiště a , b

G_p , G_z – tíhové reakce v dotykových bodech A, B

Postup výpočtu souřadnice a (dle momentové výminky k bodu A):

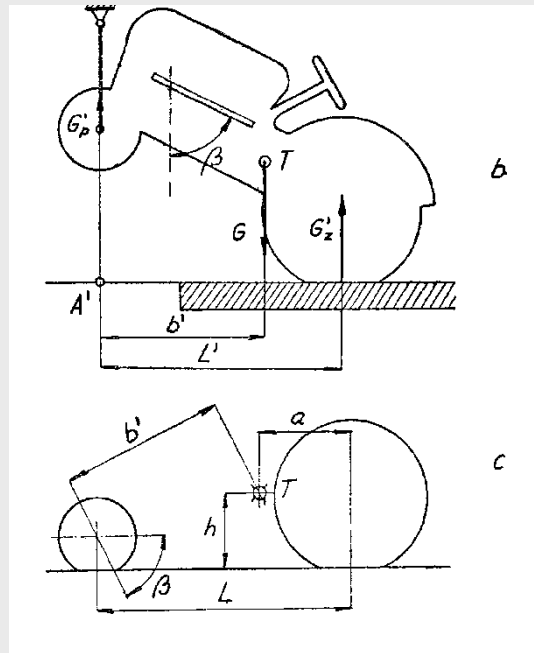
$$\sum M_A = 0 = G \cdot (L - a) - G_z \cdot L = 0$$

$$G \cdot L - G \cdot a = G_z \cdot L \Rightarrow$$

$$a = L \frac{G - G_z}{G} \quad [\text{m}]$$

totéž pro souřadnici b :

$$b = L \frac{G_z}{G} = L - a \quad [\text{m}]$$

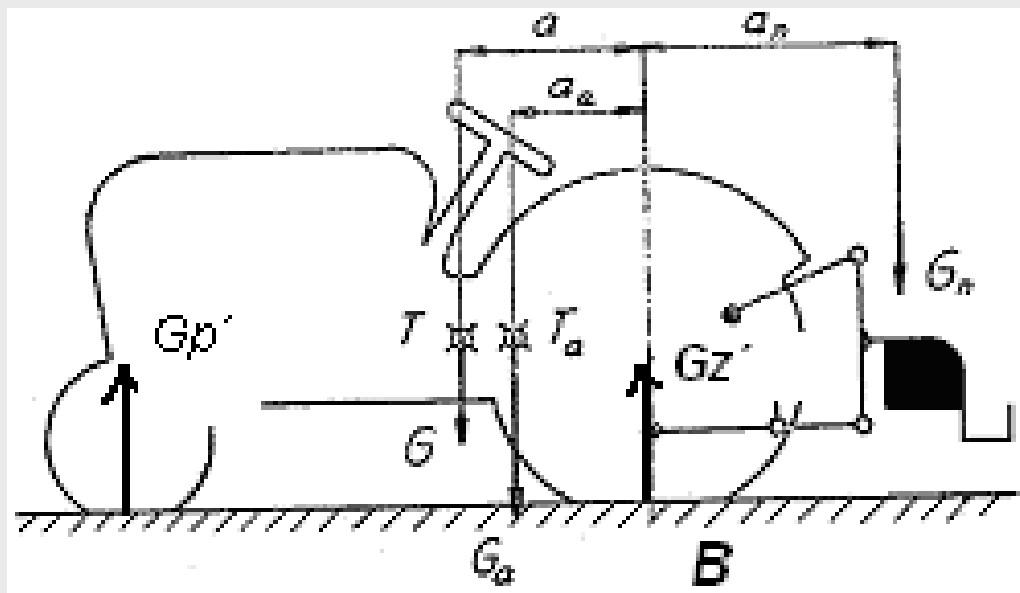


b) určení souřadnice výšky těžiště h

1. krok: přední náprava traktoru se pozvedne nebo podloží a zvaží se složka okamžité adhezní tíhy na zadní nápravě G_z' , změří se délka svislého průmětu rozvoru L' . Z momentové výminky k bodu A' se vypočte redukováná souřadnice těžiště b' :

$$b' = L \frac{G_z'}{G} \quad [\text{m}]$$

2. krok: s využitím vypočtené souřadnice b' se do schématu traktoru v měřítku graficky vynese poloha těžiště a odměřením na schématu se zjistí velikost výšky těžiště h



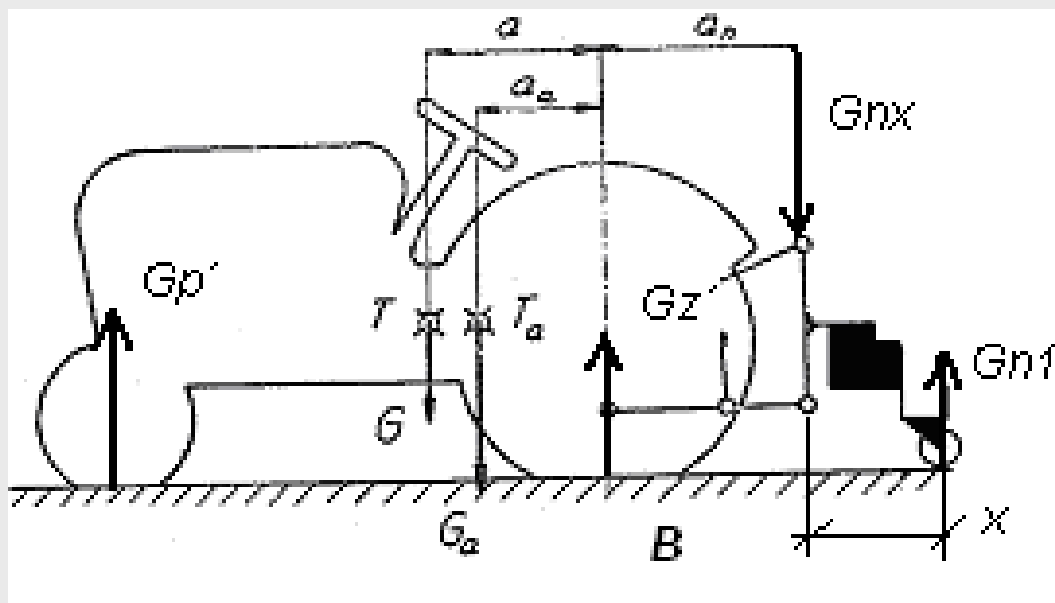
adaptér je nesen v transportní poloze - na traktor se přenáší celá hmotnost adaptéru:

Určujeme souřadnici a_a , tj. vzdálenost posunutého těžiště od bodu dotyku zadního kola s podložkou.

Z podmínky rovnováhy sil a momentů k bodu B platí:

$$\sum F_y = G_a + G_n - G_p' - G_z' = 0 \Rightarrow$$

$$\sum M_B = G_a \cdot a_a + G_n \cdot a_n - G_p' \cdot L - G_z' \cdot 0 = 0 \quad \Rightarrow \quad a_a = \frac{G_p' \cdot L - G_n \cdot a_n}{G_a} \quad [\text{m}]$$



adaptér je polonesen v pracovní poloze - na závěs traktoru se přenáší jen část hmotnosti adaptéru

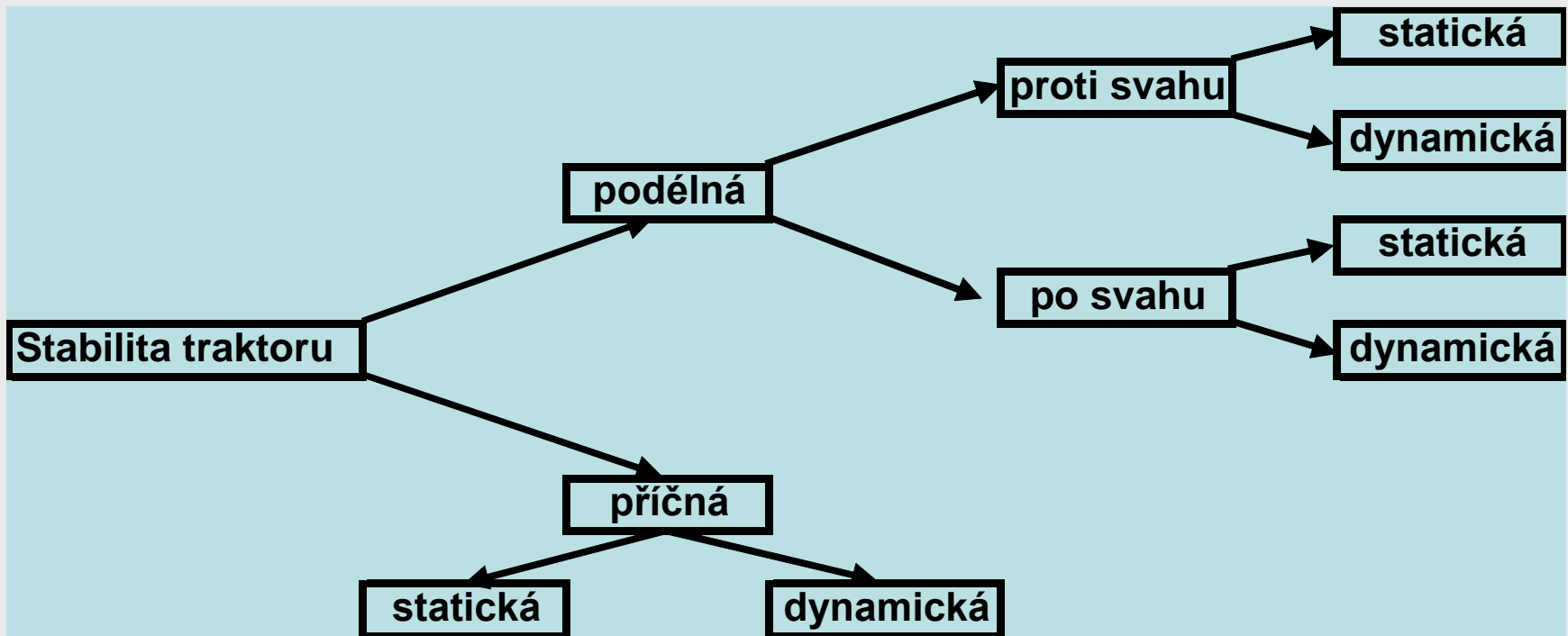
Je nutno předem vypočítat podíl tíhy adaptéru G_{nx} , přenášený na traktor. Známe-li celkovou tíhu adaptéru G_n a zjistíme-li vážením jeho silovou reakci na pojezdovém kolečku G_{n1} , pak veličina $G_{nx} = G_n - G_{n1}$. Postup dalšího výpočtu je obdobný předešlému, tj. pomocí výminky momentové k bodu B vypočítáme souřadnici a_a posunutého těžiště.

Druhy zatížení náprav traktoru:

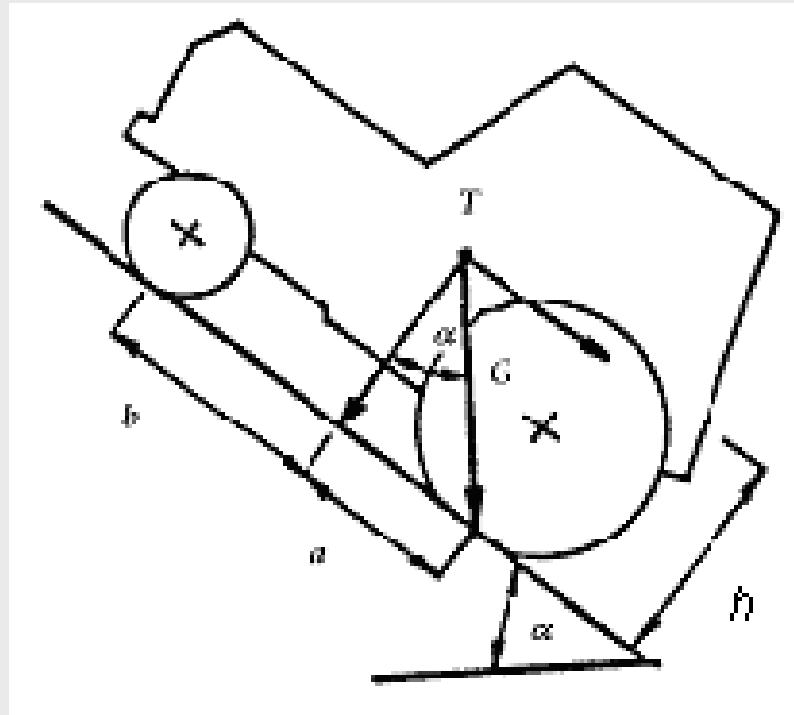
- **skutečné** za daných podmínek (je dáno aktuálním působením všech faktorů: tíha traktoru, tíha adaptéru, způsob připojení adaptéru, vlečené břemeno, směr jízdy vzhledem k sklonu svahu atd.)
- **maximální** – vyplývá z konstrukčních limitů traktoru a je vztaženo k daným podmínkám, např. k rychlosti pojezdu
- **minimální** – souvisí především s dodržením podmínky říditelnosti: na říditelnou nápravu musí podle zákonných předpisů působit min. 20% celkové tíhy traktoru.
- **nominální** (samotný traktor).

Svahová stabilita traktoru

vyjadřuje jeho schopnost pohybovat se nebo stát na svahu bez nebezpečí převrácení a je vyjadřována jako přípustná hodnota sklonu svahu vzhledem ke směru pohybu traktoru ke svahu.



- **Kritický sklon svahu** je takový, při kterém se prostředek při určitém směru jízdy po svahu dostává ze stavu stability do mezního stavu tzv. labilní rovnováhy.
- Nastává, jestliže těžnice traktoru protne tzv. klopnou přímkou, tj. přímkou, kolem níž se traktor při dosažení a překročení kritického sklonu a ztrátě stability převrací.
- Poloha této přímky odvisí od směru pojezdu stroje a od konstrukce jeho podvozku.

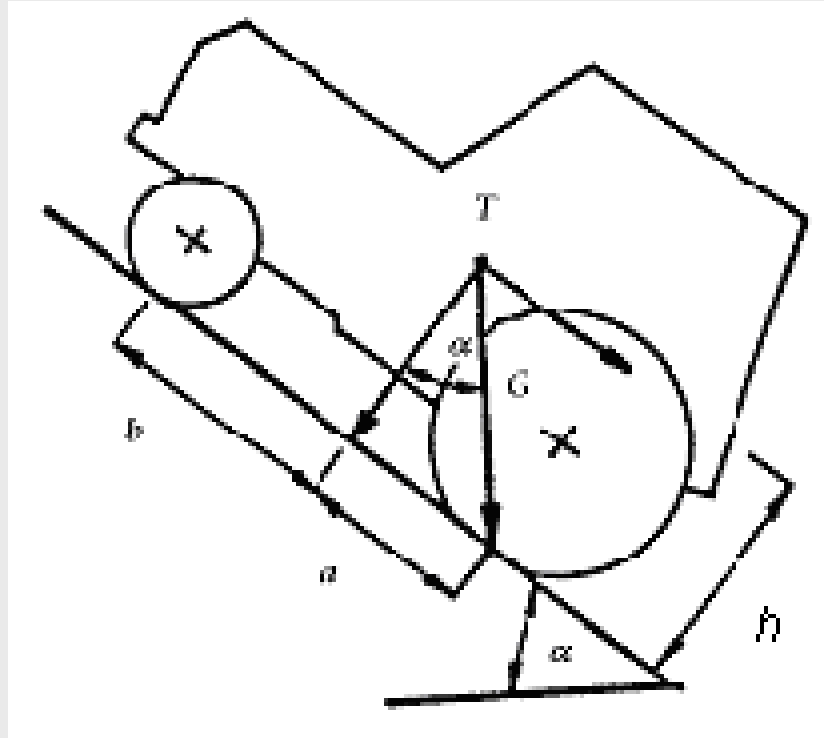


a) traktor směřuje podélnou osou proti svahu

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{a}{h_T}$$

b) traktor směřuje podélnou osou po svahu

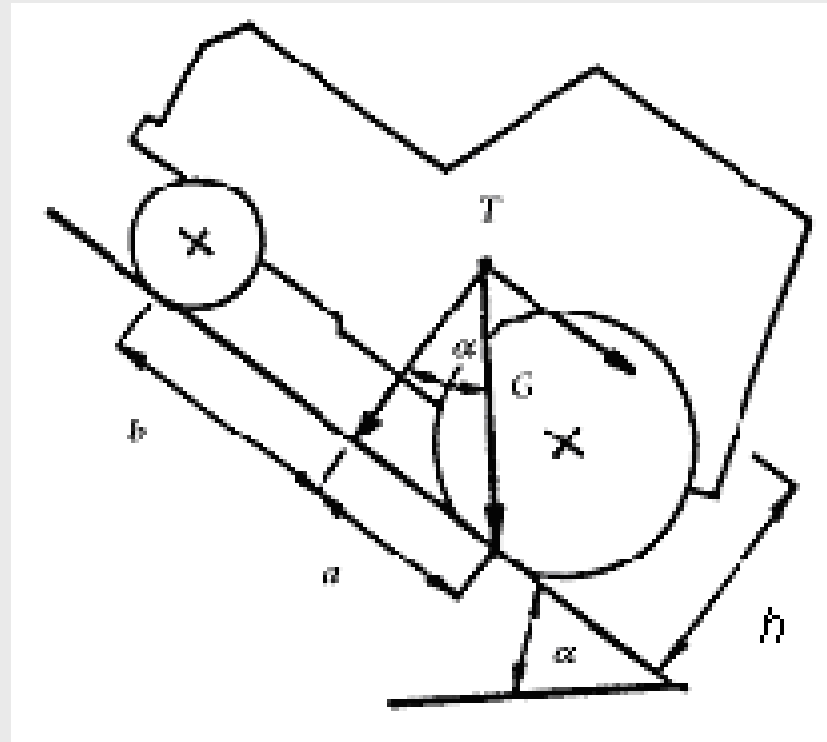
$$\operatorname{tg} \alpha_k' = \frac{b}{h_T}$$



Zohlednění valivého odporu kol

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{a - r_z \cdot f_v}{h_T} \quad \dots \text{ proti svahu}; \quad \operatorname{tg} \alpha_k' = \frac{b + r_p \cdot f_v}{h_T} \quad \dots \text{ po svahu}$$

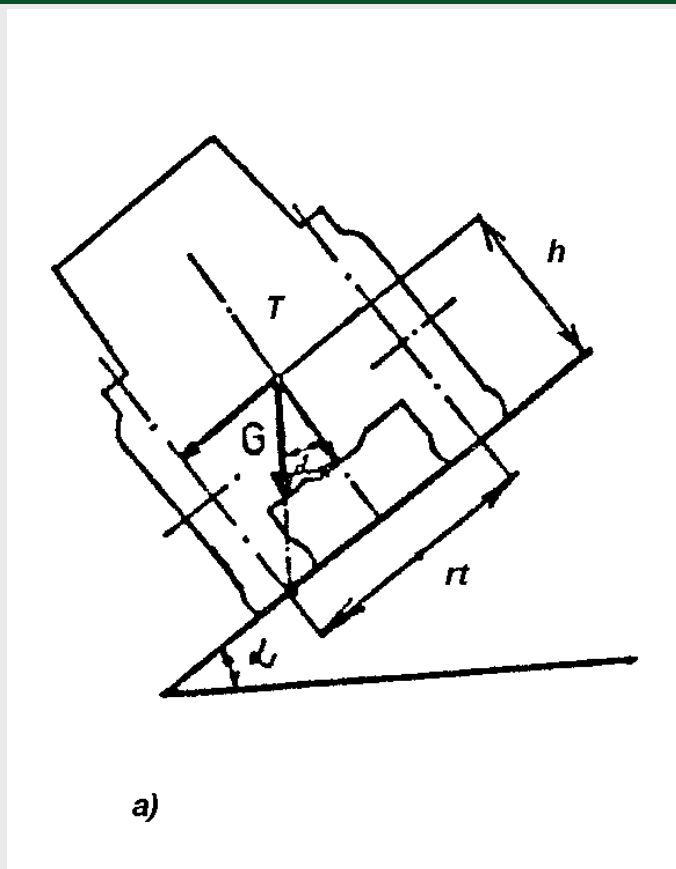
a, b ...vodorovné souřadnic těžiště (m), h_T ... výška těžiště (m), r_z ...poloměr zadního kola (m), r_p ... poloměr předního kola (m), f_v ...součinitel valivého tření, $f_v = 0,02$ (beton), $0,1$ (drn), $0,2$ (pole)



Respektování podmínky řiditelnosti

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{a - r_z \cdot f_v - 0,2 \cdot L}{h_T} \dots \text{proti svahu}; \quad \operatorname{tg} \alpha_k = \frac{b + r_p \cdot f_v - 0,2 \cdot L}{h_T} \dots \text{po svahu}$$

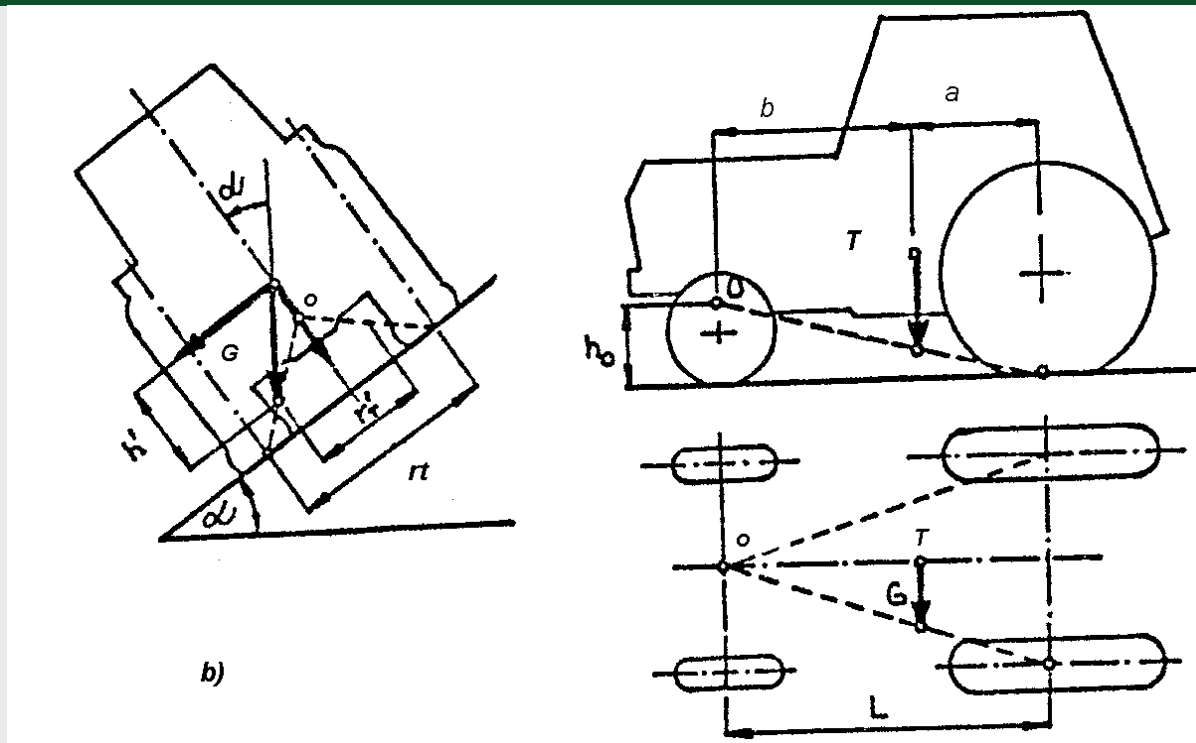
L ...rozvor náprav traktoru



Traktor s pevnou přední nápravou

kritický úhel příčné stability traktoru s pevnou přední nápravou

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{r_T}{2h_T} = 0,5 \frac{r_T}{h_T}$$



Traktor s výkyvnou přední nápravou

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{r_T'}{2h_T'} = 0,5 \frac{r_T'}{h_T'}$$

kde:

$$r_T' = r_T \cdot [(h_o^2 + L^2)^{1/2} - ((h_o \cdot b \cdot L^{-1})^2 + b^2)^{1/2}] \cdot (h_o^2 + L^2)^{-1/2}$$

$$h_T' = h_T - h_o + h_o \cdot a \cdot L^{-1}; \quad h_o \dots \text{výška čepu výkyvné nápravy nad terénem}$$

Stanovení dovolených úhlů sklonu svahu:

- exaktně dle ČSN 47 0110 – pro běžnou praxi příliš komplikované
- redukcí kritických úhlů bezpečnostními koeficienty:
 - $k_S = 0,5$...pro dovolený úhel statické stability α_S
 - $k_D = 0,4$ až $0,7$...pro dovolený úhel dynamické stability α_S ; $\alpha_S = \alpha_S \cdot k_D$