



ÚZPI



ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Agricultural Engineering

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

2

VOLUME 42 (LXIX)
PRAHA 1996
CS ISSN 0044-3883

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření České akademie zemědělských věd a s podporou Ministerstva zemědělství České republiky

An international journal published by the Czech Academy of Agricultural Sciences and with the promotion of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Redakční rada – Editorial Board**Předseda – Chairman**

Ing. Jiří Fiala, DrSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Členové – Members

Doc. RNDr. Ing. Jiří Blahovec, DrSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha, ČR)

Doc. Ing. Karel Brzkovský, CSc. (České vysoké učení technické, Praha, ČR)

Univ.-Prof. Dr. habil. Manfred Estler (Technische Universität München, Institut für Landtechnik, Freising, BRD)

Prof. Ing. Ján Jech, CSc. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra, SR)

Ing. Petr Jevič, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. Jan Mareček, CSc. (Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ČR)

Ing. Richard Markovič, CSc. (Štátna skúšobňa poľnohospodárskych a lesných strojov, Rovinka, SR)

Ing. Zdeněk Pastorek, CSc. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, ČR)

Doc. Ing. František Ptáček, CSc. (Státní kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, ČR)

Prof. M. N. Rifai, Ph.D. (Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia, Canada)

Ing. Jan Šabatka, CSc. (Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, ČR)

Vedoucí redaktorka – Editor-in-Chief

Ing. Jovanka Václavíčková

Cíl a odborná náplň: Časopis publikuje původní vědecké práce a studie typu review z oboru zemědělská technika, zemědělské technologie a zpracování zemědělských produktů.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází čtvrtletně (4x ročně), ročník 42 vychází v roce 1996.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Ing. Jovanka Václavíčková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, vydavatelské oddělení, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1996 je 176 Kč.

Aims and scope: The journal publishes scientific papers and reviews dealing with the study agricultural engineering, agricultural technologies and processing the agricultural products. Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, WLAS.

Periodicity: The journal is published quarterly (4 issues per year), Volume 42 appearing in 1996.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Ing. Jovanka Václavíčková, editor-in-chief, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/25 75 41–9, fax: 02/25 70 90, e-mail: braun@uzpi.agrec.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of reception.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1996 is 44 USD (Europe), 46 USD (overseas).

FRAKTÁLNA ANALÝZA PÔDY

FRACTAL SOIL ANALYSIS

L. Kubík, D. Brozman

University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

ABSTRACT: A fractal concept represents an uncommon approach to the evaluation of basic soil properties (bulk density, moisture, porosity, water content). The fractal model describes a soil as a fractal object. Its fundamental property is self-similarity of space structure. An occurrence of the pores in soil causes a statistical self-similarity and that is why we understand it as an object with no integral dimension. Based on soil fractal properties, a model was proposed and tested which enabled determining a soil fractal dimension D . This quality includes all basic soil properties. It depends on the choice of mathematical model of only those properties which will be evaluated. A coefficient that describes basic soil properties can be determined by measuring mass and linear size of some samples. This paper points out a dependence of the soil moisture and mass on fractal dimension. The possibility that „fractal density“ determined by the proposed model is identical with bulk density is outlined. An evaluation of other quantities would pass beyond the frame of this paper.

soil; bulk density; soil moisture; soil model; fractal; dimension

ABSTRAKT: Fraktálna koncepcia predstavuje netradičný prístup k hodnoteniu základných vlastností pôdy (napr. textúry pôdy, štruktúry pôdy, objemovej hmotnosti, vlhkosti, pórovitosti, obsahu pôdnej vody a pod.). Táto koncepcia predstavuje pôdu ako fraktálny útvar. Jeho základnou vlastnosťou je sebadobnosť vnútornej štruktúry. Práve výskyt pórov v pôde spôsobuje štatistickú sebadobnosť pôdnej štruktúry a tým umožňuje chápať pôdu nie ako euklidovský trojrozmerný útvar, ale ako útvar, ktorý má neceločíselnú dimenziu. Na základe fraktálnych vlastností pôdy je navrhnutý a testovaný model, ktorý umožňuje určiť fraktálnu dimenziu pôdy D . Táto veličina v sebe komplexne zahŕňa všetky základné vlastnosti pôdy a len od voľby matematického modelu závisí, ktorá vlastnosť bude hodnotená. Zmeraním hmotnosti a lineárneho rozmeru niekoľkých vzoriek je potom možné určiť parameter, ktorý komplexne popisuje základné vlastnosti pôdy. V práci sa poukazuje na súvis objemovej hmotnosti pôdy a vlhkosti pôdy s fraktálnou dimenziou. Je vyslovená domnienka, že „fraktálna hustota“ určená pomocou predkladaného modelu je totožná s objemovou hmotnosťou pôdy. Hodnotenie ďalších parametrov by prekročilo stanovený rozsah článku.

pôda; objemová hmotnosť; vlhkosť pôdy; model pôdy; fraktál; dimenzia

ÚVOD

V poslednom období sa venuje veľká pozornosť štúdiu pravidelnosti najrôznejších útvarov. Na popísanie nerovnomernosti, rozdrobenosti a nepravidelnosti jednorozmerných, dvojrozmerných alebo trojrozmerných objektov sa veľmi dobre osvedčila fraktálna teória. Zakladateľom fraktálnej teórie v geometrii je Benoit B. Mandelbrot (1975, 1977, 1982). Základnými pojmami fraktálnej teórie a jej aplikáciou v praxi sa zaoberal Štěpánek (1987). Fraktálna koncepcia, aplikovaná na pôdny materiál, predstavuje moderný prístup hodnotenia základných vlastností pôdy, ako napríklad objemovej hmotnosti, vlhkosti, pórovitosti, obsahu pôdnej vody, kapilárneho tlaku a mnohých ďalších. So základnými vlastnosťami pôdy súvisí dôležitý fraktálny parameter – fraktálna dimenzia D , predstavujúca kľúč k ich určeniu. Výhoda fraktálnej koncepcie voči klasickým metódam určovania vlastností pôdy je v tom, že fraktálna dimenzia je parameter zahŕňajúci v sebe kom-

plexne všetky základné vlastnosti pôdy a závisí len od typu matematického modelu, ktorá vlastnosť pôdy bude pomocou nej určená.

Práca sa zaoberá návrhom fraktálneho modelu vhodného na určenie dimenzie pôdy D . Je v nej uvedený dôkaz fraktálnej štruktúry pôdy. Je ukázaná vzájomná závislosť objemovej hmotnosti pôdy a vlhkosti pôdy s fraktálnou dimenziou. Určenie iných parametrov pôdy presahuje rozsah tohto článku.

MATERIÁL A METÓDA

Fraktálom je nazývaný útvar, ktorý má sebadobnú štruktúru v pravidelnom alebo štatistickom slova zmysle (Štěpánek, 1987). Termín sebadobnosť značí, že pravidelná alebo štatisticky pravidelná štruktúra je pozorovaná pre všetky škály pozorovania, t. j. pre všetky pomery podobnosti. To znamená, že pri delení skúmaného útvaru (napr. vzorky pôdy) stále jemnejším de-

lením sa nájde vždy rovnaká, resp. sebahodobná štruktúra. Mierou nepravidelnosti skúmanej štruktúry a mierou jej sebahodobnosti v pravidelnom i štatistickom slova zmysle je fraktálna dimenzia D . Z matematického hľadiska je fraktál súbor bodov, pre ktorý je hodnota Hausdorffovej-Besicovitchovej dimenzie D väčšia ako topologická dimenzia D_T (Feder, 1988). V euklidovskej geometrii je dimenzia euklidovského priestoru definovaná ako $E = 3$, potom euklidovský útvar, napr. guľa alebo valec, má topologickú dimenziu $D_T = 3$ a Hausdorffovu-Besicovitchovu dimenziu (ďalej len HBD) tiež $D = 3$. Z hľadiska fraktálnej geometrie je povrch pôdnej vzorky považovaný za fraktálnu krivku a objemová štruktúra pôdnej vzorky za fraktálnu plochu. Keďže topologická dimenzia krivky z hľadiska euklidovskej geometrie je $D_T = 1$ a topologická dimenzia plochy $D_T = 2$, v prípade, že HBD D je stanovená tak, že pre povrch pôdnej vzorky je číslo väčšie ako jedna a pre objemovú štruktúru pôdnej vzorky číslo väčšie ako dva, transformuje sa HBD na fraktálnu dimenziu. Táto už nie je celým číslom. V euklidovskej geometrii sa dimenzia stanovuje ako vzdialenosť medzi bodmi v priestore. Potom ak vzorka pôdy predstavuje súbor bodov v priestore, zavádza sa testovacia funkcia $\Gamma(d)L^d$ a súbor bodov je pokrytý mierou $M_d = \Sigma \Gamma(d)L^d$, kde $\Gamma(d)$ je geometrický faktor, L je „krok“ (lineárny rozmer) potrebný na pokrytie vzdialenosti medzi bodmi súboru a d je dimenzia miery M_d . Ak sa krok L blíži k nule, t. j. keď sa škála delenia zmení na minimum, miera M_d je buď nula alebo nekonečno. Dimenzia d sa stáva HBD D skúmaného súboru bodov práve v tomto okamihu. Je teda kritickou dimenziou a pre prípady, keď $d = D$, nie je celé číslo a nazýva sa fraktálnou dimenziou. Miera M_d je definovaná ako uvádza Feder (1988):

$$M_d = \Sigma \Gamma(d) L^d = k \Gamma(d) N(L) L^d \rightarrow \begin{cases} 0, d > D \\ \infty, d < D \\ L \rightarrow 0 \end{cases} \quad (1)$$

kde: $N(L)$ – počet segmentov s veľkosťou L
 k – rozmerová konštanta

FRAKTÁLNY HMOTNOSTNÝ MODEL

Vzťah (1) predstavuje matematický model pre pôdnú štruktúru, ktorá je považovaná za útvar sebahodobný v štatistickom slova zmysle, pretože sa javí ako súbor pevných častí a pórov svojím usporiadaním spôsobujúcich, že je chápaná ako fraktálna krivka (povrch pôdy), resp. fraktálna plocha (objem pôdy). Práve póry spôsobujú „degradáciu“ pôdnej štruktúry z euklidovského útvaru na fraktálny útvar s neceločíselnou dimenziou. Ak pôdu charakterizujeme z hľadiska euklidovskej geometrie, pre euklidovskú hustotu ρ_E (v prípade, ak ide o pôdnú vzorku, je to vlastne jej objemová hmotnosť) platí

$$\rho_E = \frac{M(L)}{\Gamma L^E} \quad (2)$$

kde: $M(L)$ – hmotnosť vzorky
 L – lineárny rozmer vzorky
 Γ – geometrický faktor
 E – euklidovská dimenzia ($E = 3$)

Z hľadiska fraktálnej geometrie pre „fraktálnu hustotu“ ρ_d platí analogicky

$$\rho_d = \frac{M(L)}{\Gamma L^D} \quad (3)$$

kde význam veličín je analogický ako vo vzťahu (2). Na základe modelovej rovnice (1) však môžeme hmotnosť $M(L)$ stotožniť s mierou M_d , D je fraktálna dimenzia vo význame danom vzťahom (1) a objemy vzorky $V = \Gamma L^E$, resp. $V = \Gamma L^D$ v menovateľoch oboch predchádzajúcich vzťahov súvisia tiež s definíciou fraktálnej dimenzie podľa vzťahu (1). Veličina ρ_d , resp. ρ_E je konštanta totožná s konštantou k , zabezpečujúca fyzikálny rozmer hmotnosti vo vzťahu (1).

V prípade, ak je objem vzorky definovaný ako objem gule, geometrický faktor $\Gamma = 4\pi/3$. Zo vzťahu (3) je možné určiť fraktálnu dimenziu pôdy D ako smernicu logaritmickej závislosti $\ln M(L)$ na $\ln L$ a potom tiež „fraktálnu hustotu pôdy“ ρ_d , keď je experimentálne určená hmotnosť vzorky pôdy $M(L)$ a lineárny rozmer vzorky L (napr. polomer guľovej vzorky) pre rôzne veľké vzorky pôdy vyznačujúce sa rovnakou pôdnou štruktúrou. Logaritmickej závislosti vyjadrená zo vzťahu (3) má tvar

$$\ln M(L) = \ln \rho_d + \ln \Gamma + D \ln L \quad (4)$$

Z porovnania vzťahov (2), (3) vyplýva

$$\rho_d = \frac{\rho_E}{L^{D-E}} \quad (5)$$

Pretože fraktálna dimenzia D je pri objemových vzorkách pôdy v dôsledku degradácie pôdnej štruktúry spôsobenej pórmí vždy číslo menšie ako euklidovská dimenzia $E = 3$, ktorá popisuje pôdu ako dokonale vyplnené teleso (toto tvrdenie sa snaží práca ďalej dokázať), zo vzťahu (5) vyplýva, že pri ľubovoľnej objemovej hmotnosti vzorky ρ_E môžu nastať v závislosti od lineárneho rozmeru L vzorky tieto prípady:

1. ak $L > 1$, potom $\rho_d > \rho_E$
2. ak $L = 1$, potom $\rho_d = \rho_E$
3. ak $L < 1$, potom $\rho_d < \rho_E$

Určenie fraktálnej dimenzie a následne objemovej hmotnosti vyžaduje vybrať vzorky zo všetkých troch prípadov, aby ich stanovenie z rovnice (4) bolo jednoznačné a metóda bola najvšeobecnejšia. Pri polomere vzorky sa neuvádza jednotka veličiny. Na experimentátorovi závisí, aký dekadický násobok metra (a tým aj rozsah súboru vzoriek) zvolí.

Hmotnostný model bol testovaný najskôr na súbore piatich oceľových guľôčiek rôznej veľkosti predstavujúcich neporovitateľne, a teda jednoznačne pravidelné euklidovské útvary s euklidovskou dimenziou $E = 3$ a meranou hmotnosťou $\rho_E = (7886,1 \pm 18,4) \text{ kg.m}^{-3}$. Táto hodnota bola získaná pomocou vzťahu (2). Polomer L

pre jednotlivé guľôčky bol určený s chybou 0,01 mm pri desiatich meraniach každej guľôčky a ich hmotnosť s presnosťou 10^{-4} g (váhy SARTORIUS). Výsledná hodnota mernej hmotnosti bola stanovená ako aritmetický priemer všetkých guľôčiek. Chyby všetkých meraní sú stredné kvadratické odchýlky.

Podobne boli testované súbory pôdnych vzoriek predstavujúcich pórovitú a teda nepravidelnú fraktálnu útvary s predpokladanou fraktálnou dimenziou $D < 3$. Boli to dva súbory ílovito-hlinitej pôdy, každý o inej vlhkosti. Vlhkosť pôdy bola určená podľa normy STN 72 1012. Vzorky pre oba súbory boli v tvare hrudiek rôznej veľkosti a ich objemová hmotnosť bola stanovená tiež podľa vzťahu (2). Polomer L vzoriek bol určený s presnosťou 0,5 mm a hmotnosť vzoriek s presnosťou 10^{-4} g. Objemová hmotnosť pôdy prvého súboru bola stanovená ako aritmetický priemer 46 vzoriek a objemová hmotnosť druhého súboru ako aritmetický priemer 89 vzoriek pôdy. Objemová hmotnosť pre prvý súbor pri vlhkosti 4,7 % bola $\rho_E = (1652,4 \pm 39,7)$ kg.m⁻³ a pre druhý súbor, ktorý mal vlhkosť 26,8 %, bola $\rho_E = (1803,7 \pm 70,9)$ kg.m⁻³. Všetky chyby meraní sú stredné kvadratické odchýlky.

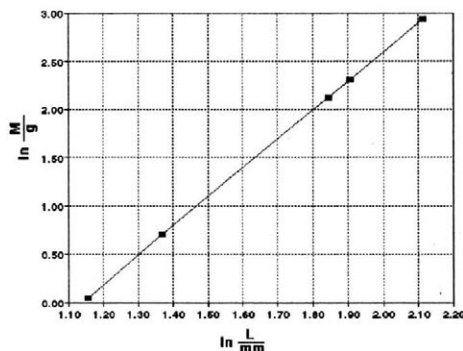
VÝSLEDKY

Na obr. 1 je logaritmická závislosť $\ln M$ na $\ln L$ pre súbor oceľových guľôčiek rôznych veľkostí. Závislosť bola určená vzťahom (4). Fraktálna dimenzia D , určená zo smernice grafu, bola $D = 3,0024 \pm 0,0070$ a fraktálna hustota $\rho_D = (7858,1 \pm 98,4)$ kg.m⁻³. Relatívna chyba určenia dimenzie je 0,2 %. Chyba pri určení objemovej hmotnosti guľôčiek podľa vzťahu (2) je menšia (0,2 %) ako chyba objemovej hmotnosti určenej vzťahom (4) (1,2 %).

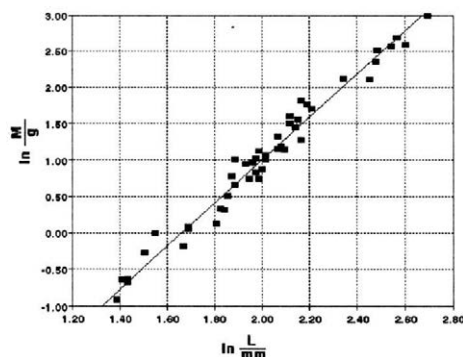
Na obr. 2 je logaritmická závislosť $\ln M$ na $\ln L$ pre prvý súbor 46 vzoriek ílovito-hlinitej pôdy rôznej veľkosti s vlhkosťou 4,7 %. Išlo teda o veľmi suchú pôdu. Rovnakým spôsobom ako pre súbor oceľových guľôčiek bola pre tento súbor určená fraktálna dimenzia $D = 2,9121 \pm 0,0729$ a fraktálna hustota, t. j. predpokladaná objemová hmotnosť pôdy, $\rho_D = (1946,2 \pm 267,2)$ kg.m⁻³. Relatívna chyba určenia dimenzie bola 2,5 %. Chyba pri určení objemovej hmotnosti podľa vzťahu (2) bola 2,4 % a podľa vzťahu (4) 13,7 %.

Na obr. 3 je logaritmická závislosť $\ln M$ na $\ln L$ pre druhý súbor 89 vzoriek ílovito-hlinitej pôdy rôznej veľkosti s vlhkosťou 26,8 %. Zo smernice závislosti vyplývalo $D = 2,9495 \pm 0,0681$ a $\rho_D = (1927,2 \pm 288,0)$ kg.m⁻³. Relatívna chyba určenia dimenzie bola 2,3 %. Chyba pri určení objemovej hmotnosti podľa vzťahu (2) bola 3,9 % a podľa vzťahu (4) 14,9 %.

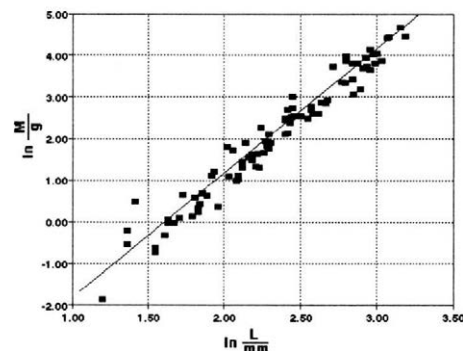
Smernice D a hustoty vo vzťahu (4) boli stanovené pomocou lineárnych regresných modelov programom STATGRAPHICS pre závislosti $\ln M$ na $\ln L$ a boli testované na hladine významnosti 0,05. Vzhľadom na rôznu mierku osí logaritmických závislostí nie je možné zistiť smernicu D jednoduchým zmeraním sklonu



1. Logaritmická závislosť hmotnosti M od polomeru L pre súbor oceľových guľôčiek – Logarithmic dependence of weight M on radius L for a set of steel beads



2. Logaritmická závislosť hmotnosti M od polomeru L pre súbor pôdnych vzoriek o vlhkosti 4,7 % – Logarithmic dependence of weight M on radius L for a set of soil samples of moisture 4.7%



3. Logaritmická závislosť hmotnosti M od polomeru L pre súbor pôdnych vzoriek o vlhkosti 26,8 % – Logarithmic dependence of weight M on radius L for a set of soil samples of moisture 26.8%

závislosti na jednotlivých obrázkoch. Chyby určenia dimenzie D a všetkých hustôt sú stredne kvadratické odchýlky.

DISKUSIA

Práca bola zameraná hlavne na dôkaz fraktálnej štruktúry pôdy a na určenie fraktálnej dimenzie D . Ako ďalší efekt sa ukázala možnosť súvisu dimenzie D s objemovou hmotnosťou pôdy a s vlhkosťou pôdy.

Pre súbor oceľových guľôčiek sa očakávalo, že D získaná z logaritmickej závislosti $\ln M$ na $\ln L$ zo vzťahu (4) bude $D = E = 3$ a fraktálna hustota ρ_D určená z tej istej závislosti bude $\rho_D = \rho_E$. Bolo teda očakávané, že oceľ sa bude správať ako pravidelný, nefraktálny (neporézny) útvar. Tento predpoklad bol potvrdený ako správny. Dokazuje to porovnanie hodnôt dimenzii a hustôt pre súbor oceľových guľôčiek uvedených v časti Materiál a metóda. Výsledky sú dostatočne presné napriek tomu, že boli využité len guľôčky s polomerom $L > 1$. Je to zrejme, pretože rozdiel hodnôt hustôt spadá do chyby merania $\pm 98,4 \text{ kg.m}^{-3}$.

Pre pôdne vzorky bola očakávaná dimenzia $D < 3$ a fraktálna hustota, ktorá by bola totožná s objemovou hmotnosťou určenou v časti Materiál a metóda. Fraktálny charakter pôdy bol potvrdený. Dimenzie pre pôdu uvedené v časti Výsledky majú neceločíselné hodnoty menšie ako číslo tri. Fraktálne hustoty sú väčšie ako hustoty určené podľa vzťahu (2) a sú určené s menšou presnosťou. Hustoty sú väčšie, pretože boli použité iba vzorky s polomerom $L > 1 \text{ cm}$, napriek tomu rozdiel hustoty určenej vzťahom (2) a vzťahom (4) spadá do chyby merania $\pm 267,2 \text{ kg.m}^{-3}$, resp. $\pm 288,0 \text{ kg.m}^{-3}$.

Z merania vyplynulo, že pri daných podmienkach je určenie objemovej hmotnosti fraktálnou metódou menej presné ako klasické určovanie, napriek tomu merania s chybou rádove desať percent považujeme v praxi za veľmi presné.

Zaujímavý je súvis fraktálnej dimenzie s vlhkosťou pôdy, ktorý je tiež viditeľný. Predpokladá sa, že i výskyt iných látok v pôde by bolo možné určiť pomocou fraktálnej dimenzie pôdy. Takýto prístup komplexného popisu pôdy pomocou jediného parametra by zrejme uľahčil a urýchlil praktické určovanie základných vlastností pôdy v poľnohospodárskej praxi. Pre jednoznačné potvrdenie týchto skutočností sú však potrebné rozsiahlejšie merania pre viac pôdnych druhov.

LITERATÚRA

- FEDER, J.: Fractals. New York and London, Plenum Press 1988.
MANDELBROT, B. B.: Les objets fractals: Forme, hasard et dimension. Paris, Flammarion 1975.
MANDELBROT, B. B.: Fractals: Form, chance, and dimension. San Francisco, W. H. Freeman 1977.
MANDELBROT, B. B.: The fractal geometry of nature. New York, W. H. Freeman 1982.
ŠTĚPÁNEK, P.: Fraktální útvary v geometrii a přírodě. Českoslov. Čas. pro Fyziku, Sekce A, 37, 1987 (4): 329–424.
ŠTĚPÁNEK, P.: Aplikace fraktální teorie v praxi. Českoslov. Čas. pro Fyziku, Sekce A, 37, 1987 (5): 425–536.

Došlo 2. 11. 1995

Kontaktná adresa:

RNDr. Lubomír K u b í k, Vysoká škola poľnohospodárska, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: 087/601, fax: 087/41 70 03, e-mail: kubik@uniag.sk

MĚRNÁ SPOTŘEBA ENERGIE TRAKTORU V AGREGACI S KOMBINOVANÝM SECÍM STROJEM

SPECIFIC CONSUMPTION OF TRACTOR POWER IN AGGREGATE WITH COMPOSITE SOWING MACHINE

J. Svatoš, J. Šabatka

University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, České Budějovice, Czech Republic

ABSTRACT: Soil processing and sowing belong to basic agricultural operations in most technologies of plant production. Recently, it has been enabled to unite these two operations in a single technology. Tractor set with such a machine enables to utilize a tractor, partly by tractive force, and also to transfer turning moment to driving of working gear for soil processing through power take-off shaft. This study presents a division of internal combustion engine output into specific dissipation of tractor by rolling and slippage and to effective output for towing and transfer of turning moment. Measurement has been taken in the tractor set Zetor 16245 with a combined machine for soil processing and sowing Să-Exaktor SE 3 manufactured by Horsch company. Effective output involves towing output P_t of 14.62–19.98 kW and output transferred by power take-off shaft of 26.18–59.69 kW needed to drive a rotary cultivator and ventilator fan. Dissipation of rolling resistance P_r ranges from 6.87 to 10.66 kW, output dissipated by slippage P_s amounts from 3.50 to 25.82 kW and output dissipated in tractor's gears P_m is 13.1 kW.

tractor; sowing machine; rotary cultivator; input division; towing (tractor) output; power take-off shaft output

ABSTRAKT: Zpracování půdy a setí patří mezi základní zemědělské práce v převážné části technologií při pěstování rostlin. V poslední době nám některá provedení zemědělských strojů umožňují tyto dvě práce spojit do jedné pracovní operace. Souprava traktoru s tahovým strojem umožňuje jednak využít tahovou sílu traktoru, jednak přenášet točivý moment vývodovým hřídelem pro pohon pracovních mechanismů, zejména mechanismů pro zpracování půdy. V této práci je uvedeno rozdělení výkonu spalovacího motoru na jednotlivé ztrátové výkony traktoru, a to odporem valení, v převodech a prokluzem, a na užitečné výkony pro tažení a přenos točivého momentu. Měření se uskutečnilo u soupravy traktoru Zetor 16245 s kombinovaným strojem pro přípravu půdy a setí Să-Exaktor SE 3 firmy Horsch.

traktor; secí stroj; rotační kypřič; rozdělení příkonu; tahový výkon; výkon vývodového hřídele

ÚVOD

Energie obsažená v motorové naftě se v traktorovém motoru přeměňuje na mechanickou práci určenou pro pojezd mobilních energetických prostředků, pro tažení a pohon zemědělských strojů a nářadí, popřípadě pro pohon dalších funkčních ústrojí. U traktorů patří přenos energie hnacími koly na tahový výkon mezi měniče energie s velmi malou účinností. Ta se pohybuje v rozsahu 40 až 70 %. Při velkých tahových silách jsou nejpodstatnější položkou ztráty prokluzem. Protože se celosvětově zvyšuje zastoupení traktorů vyšší výkonové třídy, jsou tyto ztráty prokluzem v absolutních hodnotách také vyšší. Kromě jiných faktorů lze tahovou účinnost traktoru zvýšit větší tíhou připadající na hnací kola. To způsobuje nežádoucí růst zhutňování půd těžkými mechanizačními prostředky. Některé údaje uvádějí, že za posledních 20 let se odpory půd v celostátním průměru zvýšily o 33 % (Sušková, 1987). Dalším důsledkem větší tíhy traktoru je vyšší odpor

valení. Proto se hledají nová technická řešení, jak snížit kontaktní tlaky na půdu, anebo nové pracovní technologie, které vyžadují nižší tahové síly nebo snižují počet přejezdů po poli spojováním několika operací do jedné jízdy, popřípadě vynecháním některých z nich. Stále častěji jsou na trhu soupravy zemědělských strojů, které mají kombinovaný způsob přenosu energie. Hnacími koly traktoru se převážně zajišťuje pohyb stroje po poli a pracovní orgány stroje jsou poháněny vývodovým hřídelem s účinností 97 až 99 %. Již při konstrukci traktoru se počítá s tím, že vývodovým hřídelem bude přenášeno 60 až 90 % požadovaného výkonu pohonu zemědělského stroje. S tím se mění do určité míry také tahové vlastnosti traktoru, u kterých je nutno odečíst výkon na vývodovém hřídele. Ten se stanoví z experimentálně zjištěného točivého momentu a otáček vývodového hřídele (Semetko et al., 1981).

Jeden z zpracovaných systémů tohoto kombinovaného odběru výkonu nabízí firma Horsch Maschinen ze SRN pro přípravu půdy a setí.

MATERIÁL A METODA

Energetická náročnost kombinovaného stroje pro přípravu půdy a setí s rozdělením příkonu na tahovou sílu a točivý moment byla měřena u soupravy traktoru Zetor 16245 s Să-Exaktorem SE 3 firmy Horsch.

Kombinovaný stroj se skládá z rotačního kypriče o velkém průměru a pneumatického secího stroje o záběru 3 m. Je určen pro výsev bez orby do hloubky 3 až 5 cm s možností zpracování půdy až do 15 cm.

Na rozdíl od přímého výsevu do nezpracované půdy zpracovává fréza speciálního secího stroje intenzivně vrstvu ornice, včetně posklizňových zbytků, na hloubku setí. Osivo je ukládáno na odfrézované setové lůžko s neporušenými kapilárními póry. Tím je umožněn rychlý přísun kapilární vody k osivu, jeho rychlé nabobtnání, klíčení a vzházení. Tato technologie je zařazena do půdoochranného systému mělkého zpracování půdy.

Měření se uskutečnila na pozemcích Stagra, a. s., Studená. Jedna skupina měření byla provedena na povrchu s trvalým travním drnem o výšce porostu do 5 cm, druhá skupina na nakypněném povrchu.

Na obou skupinách pozemku byly vytyčeny 30m měřicí úseky, mezi kterými byly dostatečně dlouhé úseky pro rozjezd soupravy až na ustálené provozní parametry. V těchto úsecích byl měřen:

- čas průjezdu (s) při třech různých převodových stupních (1, 1 R, 2 R) s odpovídající rychlostí pro danou technologii;

- točivý moment M_k (Nm) vývodového zadního hřídele traktoru při 1000 ot. min⁻¹ tenzometrickou soupravou. Elektrické veličiny byly přechovány na motorové brzdě;

- spotřeba motorové nafty (cm³) na úseku 30 m byla měřena spotřeboměrem, terminálem vyhodnocení paliva OP-20 přechováváním kalibrovanou nádobou na motorové brzdě;

- valivý odpor F_v a tahová síla F_t (kN) byly měřeny hydraulickým registračním dynamometrem typu 34 KSI s rozsahem do 60 kN; měřenou soupravu se zdviženým strojem v hydraulickém třibodovém zařízení a se strojem v pracovní poloze (přičemž traktor Z 16245 bez zařazeného převodového stupně poháněl jen přes vývodový hřídel rotační kypriče stroje) táhl druhý traktor;

- prokluz δ (%) předních a zadních kol traktoru Z 16245 byl vypočítán z rozdílu počtu otáček kol při zatížení tahovou silou a bez zatížení v úseku měřicí tratě o délce 30 m.

Z naměřených hodnot byly vypočítány:

- výkon P_{vh} (kW) na vývodovém hřídeli pro pohon rotačního kypriče stroje,
- pojezdová rychlost v (m.s⁻¹),
- prokluz δ (%) předních a zadních kol traktoru Z 16245,

- hodinová spotřeba M_p (kg.h⁻¹),

- hektarová spotřeba Q (kg.ha⁻¹),

- měrná spotřeba m_{pr} (q.kWh⁻¹).

Vypočítané hodnoty jednotlivých veličin z experimentálního měření jsou graficky znázorněny a vyhodnoceny.

Hmotnosti traktoru Z 16245 a rozměry pneumatik:

hmotnost (kg):	celková	6 200				
	přední nápravy	2 705				
	zadní nápravy	3 495				
pneumatiky:	rozměr	tlak	výška dezénu	statický poloměr		
				(kPa)	(mm)	(mm)
přední levá (PL)	14,9/13-24 8PR TZ6	170	18	590		
přední pravá (PP)	14,9/13-24 8PR TZ6	170	18	590		
zadní levá (ZL)	18,4/15-34 8PR TZ13	220	15	749		
zadní pravá (ZP)	18,4/15-34 8PR TZ13	220	16	749		

Maximální výkon motoru traktoru Z 16245 se udává 118 kW/2400 min⁻¹. Traktor používaný při měření měl dodatečně uživatelem provedenou úpravu turbodmychadla. Tato úprava zvyšuje výkon motoru cca o 11 % na 131 kW.

Hmotnost stroje Să-Exaktor SE 3 (kg): 2 540

Pro rozbor ztrát se vycházelo ze základní rovnice rovnováhy výkonů traktorů (Grečenko, 1963), která uvádí pro měření na rovině:

$$P_e - P_v - P_m - P_\delta - P_t - P_{vh} = 0$$

kde: P_e – užitečný výkon motoru (kW)

P_v – výkon pro odpor valení (kW)

P_m – výkon ztracený v převodech (kW)

P_δ – výkon ztracený prokluzem (kW)

P_t – tahový výkon (kW)

P_{vh} – výkon na vývodovém hřídeli (kW)

$P_v + P_m + P_\delta$ – ztrátové výkony P_z

$P_t + P_{vh}$ – užitečné výkony P_u

Vztahy pro jednotlivé počítané výkony byly upraveny podle podmínek experimentálního provozního měření uvedené soupravy a vazby mezi traktořem a strojem.

VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

Z naměřených a vypočtených hodnot uvedených v tab. I a II, z parametrů traktoru a stroje byly stanoveny jednotlivé výkony.

1. Odpor valení

Výkon ztracený odporem valení (P_v) byl vypočítán z tahové síly 4 kN, potřebné k tažení traktoru Z 16245 dotíženého silou z taženého stroje o 2,45 kN při rychlostech 6,2; 8,0 a 9,6 km.h⁻¹ jako průměrných hodnotách u jednotlivých převodových stupňů (1 R, 1, 2 R) na

$$P_{v1R} = 6,87 \text{ kW} \quad P_{v1} = 8,86 \text{ kW} \quad P_{v2R} = 10,66 \text{ kW}$$

Součinitel odporu valení $f = 0,062$ byl vypočítán a odpovídá hodnotám udávaným na louce a drnu.

2. Výkon ztracený v převodech

Mechanická účinnost kolového traktoru se obvykle uvádí 0,9; u traktoru Z 16245 v uvedené úpravě je to 13,1 kW. Předpokládá se, že při jednotlivých provozních podmínkách je přibližně konstantní.

3. Výkon ztracený prokluzem

Počty otáček předních a zadních kol při jednotlivých jízdách v daném 30m úseku jsou uvedeny v tab. I. Z nich byly vypočítány prokluzy (tab. II): u předních kol jsou v rozsahu 0 až 7,81 %, u zadních kol 3,31 až 21,9 % v závislosti na hloubce a povrchu zpracované půdy. Prokluz větší než 20 % může způsobit snížení točivého momentu hnanic kol vlivem funkce regulátoru vstřikovacího čerpadla, popřípadě i pokles točivého momentu vývodového hřídele. Zvýšení prokluzu také působí negativně na povrch a strukturu podložky. Výkon ztracený prokluzem byl v rozsahu 3,5 až 25,82 kW.

Přenos točivého momentu u přední nápravy s pohonem kol je zajištěn čelní zubovou spojkou se šikmými zuby. Při přímé jízdě je tato část ve stálém záběru s hnanými částmi. Při jízdě v zatáčkách nebo při prokluzu z důvodů rozdílných otáček předních kol se vypíná hnaná část spojky vnějšího kola. Točivý moment se v tomto případě přenáší jen na jedno kolo. V okamžiku, kdy se otáčky předních kol vyrovnávají, se vyřazené kolo automaticky zapne do záběru.

Prokluz nezátíženého traktoru Z 16245 byl měřen při tažení dalším traktozem. Průměrný počet otáček předních kol v měřené dráze byl 8 a zadních 6,1. Tyto hodnoty souhlasí i s hodnotami vypočtenými na 30m dráze. Pootočení předního kola o 1/10 znamená na jeho obvodu dráhu 370 mm a u zadního kola 489 mm.

Porovnávají-li se hodnoty z tab. I, je zřejmé, že u zadních kol je počet otáček vždy větší než 6, nejmenší 6,25 a nejvyšší 8,5 u zatíženého traktoru. U předních kol je počet otáček poměrně nevyrovnaný: u jednoho měření činí 7,9 což je negativní prokluz, a v sedmi případech ze 36 je roven počtu otáček kol traktoru nezátíženého tahovou silou. Ve třech případech je prokluz

předních kol větší než kol zadních, i když o malou hodnotu. Hodnoty výkonů ztracených prokluzem jsou uvedeny na obr. 1 a v tab. II. Pohybují se v rozsahu 3,9 až 25,8 kW. Většinou tento výkon v jednotlivých skupinách měření roste se zvyšováním pojezdové rychlosti. Prokluz předních kol je rozdílný a je převážně větší než u zadních kol.

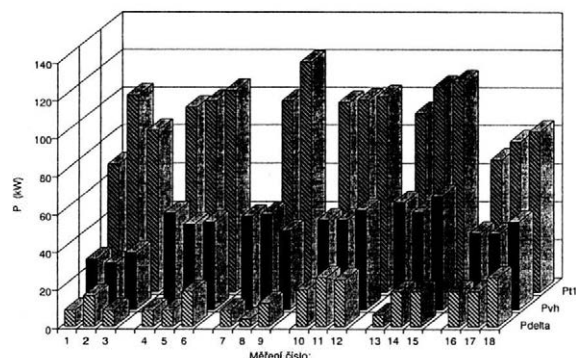
4. Tahový výkon

Valivý odpor, a tím i tahový výkon kombinovaného stroje pro přípravu půdy a setí firmy Horsch byl zjištěn z rozdílu tahových sil pro pohyb traktoru Z 16245 a pro pohyb soupravy s kombinovaným strojem. Rotační kypřič byl bez otáček v poloze mimo půdu. Valivý odpor stroje při rychlosti $6,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1 R) činil 3,0 kN a při $8,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1) 4,5 kN. Při činnosti rotačního kypřiče do hloubky 6 cm byla naměřena tahová síla při uvedených rychlostech 8,5 a 9,0 kN. Z toho vyplývá, že činnost rotačního kypřiče zvýšila tahovou sílu o 5,5 a 4,5 kN. Z těchto hodnot lze vypočítat potřebný tahový výkon, a to při rychlosti $6,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na 14,62 kW (1 R) a při rychlosti $8,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ na 19,98 kW (1). Činnost rotačního kypřiče zvyšovala tahový výkon o 9,46 kW při rychlosti $6,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1 R) a o 9,99 kW při $8,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1). Je to dáno tím, že rotační kypřič se otáčí kolem horizontální osy a současně se pohybuje dopředu rychlostí jízdy. Pohyb vzhledem k půdě je dán výslednicí obou jeho pohybů (obr. 2).

5. Výkon na vývodovém hřídele

Vývodovým hřídelem traktoru byl poháněn rotační kypřič měřeného kombinovaného stroje pro přípravu a setí. K naměřeným hodnotám točivého momentu a k vypočítanému výkonu (tab. II) je nutné přičíst výkon pro pohon ventilátoru pro setí, a to 2 kW. Z provozních důvodů nebyl tento ventilátor při měření poháněn. Průběh točivého momentu uvedený na obr. 1 i průběh točivého momentu na obr. 3 odpovídají provozním podmínkám jednotlivých měření.

Celkový rozsah točivého momentu pro pohon rotačního kypřiče se pohybuje od 230 Nm do 570 Nm, střed-



1. Průběh jednotlivých výkonů – The pattern of different outputs

měření číslo – measurement No.

I. Přehled naměřených hodnot – Survey of values taken by measurements

Měření číslo ¹	Převodový stupeň ²	Hloubka orby ³ (cm)	Pracovní rychlost ⁴ v (km.h ⁻¹)	Čas na úsek ⁵ t (s)	Spotřeba paliva ⁶ (cm ³)	Otáčky kol na 30m úseku ⁷				Průměrné otáčky kol ⁸	
						PZ	LZ	PP	LP	Z	P
podložka: dm – motor ⁹ : 2200 ot.min ⁻¹											
1	1R	2	6,30	17,20	80	6,50	6,50	8,10	8,00	6,50	8,05
2	1	2	8,20	13,20	95	6,75	7,00	8,75	8,50	6,88	8,63
3	2R	2	10,60	10,20	60	6,50	6,50	8,25	8,75	6,50	8,50
4	1R	4	6,60	16,30	110	6,50	6,50	8,25	9,00	6,50	8,63
5	1	4	7,90	13,60	95	6,50	6,50	8,25	9,00	6,50	8,63
6	2R	4	8,80	12,20	90	6,50	7,50	8,25	8,25	7,00	8,25
7	1R	6	6,00	18,00		6,50	6,50	8,30	8,25	6,50	8,28
8	1	6	7,90	13,60	95	6,25	6,25	8,75	8,20	6,25	8,48
9	2R	6	9,60	11,30	95	6,75	6,60	8,50	8,50	6,68	8,50
podložka: podmítnuto ¹⁰ – motor 2200 ot.min ⁻¹											
10	1R	6	5,50	19,50	135	7,00	7,10	8,10	8,20	7,05	8,15
11	1	6	6,00	17,80	125	7,40	7,35	8,00	8,10	7,38	8,05
12	2R	6	7,00	15,40	110	7,45	7,20	8,00	8,00	7,33	8,00
13	1R	8	5,90	18,40	120	6,50	6,25	8,00	8,00	6,38	8,00
14	1	8	7,30	14,70	110	7,00	7,00	8,25	8,00	7,00	8,13
15	2R	8	7,60	14,30	110	7,00	7,00	8,20	8,20	7,00	8,20
podložka: podmítnuto – motor: 1800 ot.min ⁻¹											
16	1R	6	4,50	23,80	115	7,00	7,00	8,10	8,20	7,00	8,15
17	1	6	6,20	17,30	95	7,00	7,00	8,10	7,90	7,00	8,00
18	2R	6	6,90	15,70	92	7,50	7,25	8,10	8,00	7,38	8,05

PZ – pravé zadní kolo – right rear wheel; LZ – levé zadní kolo – left rear wheel; PP – pravé přední kolo – right front wheel; LP – levé přední kolo – left front wheel; Z – zadní kola – rear wheels; P – přední kola – front wheels

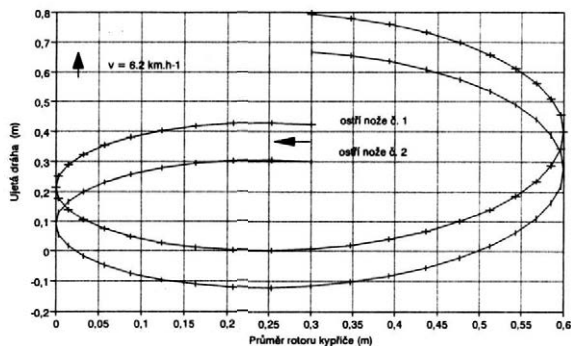
¹ measurement No., ² driving speed, ³ depth of tillage, ⁴ working speed, ⁵ time per interval, ⁶ fuel consumption, ⁷ wheel revolutions at 30 m interval, ⁸ average wheel revolutions, ⁹ surface: sod – engine, ¹⁰ surface: stubble-ploughed

II. Přehled vypočítaných hodnot – Survey of calculated values

Měření číslo ¹	Převodový stupeň ²	Hloubka orby ³ (cm)	Pracovní rychlost ⁴ v (km.h ⁻¹)	Točivý moment vývodového hřídele ⁵ M_{kvh} (Nm)	Prokluz δ^6		Spotřeba paliva ⁷		Teoretický tahový výkon ⁸ P_{tl} (kW)	Výkon vývodového hřídele ⁹ P_{vh} (kW)	Výkon pro prokluz ¹⁰ P_{δ} (kW)
					Z	P	M_p	Q			
					(%)		kg.h ⁻¹	kg.ha ⁻¹			
podložka: drn ¹¹ – motor: 2200 ot.min ⁻¹											
1	1R	2	6,30	250	7,44	0,63	14,07	8,96	66,98	26,18	8,77
2	1	2	8,20	230	13,64	7,81	21,76	10,64	103,64	24,09	16,08
3	2R	2	10,60	285	7,44	6,25	17,79	6,72	84,71	29,85	8,77
4	1R	4	6,60	485	7,44	7,81	20,41	12,32	97,18	50,79	8,77
5	1	4	7,90	430	7,44	7,81	21,12	10,64	100,59	45,03	8,77
6	2R	4	8,80	440	15,70	3,13	22,31	10,08	106,23	46,08	18,51
7	1R	6	6,00	470	7,44	3,44				49,22	8,77
8	1	6	7,90	480	3,31	5,94	21,12	10,64	100,59	50,27	3,90
9	2R	6	9,60	395	10,33	6,25	25,42	10,64	121,06	41,36	12,18
podložka: podmrtnuto ¹² – motor: 2200 ot.min ⁻¹											
10	1R	6	5,50	450	16,53	1,88	20,94	15,12	99,69	47,12	19,49
11	1	6	6,00	450	21,90	0,63	21,24	14,00	101,12	47,12	25,82
12	2R	6	7,00	500	21,07	0,00	21,60	12,32	102,86	52,36	24,84
13	1R	8	5,90	540	5,37	0,00	19,72	13,44	93,91	56,55	6,33
14	1	8	7,30	490	15,70	1,56	22,63	12,32	107,76	51,31	18,51
15	2R	8	7,60	570	15,70	2,50	23,26	12,32	110,77	59,69	18,51
podložka: podmrtnuto – motor: 1800 ot.min ⁻¹											
16	1R	6	4,50	385	15,70	1,88	14,61	12,88	69,58	40,32	18,51
17	1	6	6,20	380	15,70	0,00	16,61	10,64	79,08	39,79	18,51
18	2R	6	6,90	440	21,90	0,63	17,72	10,30	84,38	46,08	25,82

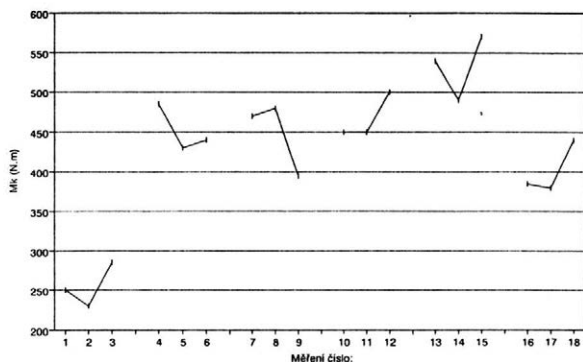
P_{t1} – celkový teoretický tahový výkon, vypočítaný z hodinové spotřeby M_p při zvolené měrné spotřebě $m_p = 210 \text{ g.kWh}^{-1}$ – total theoretical towing output calculated from per hour consumption M_p at chosen specific consumption $m_p = 210 \text{ g.kWh}^{-1}$

¹measurement No., ²driving speed, ³depth of tillage, ⁴working speed, ⁵turning moment of take-off shaft, ⁶slippage, ⁷fuel consumption, ⁸theoretical towing (tractor) output, ⁹power take-off shaft output, ¹⁰output for slippage, ¹¹surface: sod, ¹²surface: stubble-ploughed



2. Křivky pohybu dvou následných ostří nožů rotačního kypřiče – Curves of motions of two subsequent cutting edges of knives of rotary cultivators

ujetá dráha – path driven, průměr rotoru kypřiče – diameter of cultivator's rotor, ostří nože – cutting edge



3. Průběh točivého momentu pro pohon rotačního kypřiče – The pattern of turning moment for driving of rotary cultivator

měření číslo – measurement No.

ní hodnota je 426 Nm. U jednotlivých skupin měření podle hloubky nakypření půdy byl převážně vždy největší u 2 R převodového stupně, tj. při rychlosti 9,6 km.h⁻¹. Je nutné dále počítat s tím, že v důsledku nehomogenity půdy a dalších náhodných vlivů není odpor rotačního kypřiče konstantní, ale mění se a má víceméně náhodný charakter. Proto zatížení motoru probíhá s různou amplitudou vlivem změny zatěžovacích sil a pojezdového odporu.

Hodnoty výkonu na vývodovém hřídeli pro 1000 ot.min⁻¹ jsou uvedeny v tab. II a pohybují se v rozsahu 26,18 až 59,69 kW podle hloubky kypření a pojezdové rychlosti. Střední hodnota je kolem 40 kW. Z maximálního výkonu motoru připadá u měřené soupravy na přenos výkonu vývodovým hřídelem 20 až 45 %.

6. Spotřeba motorové nafty

Jednotlivé údaje o spotřebě motorové nafty při pojezdové rychlosti 6,2; 8 a 9,6 km.h⁻¹ a hloubce zpracování půdy rotačním kypřičem 2, 4, 6 a 8 cm jsou uvedeny v tab. II. Hodinová spotřeba byla naměřena v rozsahu 14,07 až 25,42 kg.h⁻¹. Převážně roste s narůstající hloubkou kypření a pojezdovou rychlostí. Na-

měřená maximální spotřeba 14,07 kg.h⁻¹ odpovídá u upraveného traktoru Z 16245 cca 52 kW. Vypočítaná měrná spotřeba pro výkon 131 kW je 0,194 kg.kWh⁻¹ a pro odebíraný výkon motoru 52 kW je to 0,270 kg.kWh⁻¹. Tyto hodnoty jsou informativní, neboť není přesně známa charakteristika upraveného motoru používaného traktoru Z 16245.

Spotřeba motorové nafty na hektar se u uvedené soupravy pohybuje v rozsahu 6,72 až 15,12 kg.ha⁻¹ se střední hodnotou 11,4 kg.ha⁻¹.

7. Celková účinnost

U kombinovaného pohonu je celková účinnost η_c přenosu energie motoru na zemědělský stroj dána vztahem:

$$\eta_c = \frac{P_t + P_{vh}}{P_e}$$

U měřené soupravy činí pro maximální hodnoty tahového výkonu $P_t = 19,98$ kW a výkonu na vývodovém hřídeli $P_{vh} = 61,69$ kW včetně pohonu ventilátoru celková účinnost 62,2 % při výkonu motoru 131 kW. Tato účinnost je v daných podmínkách měření velmi dobrá.

ZÁVĚR

Z diagramů a výpočtů vyplývá, že výkon motoru traktoru Z 16245 s dodatečně upraveným turbodmychadlem při kombinovaném pohonu stroje Să-Exaktor SE 3 firmy Horsch pro rotační zpracování půdy a setí se spotřebovává z 37,8 % na ztráty. Tvoří je odpor valení P_v v rozsahu 6,87 až 10,66 kW, výkon ztracený prokluzem P_g 3,5 až 25,82 kW a výkon ztracený v převodech traktoru P_m 13,1 kW.

Do užitečného výkonu je zahrnut potřebný tahový výkon P_t v rozsahu 14,62 až 19,98 kW pro tažení stroje Să-Exaktor SE 3 a výkon přenášený vývodovým hřídelem 26,18 až 59,69 kW pro pohon rotačního kypřiče a ventilátoru. Celková účinnost je 62,2 %.

Spotřeba pohonných hmot na hektar je u použité soupravy v rozsahu 6,72 až 15,12 kg.ha⁻¹ a za hodinu 14,07 až 25,42 kg.h⁻¹.

Všechny uvedené hodnoty platí pro rychlosti soupravy 6,2; 8,0 a 9,6 km.h⁻¹.

LITERATURA

- GREČENKO, A.: Kolové a pásové traktory. SZN, Praha 1963. 402 s.
SEMETKO, J. et al.: Traktory a automobily C 3. Příroda, Bratislava, 1981: 248–348.
SUSKEVIČ, M.: Zhutňování půd – vážný problém našeho zemědělství. Úroda, 35, 1987 (4): 169–170.

Došlo 4. 10 1995

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Josef Svatoš, CSc., Jihočeská univerzita, zemědělská fakulta, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Česká republika, tel.: 0042/038/402 41, fax: 0042/038/403 01

**Nejčerstvější informace o časopiseckých člancích
poskytuje automatizovaný systém**

Current Contents

na disketách

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna odebírá časopis „**Current Contents**“ řadu „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ a řadu „**Life Sciences**“ na disketách. Řada „**Agriculture, Biology and Environmental Sciences**“ je od roku 1994 k dispozici i s abstrakty. Obě tyto řady vycházejí 52krát ročně a zahrnují všechny významné časopisy a pokračovací sborníky z uvedených oborů.

Uložení informací z **Current Contents** na disketách umožňuje nejrozmanitější referenční služby z prakticky nejčerstvějších literárních pramenů, neboť báze dat je **doplňována každý týden** a neprodleně expedována odběratelům. V systému si lze nejen prohlížet jednotlivá čísla **Current Contents**, ale po přesném nadefinování sledovaného profilu je možné adresně vyhledávat informace, tisknout je nebo kopírovat na disketu s možností dalšího zpracování na vlastním počítači. Systém umožňuje i tisk žádank o separát apod. Kumulované vyhledávání v šesti číslech **Current Contents** najednou velice urychluje rešeršní práci.

Přístup k informacím Current Contents je umožněn dvojím způsobem:

- 1) **Zakázkový přístup** – po vyplnění příslušného zakázkového listu (objednávky) je vhodný především pro mimopražské zájemce.
Finanční podmínky: – použití PC – 15 Kč za každou započatou půlhodinu
– odborná obsluha – 10 Kč za 10 minut práce
– vytištění rešerše – 1 Kč za 1 stranu A4
– žádanky o separát – 1 Kč za 1 kus
– poštovné + režijní poplatek 15 %
- 2) **„Self-service“** – samoobslužná práce na osobním počítači v ÚZLK.
Finanční podmínky jsou obdobné. Vzhledem k tomu, že si uživatel zpracovává rešerši sám, je to maximálně úsporné. (Do kalkulace cen nezapočítáváme cenu programu a databáze **Current Contents**.)

V případě Vašeho zájmu o tyto služby se obraťte na adresu:

Ústřední zemědělská a lesnická knihovna
Dr. Bartošová
Slezská 7
120 56 Praha 2
Tel.: 02/25 75 41, l. 520, fax: 02/25 70 90

Na této adrese obdržíte bližší informace a získáte formuláře pro objednávku zakázkové služby. V případě „self-servisu“ je vhodné se předem telefonicky objednat. V případě zájmu je možné si objednat i průběžné sledování profilu (cena se podle složitosti zadání pohybuje čtvrtletně kolem 100 až 150 Kč).

STANOVENÍ EKONOMICKY ZDŮVODNĚNÉ POTŘEBY SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK V PODNIKU

DETERMINATION OF ECONOMICALLY JUSTIFIED NEEDS OF HARVESTER THRESHER AT AN ENTERPRISE

J. Kochan

ABSTRACT: The presented study deals with the method of determination of economically justified need of harvester threshers at an enterprise in connection with range of harvest and reductions in market production induced by indirect biological losses caused by the moment of the start and the time of harvest of different crops and varieties. Principles of the method, including mathematical aspects, can be applied in most of agricultural machineries used in field works in more crops or more operations in the course of the year. Except the range of appropriate works, predicted working speeds, purchase prices of production and techno-economic and exploitation indicators of used or planned machines, necessary input particulars are data on course of losses of market production as depended on the time of performance of relevant field works or operations. It follows from resulting relationships (23) and (25) and graph in Fig. 6 that economically optimal number of harvester threshers at an enterprise and their annual utilization is significantly dependent on purchase costs, yields per hectare, and purchasing prices of the harvested production. The growth of purchase costs of harvester threshers leads to decrease of their numbers at an enterprise, prolongation of harvesting time of different crops, hence also to the requirement of increase of annual exploitation. Otherwise, the growth of purchasing prices of harvested production, growth of yields per hectare and growth of losses depend on time. This results in shortening of harvesting time, lowering of annual exploitation, numbers of harvester threshers at enterprise. These factors have an impact on the number of harvester threshers in production regions characterized by high yields compared with the regions with lower yields.

harvest of grain crops; indirect losses; time of harvest; seasonal performance; optimal numbers of harvester threshers

ABSTRAKT: Práce se zabývá problematikou kvantifikace úbytku tržní produkce při sklizni zrnin vlivem nepřímých biologických ztrát v závislosti na době sklizně a využitím těchto závislostí při optimalizaci početních stavů sklízecích mlátiček ve vazbě na druhovou a odrůdovou skladbu pěstovaných zrnin v podniku, jejich výměry a technicko-ekonomické a exploatační parametry sklízecích strojů.

sklizeň zrnin; nepřímé ztráty; doba sklizně; sezónní výkonnost; optimální počet sklízecích mlátiček

ÚVOD

Rostlinná výroba je odvětvím, ve kterém včasné provedení příslušných polních prací výrazně ovlivňuje dosažené výnosy, jejich kvalitu, a tím i konečné zhodnocení. Doba provedení jednotlivých polních operací je obecně závislá na počtu nasazených strojů a na využití jejich disponibilních výkonností. Zkracování doby polních operací růstem početních stavů příslušných strojů se na jedné straně promítá do předpokladů nižších úbytků tržní produkce, na straně druhé vzrůstá hodnota strojních investic, které jednotku konečné produkce zatěžují provozními náklady.

Problematickou ztrát způsobených nevhodnou sklizní, zejména u obilovin, se zabývalo mnoho našich i zahraničních autorů (Voňka, 1972; Hunt, 1978; Turček, 1980; Witney, 1988). Práce většiny autorů se shodují v tom, že průběh ztrát v závislosti na čase má nelineární průběh a pro jednotlivé případy jej lze obecně popsat s dostatečnou přesností regresní funkcí typu paraboly. Přesto např. Hunt (1978) pro zjednodušení

výpočtů počítá s lineárním průběhem ztrát, který považuje v časovém úseku reálné sklizně za dostatečně přesný, i když přiznává, že skutečný průběh ztrát je nelineární. Obdobně postupuje Oubrecht (1991), který pro vyjádření ztrát v závislosti na době zavádí parametr penalizace za nevhodnost. Při propočtu ekonomicky zdůvodněné potřeby sklízecích strojů v podniku těsně po optimálním okamžiku sklizně jsou tím souhrnné ztráty nadhodnocovány, zatímco v delším časovém intervalu, po optimálním okamžiku, jsou naopak podhodnocovány. Zajímavé řešení propočtu optimální potřeby strojů přináší Kavka (1994): optimální sezónní výkonnost stroje uvádí závislosti

$$sW_{\text{opt}} = \left[\frac{3 \cdot W_d^2 \cdot r N_k}{2 \cdot p \cdot C_v \cdot h} \right]^{1/3}$$

přičemž optimální roční výkonnost je sumou sW_{opt} . Jak vyplývá dále, vztah pro sW_{opt} má omezenou platnost; platí za předpokladu, že příslušný stroj je nasazen v roce na jedinou plodinu a daná operace u příslušné plo-

diny je zahájena v optimálním okamžiku (v okamžiku, kdy je předpoklad dosažení maximálního biologického výnosu). Z individuálních propočtů pro jednotlivé plodiny a z jejich součtu však rozhodně nelze stanovit optimální sezonní a roční výkonnost, a tím ani ekonomicky optimální potřebu příslušných strojů v podniku. U strojů, které jsou využívány pro více operací či u více plodin, a to je převážná většina strojů používaná v zemědělství, je nezbytné vycházet z uceleného souboru prací, který má příslušný stroj či skupina strojů v podniku v průběhu roku zabezpečovat. V případě sklizně zrnin, zejména v závislosti na druhové a odrůdové skladbě pěstovaných plodin, jejich výměřích a stavu porostů v době sklizně, na meteorologických vlivech, na výkonnosti i provozní spolehlivosti sklizňové techniky, se na zahájení sklizně příslušných plodin a jejich odrůd různě odchyluje od optimálního okamžiku, vzrůstají souhrnné nepřímé ztráty biologického charakteru, a tím i konečná hodnota úbytku tržní produkce v podniku.

MATERIÁL A METODA

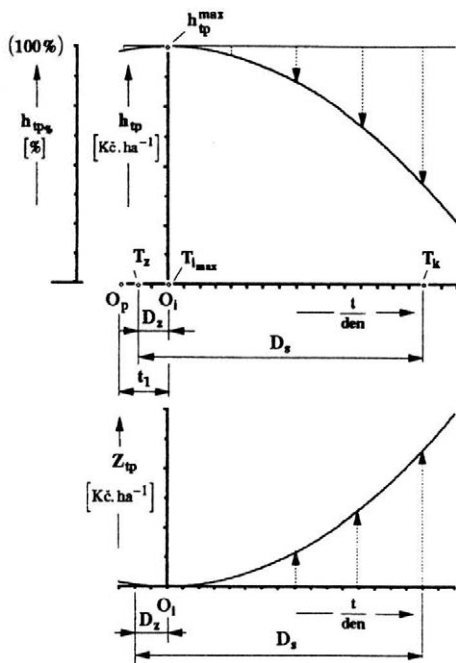
Výchozími podklady pro vyjádření úbytků tržní produkce při sklizni zrnin vlivem nepřímých ztrát produkce a jejich návazné využití pro optimalizaci početních stavů sklizních mlátiček byly konkrétní údaje o výměřích, výnosech, průměrných optimálních termínech dozrání jednotlivých plodin za víceleté období, realizovaných cenách a použité sklizňové technice u konkrétního zemědělského podniku na okrese Praha-východ (tab. 1). Metoda stanovení ekonomicky zdůvodněné potřeby sklizních mlátiček v podniku a jejich ročního využití se opírá o kritérium dosažení minima souhrnu provozních nákladů na sklizeň a úbytků tržní produkce souvisejících s dobou sklizně jednotlivých druhů a odrůd sklizených plodin v podniku. Metoda přitom navazuje na výsledky, které ve svých pracích uvádějí Š p e l i n a aj. (1973), M a š k o v á aj. (1976) a O u b r e c h t (1991).

VLASTNÍ PRÁCE

A. ÚBYTKY TRŽNÍ PRODUKCE V ZÁVISLOSTI NA OKAMŽIKU ZAHÁJENÍ A DOBĚ SKLIZNĚ

Z hlediska dosažení maximální tržní produkce je nejvýhodnějším okamžikem pro sklizeň termín, kdy jsou u sklizené plodiny vytvořeny předpoklady nejvyššího výnosu a kvality. Sklizeň po takovém termínu, event. i před ním, je doprovázena ztrátami, které se promítají, v závislosti na době sklizně, do úbytků tržní produkce z každého sklizeného hektaru. Ve vazbě na okamžik sklizně lze velikost tržní produkce, zejména v období po fyziologickém dozrání, vyjádřit obecně závislostí:

$$h_{tp} = h_t(t) \cdot C_v \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (1)$$



1. Tržní produkce h_{tp} a úbytky tržní produkce Z_{tp} z hektaru v závislosti na době t – Market production h_{tp} and reduction in market production Z_{tp} per hectare in dependence on time t

Průběh výnosu h_t v závislosti na čase t lze popsat regresní funkcí typu kvadratického trojčlenu. Při zvoleném počátku O_p (obr. 1a) nabývá regresní závislost tvaru:

$$h_t = a + b \cdot t - c \cdot t^2 \quad (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2)$$

(P o z n.: Grafem této funkce je parabola se svislou osou $t_1 = b \cdot (2c)^{-1}$; a – je parametrem funkce o velikosti vymezené průsečíkem paraboly s osou y .)

Pro kvantifikaci úbytků tržní produkce v závislosti na době sklizně je výhodné udělat dvě matematické operace:

1. Transformovat počátek O_p do bodu $T_{i_{max}}$, tj. do okamžiku, kdy je v průměru dosahován nejvyšší výnos či tržní produkce; tento bod je na obr. 1a označen O_i . Závislost (2) po transformaci nabývá tvaru:

$$h_t = a + \frac{b^2}{4c} - c \cdot t^2, \text{ kde } a + \frac{b^2}{4c} = h_{max}$$

Dosažený výnos v závislosti na okamžiku sklizně je tak roven:

$$h_t = h_{max} - c \cdot t^2 \quad (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (3)$$

Ztráty produkce v závislosti na okamžiku sklizně pak budou rovny:

$$Z_p = h_{max} - h_t = h_{max} - (h_{max} - c \cdot t^2) = c \cdot t^2 \quad (\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (4)$$

I. Vstupní údaje o sklizni jednotlivých plodin – Input data on the harvest of different crops

Číslo plodiny ¹	Plodina ²	Výměra jednotlivých plodin ³ W_i (ha)	Výnos plodiny ⁴ h_{pi} (t.ha ⁻¹)	Nákupní cena ⁵ C_{vi} (Kč.t ⁻¹)	Optimální kalendářní okamžik sklizně ⁶ O_i	Předpokládaný začátek sklizně vzhledem k ⁷ O_i D_{si}^* (den)	Pracovní rychlost sklizecí mlátičky ⁸ V_{pi} (km.h ⁻¹)	Lhůty totálních ztrát ⁹ T_{zi} (den)
1	ozimý ječmen ¹⁰	252	5,2	2 480	12. 7.	1,0	5,0	35
2	řepka ¹¹	163,2	3,5	5 040	20. 7.	1,0	3,8	20
3	ozimá pšenice ¹²	315	4,6	3 150	29. 7.	1,0	4,7	40
4	žito ¹³	63	4,8	2 620	30. 7.	0,5	4,3	35
5	jarní pšenice ¹⁴	75,6	4,5	3 150	8. 8.	0,5	4,7	40
6	jarní ječmen ¹⁵	88,2	4,0	3 020	10. 8.	0,5	4,7	35
7	bob na semeno ¹⁶	126	3,1	4 420	21. 8.	0,0	3,4	25
8	hrách ¹⁷	63	2,2	4 940	22. 8.	0,5	3,3	20
9	oves ¹⁸	50,4	3,5	3 620	23. 8.	0,5	5,2	30
10	jetel na semeno ¹⁹	63	0,15	30 000	1. 10.	0,0	4,3	20

Pozn.: Celková výměra sklizně v podniku 1 260 ha; čas směny a součinitel využití času směny u sklizně všech plodin $T_{sm} = 10$ h, $\tau_{sm} = 0,68$. Lhůty totálních ztrát (Špelina et al., 1973) – Note: Total area of harvest at an enterprise is 1,260 ha; time of shift and coefficient of utilization of shift in the harvest of all crops $T_{sm} = 10$ h, $\tau_{sm} = 0,68$. Times of total losses (Špelina et al., 1973)

¹number of crop, ²crop, ³area of different crops, ⁴crop yield, ⁵purchasing price, ⁶optimal calendar moment of harvest, ⁷predicted start of harvest with respect to, ⁸working speed of harvester thresher, ⁹times of total losses, ¹⁰winter barley, ¹¹rape, ¹²winter wheat, ¹³rye, ¹⁴spring wheat, ¹⁵spring barley, ¹⁶seed faba bean, ¹⁷pea, ¹⁸oat, ¹⁹seed clover

2. Druhou matematickou operací je stanovení poměrných ztrát, které vyjadřují úbytky z jednotkové plochy ku maximálnímu výnosu z téže plochy, v závislosti na čase, podle vztahu:

$$\Delta h_t = \frac{Z_p}{h_{\max}} = \frac{c \cdot t^2}{h_{\max}} = A \cdot t^2 \quad (-) \quad (5)$$

Poměrné ztráty Δh_t , vynásobené 100, představují velikost ztrát v procentech v daném okamžiku sklizně t . Budou-li se ztráty rovnat maximálnímu výnosu, tj. $Z_p = h_{\max}$, budou poměrné ztráty $\Delta h_t = 1$ a součinitel poměrných ztrát A tak nabývá velikosti:

$$A = \frac{1}{T_z^2} \quad (1 \cdot \text{den}^{-2}) \quad (6)$$

kde: T_z – lhůta totálních ztrát (jde o období ve dnech od optimálního okamžiku do dne, kdy dojde k úplné ztrátě výnosu; délka tohoto období závisí na mnoha činitelích i kritériích)

Známe-li průběhy poměrných ztrát, lze stanovit okamžité ztráty produkce na hektar v daném čase sklizně t :

$$jZ_p(t) = h_{pt} \cdot \Delta h_t = h_{pt} \cdot A \cdot t^2 \quad (t \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (7)$$

Sklizeň dané plodiny je v závislosti na výměře a denní výkonnosti sklizňových strojů realizována po dobu D_s . Při úvaze kontinuálního průběhu sklizně během sklizňového období pak lze střední sklizňové ztráty, v závislosti na okamžiku zahájení a době sklizně, vyjádřit pomocí součinitele středních poměrných ztrát K_S (obr. 2):

a) při předčasném zahájení sklizně o dobu D_z vzhledem k optimálnímu okamžiku O_t [obr. 2a, kde $\Delta h_t = A \cdot (t - D_z)^2$] nabývá součinitel středních poměrných ztrát K_S tvaru:

$$K_S = \frac{\int_0^{D_s} \Delta h_t dt}{D_s} = \frac{\int_0^{D_s} A \cdot (t - D_z)^2 dt}{D_s} = A \cdot \left(\frac{D_s^3}{3} - D_s \cdot D_z + D_z^2 \right) \quad (8)$$

b) obdobně při sklizni opožděné o dobu D_z , kde $\Delta h_t = A \cdot (t + D_z)^2$ (obr. 2c) lze pro K_S odvodit:

$$K_S = A \cdot \left(\frac{D_s^3}{3} + D_s \cdot D_z + D_z^2 \right) \quad (9)$$

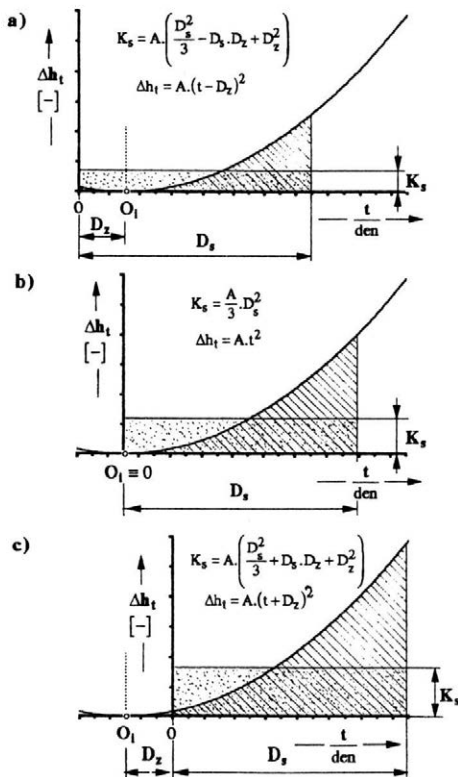
c) při zahájení sklizně v okamžiku O_t a době sklizně D_S (bude $D_z = 0$) (obr. 2b):

$$K_S = \frac{A}{3} \cdot D_s^3 \quad (10)$$

Ze závislostí (8) až (10) je patrné, že zahájení sklizně před optimálním okamžikem, za předpokladu, že jsou dodržena požadovaná kvalitativní nákupní kritéria, vede ke snížení velikosti součinitele středních poměrných ztrát sklizně K_S .

B. DOBA SKLIZNĚ A ZTRÁTY PŘI PŘEKRYVÁNÍ POŽADAVKU SOUČASNÉ SKLIZNĚ U VÍCE PLODIN

Doba sklizně u jednotlivých plodin či odrůd závisí na výměře a denní výkonnosti sklizňových mlátiček. Při



2. Poměrné ztráty produkce Δh_t v závislosti na době t ; schéma ke stanovení součinitele středních poměrných ztrát produkce K_S v závislosti na okamžiku zahájení D_z sklizně D_s – Relative losses of production Δh_t in dependence on time t ; diagram for determination of coefficient of mean relative losses of production K_S in dependence on the moment of the start D_z of harvest D_s

skupinovém nasazení, za předpokladu stejných typů, stejného pracovního záběru a při respektování různé pojezdové rychlosti u sklizených plodin, lze pak celkovou dobu nasazení jednotlivých sklizňových mlátiček v průběhu žni vyjádřit závislostí:

$$D_{s_c} = \frac{W_1}{n_s \cdot W_{d_1}} + \frac{W_2}{n_s \cdot W_{d_2}} + \dots + \frac{W_n}{n_s \cdot W_{d_n}} = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{n_s \cdot W_{d_i}} \quad (\text{dny}) \quad (11)$$

Při rozdílných denních výkonnostech jednotlivých sklizňových mlátiček lze celkovou dobu nasazení ve dnech vyjádřit ve tvaru:

$$D_{s_c} = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{k} \quad (\text{dny}) \quad (12)$$

kde: i – i -tá plodina

n – celkový počet sklizených plodin

j – j -tá sklizňová mlátička

k – počet nasazených sklizňových mlátiček

Denní výkonnost závisí na pracovní rychlosti, která je v zásadě omezena dvěma základními činiteli: provozními podmínkami (svahovitostí sklizených pozemků, nerovností jejich povrchu, stavem sklizených porostů apod.) a průchodností sklízecích mlátiček (při stanovených ztrátách technického charakteru). Skutečná pracovní rychlost tedy musí být menší nebo rovna rychlosti, kterou umožňují provozní podmínky sklízecí a přípustná průchodnost stroje:

$$V_{pi} \leq V_{pt_i} \quad (13)$$

$$V_{pi} \leq \frac{36 \cdot Q_m}{B_p \cdot h_{pt_i} \cdot [(l + \lambda_i) - A_i \cdot r^2]} \quad (\text{km} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (14)$$

Rychlost V_{pt_i} představuje okamžitou pracovní rychlost sklízecí mlátičky v závislosti na záběru, přípustné průchodnosti, výnosu a době sklizně příslušné plodiny, kde $h_{pt_i} \cdot A_i \cdot r^2 = jZ_p(t)$ jsou okamžité ztráty hlavní produkce na hektar v daném čase sklizně t (viz vztah (7)). S rostoucí dobou sklizně t , resp. realizací sklizně od optimálního okamžiku, rostou okamžité ztráty sklízecí mlátičky V_{pt_i} . V optimálním okamžiku sklizně, tj. při maximálním výnosu, tedy při $jZ_p(t) = 0$, bude $V_{pt_i} = \min$. S ohledem na přípustnou průchodnost sklízecí mlátičky bude tak v praxi, v intervalu sklizně uvažované plodiny či její odrůdy, vyhovovat pracovní rychlost daná podmínkou:

$$V_{pi} \leq \frac{36 \cdot Q_m}{B_p \cdot h_{pt_i} \cdot (l + \lambda_i)} \quad (\text{km} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (15)$$

Denní výkonnost, ve funkci průchodnosti sklízecí mlátičky a denního nasazení, nabývá tak tvaru:

$$W_{d_i} \leq \frac{3,6 \cdot Q_m \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}}{h_{pt_i} \cdot (l + \lambda_i)} \quad (\text{ha} \cdot \text{den}^{-1}) \quad (16)$$

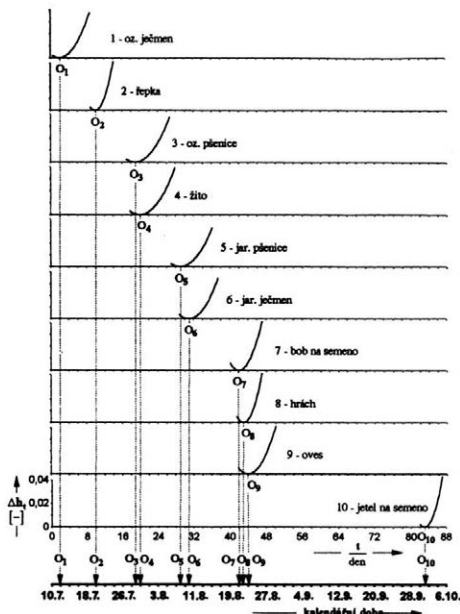
Doba nasazení jednotlivých sklízecích mlátiček v podniku, a tím i doba sklizně, s ohledem na celkovou průchodnost nasazených sklízecích mlátiček

$$Q_{m_c} = \sum_{j=1}^k Q_{m_j}$$

je tak omezena podmínkou:

$$D_{s_c} \geq \sum_{i=1}^n \frac{W_i \cdot h_{pt_i} \cdot (l + \lambda_i)}{3,6 \cdot Q_{m_c} \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}} \quad (\text{dny}) \quad (17)$$

Známe-li optimální kalendářní okamžiky sklizně jednotlivých plodin, event. jejich odrůd (obr. 3, body $O_1, O_2, O_3, O_4 \dots O_n$), lze stanovit intervaly mezi těmito okamžiky $\Delta 2, \Delta 3, \Delta 4, \dots \Delta n$, kde $\Delta 2$ představuje interval mezi body O_1 a O_2 , $\Delta 3$ interval mezi body O_2 a O_3 atd. Sklizeň jednotlivých plodin v závislosti na těchto intervalech a časových úsecích sklizně jednotlivých plodin pak může probíhat v těsné návaznosti na ukončení sklizně předcházející plodiny či odrůdy, s časovou prodlevou od ukončení sklizně předcházející



3. Průběh poměrných ztrát produkce Δh_i u jednotlivých sklizených plodin v podniku v závislosti na kalendářní době a době t ; vyznačení optimálních okamžiků sklizně O_i na kalendářní ose – The course of relative losses of production Δh_i in different harvested crops at an enterprise in dependence on the calendar time and time t ; marking of optimal moments of the harvest O_i on the calendar axis

1 – ozimý ječmen – winter barley, 2 – řepka – rape, 3 – ozimá pšenice – winter wheat, 4 – žito – rye, 5 – jarní pšenice – spring wheat, 6 – jarní ječmen – spring barley, 7 – bob na semeno – seed faba bean, 8 – hrách – pea, 9 – oves – oat, 10 – jetel na semeno – seed clover
kalendářní doba – calendar time

plodiny a začátku sklizně plodiny následující nebo posunutím počátku sklizně následné plodiny o dobu potřebnou k ukončení sklizně předcházející plodiny. Velikost ztrát se tím s posunem okamžiku zahájení a dobou sklizně u jednotlivých plodin či odrůd mění. Výpočet součinitelů středních poměrných ztrát pro takové případy je možné odvodit z obr. 3 (konkrétní průběhy jsou pak uvedeny v obr. 4a a 4b při úvaze sklizně dvěma a čtyřmi sklízecími mlátičkami a na obr. 5 při třech sklízecích mlátičkách E 514):

1. U sklizně plodiny č. 1 bude při zahájení žni K_{s_1} rovno:

$$K_{s_1} = A_1 \cdot \left(\frac{D_{z_1}^2}{3} - D_{s_1} \cdot D_{z_1} + D_{z_1}^2 \right) \quad (18)$$

kde: D_{z_1} – závisí na předpokládaném (realizovaném) počátku sklizně D_{z_1} vzhledem k okamžiku O_1 ; při předčasné sklizni D_{z_1} bude kladné, při zahájení sklizně v optimálním okamžiku bude $D_{z_1} = 0$, při pozdním zahájení bude D_{z_1} záporné

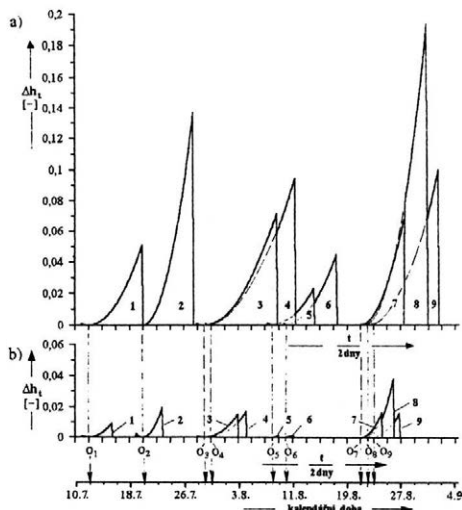
2. U plodiny č. 2 a dalších mohou obecně nastat dva případy: bez posunutí a s posunem sklizně:

- a) bude-li $\Delta i \geq D_{k_{i-1}} + D_{z_i}^p$, kde $D_{k_{i-1}} = D_{s_{i-1}} - D_{z_{i-1}}$, nedojde k posunu sklizně. Ve vztahu pro K_{s_i} bude D_{z_i} rovno předpokládanému počátku zahájení sklizně $D_{z_i}^p$.
- b) bude-li $\Delta i < D_{k_{i-1}} + D_{z_i}^p$, dojde k posunutí sklizně uvažované plodiny o časový úsek rovnající se:
- $$t_i = D_{k_{i-1}} + D_{z_i}^p - \Delta i$$
- bude-li $t_i < D_{z_i}^p$, pak D_{z_i} ve vztahu pro K_s bude kladné a bude nabývat velikosti $D_{z_i} = \Delta i - D_{k_{i-1}}$
 - bude-li $t_i = D_{z_i}^p$, pak $D_{k_{i-1}} = \Delta i$ a $D_{z_i} = 0$
 - bude-li $t_i > D_{z_i}^p$, pak D_{z_i} bude záporné o velikosti $D_{z_i} = \Delta i - D_{k_{i-1}}$

V obou případech (a i b) je výchozím vztahem pro součinitel středních poměrných ztrát K_{s_i} závislost:

$$K_{s_i} = A_i \left(\frac{D_{z_i}^2}{3} - D_{s_i} \cdot D_{z_i} + D_{z_i}^2 \right) \quad (19)$$

Úbytky tržní produkce na sklizený hektar při kontinuílním průběhu sklizně dané plodiny, v závislosti na okamžiku zahájení sklizně, její výměře a počtu nasazených sklízecích mlátiček shodných typů, lze tak vyjádřit závislostí:



4. Vliv počtu sklízecích mlátiček E 514 v podniku na dobu sklizně jednotlivých plodin a tím na rozsah poměrných ztrát produkce u jednotlivých plodin v hlavním období žni: a) dvě sklízecí mlátičky, b) čtyři sklízecí mlátičky - The effect of the number of harvester threshers E 514 at an enterprise on the time of different crops and hence a range of relative losses of production in different crops in the main period of the harvest: a) two harvester threshers, b) four harvester threshers

dný - days

$$jZ_{\eta_i} = K_{s_i} \cdot h_{pl_i} \cdot C_{v_i} = \quad (20)$$

$$= A_i \left(\frac{W_i^2}{3 \cdot n_s^2 \cdot W_{d_i}} - \frac{W_i}{n_s \cdot W_{d_i}} \cdot D_{z_i} + D_{z_i}^2 \right) h_{pl_i} \cdot C_{v_i} \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1})$$

přičemž denní výkonnost, s ohledem na přípustnou průchodnost, je omezena podmínkou (viz vztah (16)):

$$W_{d_i} \leq \frac{3,6 \cdot Q_m \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}}{h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)} \quad (\text{ha} \cdot \text{den}^{-1})$$

V závislosti na celkové kapacitě nasazených sklízecích mlátiček vyjádřené jejich přípustnou průchodností (viz vztah (16)) nabývá závislost (20) tvaru:

$$jZ_{\eta_i} = A_i \left[\frac{1}{3} \left(\frac{W_i \cdot h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)}{3,6 \cdot Q_m \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}} \right)^2 - \frac{W_i \cdot h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)}{3,6 \cdot Q_m \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}} \cdot D_{z_i} + D_{z_i}^2 \right] h_{pl_i} \cdot C_{v_i} \quad (\text{Kč} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (21)$$

C. OPTIMÁLNÍ STAVY SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK A JEJICH ROČNÍ VÝKONNOST

a) Optimální počet sklízecích mlátiček při úvaze shodných typů a stejných technicko-ekonomických a exploatačních parametrů bude tedy takový, kdy sumární náklady na provoz a sumární úbytky tržní produkce budou dosahovat minimální hodnoty, tj.:

$$rN_c = \sum_{i=1}^n \frac{rN_k \cdot \gamma_i \cdot n_i}{W_i} \cdot W_i + \sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{W_i^2}{3 \cdot n_s^2 \cdot W_{d_i}} - \frac{W_i \cdot D_{z_i}}{n_s \cdot W_{d_i}} + D_{z_i}^2 \right) \cdot h_{pl_i} \cdot C_{v_i} \cdot W_i + \sum_{i=1}^n jN_{v_i} \cdot W_i \Rightarrow \min \quad (\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}) \quad (22)$$

Protože variabilní náklady (náklady na energii, živou práci, opravy a údržby) v závislosti na početních stavech sklízecích mlátiček v podniku zůstávají konstantní a součet podílu dob sklizně jednotlivých plodin ku celkové době sklizně (γ_i) je roven jedné, lze pro výpočet optimálního počtu sklízecích mlátiček v podniku použít zjednodušeného vztahu ve tvaru:

$$rN_c^{\text{red}} = rN_k \cdot n_s + \sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{W_i^2}{3 \cdot n_s^2 \cdot W_{d_i}} - \frac{W_i \cdot D_{z_i}}{n_s \cdot W_{d_i}} + D_{z_i}^2 \right) \cdot h_{pl_i} \cdot C_{v_i} \cdot W_i \Rightarrow \min \quad (\text{Kč} \cdot \text{r}^{-1}) \quad (23)$$

kde denní výkonnost W_{d_i} , s ohledem na různou pojezdovou rychlost při sklizni jednotlivých plodin, v závislosti na výnosech a přípustné průchodnosti sklízecích mlátiček, musí vyhovovat podmínce (viz vztah (16)):

$$W_{d_i} \leq \frac{3,6 \cdot Q_m \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}}{h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)} \quad (\text{ha} \cdot \text{den}^{-1})$$

Roční konstantní náklady obecně tvoří souhrn nákladů na amortizaci, nákladů plynoucích z úroků kapitálu vloženého do pořízení příslušné techniky, na pojištění a stálé poplatky a nákladů na uskladnění v průběhu roku.

$$rN_k = rN_a + rN_{zu} + rN_p + rN_g = \frac{C_m}{T_0} + \frac{rS \cdot T_{spl} - V_c}{t_0} + \frac{C_m p}{100} + S_m N_m^2 \quad (\text{Kč.rok}^{-1}) \quad (24)$$

kde: $rS = n_{spl} \cdot PL \quad (\text{Kč.rok}^{-1})$

$$PL = \frac{V_c \cdot (1 + u)^{n_{spl}}}{(1 + b_s \cdot u) \cdot \left[\frac{(1 + u)^{n_{spl}} - 1}{u} \right]} \quad (\text{Kč.(splát. období)}^{-1})$$

b) Obdobně je možné postupovat při propočtu parku sklízecích mlátiček různých typů, s různými technicko-ekonomickými a exploatačními parametry, zejména v přechodovém období obnovy parku, kdy do zemědělských provozů přichází nové generace sklízňových strojů. Vyvstává pak otázka, zda kapacita vyjádřená celkovou průchodností uvažovaných sklízňových strojů bude pro sklizeň zrnin v podniku odpovídající, s ohledem na přijaté kritérium dodržení minima souhrnu nákladů na provoz sklízňových strojů a úbytků tržní produkce. Výchozím vztahem pro optimalizaci celkové průchodnosti je vztah (22). Po dosažení příslušných vstupů a úprave obdržíme:

$$rN_c = Q_{m_c} \cdot p_{Q_{m_c}} + \sum_{i=1}^n A_i \cdot \left[\frac{1}{3} \left(\frac{W_i \cdot h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)}{3,6 \cdot Q_{m_c} \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}} \right)^2 - \frac{W_i \cdot h_{pl_i} \cdot (l + \lambda_i)}{3,6 \cdot Q_{m_c} \cdot T_{sm} \cdot \tau_{sm}} \cdot D_{z_i} + D_{z_i}^2 \right] \cdot h_{pl_i} \cdot C_{v_i} \cdot W_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k j N_{v_{ij}} \cdot Q_{m_j} \cdot W_i \Rightarrow \min \quad (\text{Kč.r}^{-1}) \quad (25)$$

$$\text{kde: } p_{Q_{m_c}} = \frac{\sum_{j=1}^k rN_{k_j}}{Q_{m_c}} \quad (\text{Kč.s.r}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1})$$

$$Q_{m_c} = \sum_{j=1}^k Q_{m_j} \quad (\text{kg.s}^{-1})$$

Závislost (25) respektuje různou cenovou hladinu ročních konstantních nákladů u jednotlivých typů uvažovaných sklízecích mlátiček ovlivňovaných zejména pořizovací cenou, různou denní výkonností při sklizení jednotlivých plodin či odrůd i různé náklady variabilní. Sekvencí opakovaných propočtů, u kterých se snižuje či zvyšuje přípustná průchodnost vždy o vybraný typ sklízecí mlátičky, lze nalézt takovou celkovou průchodnost $Q_{m_c}^{opt}$ (při konkrétních typech a počtech sklízecích mlátiček), kdy sumární náklady na provoz uvažované

skupiny sklízecích mlátiček a úbytky tržní produkce dosáhnou minimální hodnoty.

Stanovený počet sklízecích mlátiček pak determinuje dobu sklizně jednotlivých plodin, celkovou dobu nasazení sklízecích mlátiček v průběhu žni, sezonní a roční výkonnost.

VÝSLEDKY

Předpokládá se, že sklizeň v podniku se bude zabezpečovat sklízecími mlátičkami E 514 při těchto výchozích technickoekonomických parametrech: $C_m = 1\,800\,000$ Kč; $T_0 = 8$ let; $B_k = 4,2$ m; $Q_m = 7,5$ kg.s⁻¹; $V_c = 100\%$ vypůjčený kapitál; $T_{spl} = 4$ roky; $n_{spl} = 2$; $u_r = 12\%$; $b_s = 0$; $p = 1,6\%$; $S_m = 60$ m²; $N_m = 115$ Kč.m⁻².r⁻¹. Roční konstantní náklady na sklízecí mlátičku lze tak očekávat ve výši $rN_k = 300\,364,7$ Kč.r⁻¹, z toho $rN_a = 225\,000$ Kč.r⁻¹, $rN_{zu} = 64\,864,7$ Kč.r⁻¹, $rN_p = 3\,600$ Kč.r⁻¹, $rN_g = 6\,900$ Kč.r⁻¹.

Pro přehlednost změn vybraných výstupních parametrů, v závislosti na změnách početních stavů sklízecích mlátiček v podniku, je řešení uvedeno tabelárně a graficky. V tab. II jsou kromě vybraných vstupních údajů o sklizení jednotlivých plodin uvedeny i změny základních parametrů procesu sklizně při změnách počtu sklízecích mlátiček v rozmezí 2 až 5 kusů.

S rostoucím početním stavem sklízecích mlátiček v podniku se zkracuje doba sklizně jednotlivých plodin, posouvá se zahájení sklizně následné plodiny (při překrývání) k optimálnímu okamžiku O_i (hodnoty D_{z_i} kladné – zahájení sklizně před okamžikem O_i , hodnoty D_{z_i} záporné – zahájení sklizně příslušné plodiny po optimálním okamžiku O_i), snižují se ztráty produkce u jednotlivých plodin, tím klesají přirozeně i úbytky tržní produkce ovlivňované dobou sklizně (obr. 4) a naopak rostou náklady konstantní.

Nejnižších souhrnných nákladů konstantních a úbytků tržní produkce je dosahováno při třech sklízecích mlátičkách ($rN_c^{red} = 1\,083\,496$ Kč.r⁻¹).

Průběh poměrných ztrát u jednotlivých plodin, v závislosti na době sklizně, zahájení a ukončení sklizně jednotlivých plodin v závislosti na kalendářní době, při třech sklízecích mlátičkách E 514, je uveden na obr. 5, při dvou a čtyřech pak na obr. 4a. Na obr. 6 je znázorněn (pro lepší orientaci jako spojitá funkce) průběh ročních konstantních nákladů, úbytky tržní produkce a souhrn těchto nákladů (obr. 6a), doba nasazení a sezonní výkonnost sklízecí mlátičky (obr. 6b) v závislosti na početních stavech uvažovaných typů sklízecích mlátiček v podniku.

DISKUSE A ZÁVĚR

Z výsledných vztahů (23) a (25) a z grafu na obr. 6 vyplývá, že ekonomicky optimální počet sklízecích mlátiček v podniku a jejich roční využití výrazně závisí na pořizovacích cenách, hektarových výnosech a ná-

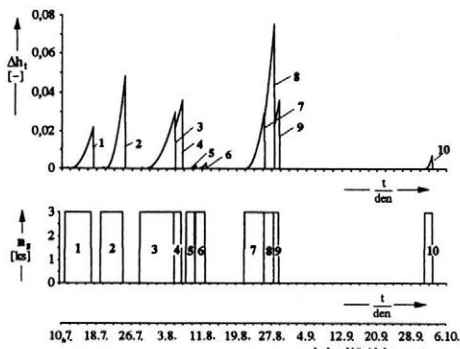
II. Výsledné parametry procesu sklizně při změnách počtu sklízecích mlátiček – Resulting indicators of the harvest process when the number of harvester thresher is changed

Parametr ¹	Označení ²	Jednotka ³	Číslo plodiny ⁴										Suma ⁵
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
a) Základní vstupní údaje o sklizni – Basic input data on harvest													
Výměry sklizených plodin ⁶	W_i	ha	252	163,8	315	63	75,6	88,2	126	63	50,4	63	1 260
Výnos plodiny ⁷	h_{pi}	t.ha ⁻¹	5,2	3,5	4,6	4,8	4,5	4	3,1	2,2	3,5	0,15	–
Náкупní cena produkce ⁸	C_{vi}	Kč.t ⁻¹	2 480	5 040	3 150	2 620	3 150	3 020	4 420	4 940	3 620	30 000	–
Optimální kalendářní okamžik sklizně ⁹	Q_i	datum ²³	12. 7.	20. 7.	29. 7.	30. 7.	8. 8.	10. 8.	21. 8.	22. 8.	23. 8.	1. 10.	–
Intervaly mezi okamžiky O_i ¹⁰	Δi	den ²⁴	0	8	9	1	9	2	11	1	1	39	–
Předpokládané zahájení vzhledem k O_i ¹¹	D_{zi}^p	den	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	–
Pracovní rychlost sklízecí mlátičky ¹²	V_{pi}	km.h ⁻¹	5,0	3,8	4,7	4,3	4,7	4,7	3,4	3,3	5,2	4,3	–
Denní výkonnost sklízecí mlátičky ¹³	W_{di}	ha.den ⁻¹	14,28	10,85	13,42	12,28	13,42	13,42	9,71	9,42	14,85	12,28	–
Součinitel ztrát produkce ¹⁴	A_i	1. den ⁻²	8,16E-04	2,50E-03	6,25E-04	6,25E-04	6,25E-04	8,16E-04	1,60E-03	2,50E-03	1,11E-03	2,50E-03	–
b) Parametry sklizně při dvou sklízecích mlátičkách – Harvest indicators at two harvester threshers													
Doba sklizně ¹⁵	D_{si}	den.plod ^{-1 25}	8,82	7,55	11,73	2,56	2,82	3,29	6,49	3,34	1,70	2,56	50,86
Rozsah sklizně na sklízecí mlátičku ¹⁶	W_j	ha.stroj ^{-1 26}	126,0	81,9	157,5	31,5	37,8	44,1	63,0	31,5	25,2	31,5	630,0
Začátek sklizně vzhledem k O_i ¹⁷	D_{zi}	den	1,00	0,18	1,00	–9,73	–3,30	–4,11	0,00	–5,49	–7,83	0,00	–
Součinitel středních poměrných ztrát ¹⁸	K_{si}	–	1,48E-02	4,42E-02	2,20E-02	7,62E-02	1,43E-02	2,78E-02	2,24E-02	1,30E-01	8,40E-02	5,48E-03	–
Ztráty produkce ¹⁹	Z_{pi}	t.plod ⁻¹	19,39	25,34	31,84	23,04	4,85	9,80	8,77	18,08	14,81	0,05	–
Náklady konstantní ²⁰	N_{ki}	Kč.plod ⁻¹	104 215	89 131	138 584	30 295	33 260	38 803	76 629	39 475	20 041	30 295	600 729
Úbytky tržní produkce ²¹	Z_{pi}	Kč.plod ⁻¹	48 092	127 730	100 295	60 362	15 278	29 610	38 758	89 321	53 609	1 554	564 608
Náklady konstantní a úbytky tržní produkce ²²	rN_{ci}	Kč.plod ⁻¹	152 307	216 861	238 879	90 657	48 538	68 413	115 387	128 796	73 651	31 849	1 165 338
c) Parametry sklizně při třech sklízecích mlátičkách – Harvest indicators at three harvester threshers													
Doba sklizně	D_{si}	den.plod ⁻¹	5,88	5,03	7,82	1,71	1,88	2,19	4,33	2,23	1,13	1,71	33,91
Rozsah sklizně na sklízecí mlátičku	W_j	ha.stroj ⁻¹	84,0	54,6	105,0	21,0	25,2	29,4	42,0	21,0	16,8	21,0	420,0
Začátek sklizně vzhledem k O_i	D_{zi}	den	1,00	1,00	1,00	–5,82	0,50	0,50	0,00	–3,33	–4,55	0,00	–
Součinitel středních poměrných ztrát	K_{si}	–	5,43E-03	1,10E-02	8,48E-03	2,80E-02	3,04E-04	6,15E-04	9,98E-03	5,03E-02	2,92E-02	2,44E-03	–
Ztráty produkce	Z_{pi}	t.plod ⁻¹	7,12	6,31	12,29	8,47	0,10	0,22	3,90	6,97	5,16	0,02	–
Náklady konstantní	N_{ki}	Kč.plod ⁻¹	156 323	133 697	207 876	45 443	49 890	58 205	114 943	59 213	30 062	45 443	901 094
Úbytky tržní produkce	Z_{pi}	Kč.plod ⁻¹	17 646	31 826	38 722	22 199	326	656	17 226	34 442	18 668	691	182 402
Náklady konstantní a úbytky tržní produkce	rN_{ci}	Kč.plod ⁻¹	173 969	165 523	246 598	67 641	50 216	58 861	132 169	93 655	48 730	46 133	1 083 496

Pokračování Tab. II

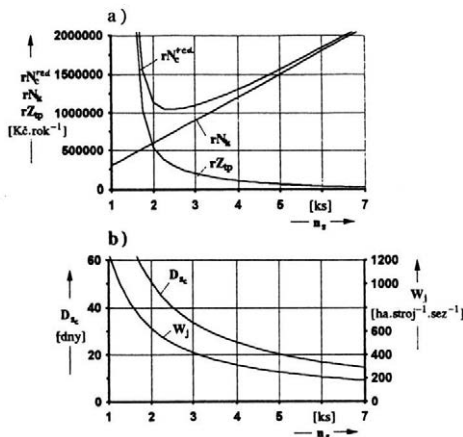
Parametr ¹	Označení ²	Jednotka ³	Číslo plodiny ⁴										Suma ⁵
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
d) Parametry sklizně při čtyřech sklízecích mlátičkách – Harvest indicators at four harvester threshers													
Doba sklizně	D_{s_i}	den.plod ⁻¹	4,41	3,77	5,87	1,28	1,41	1,64	3,24	1,67	0,85	1,28	25,43
Rozsah sklizně na sklízecí mlátičku	W_j	ha.stroj ⁻¹	63,0	41,0	78,8	15,8	18,9	22,1	31,5	15,8	12,6	15,8	315,0
Začátek sklizně vzhledem k O_i	D_{z_i}	den	1,00	1,00	1,00	-3,87	0,50	0,50	0,00	-2,24	-2,92	0,00	-
Součinitel středních poměrných ztrát	K_{s_i}	-	2,51E-03	4,93E-03	4,13E-03	1,28E-02	1,29E-04	2,68E-04	5,61E-03	2,43E-02	1,25E-02	1,37E-03	-
Ztráty produkce	Z_{p_i}	t.plod ⁻¹	3,29	2,83	5,98	3,87	0,04	0,09	2,19	3,37	2,20	0,01	-
Náklady konstantní	N_{k_i}	Kč.plod ⁻¹	208 430	178 263	277 168	60 590	66 520	77 607	153 257	78 951	40 083	60 590	1 201 459
Úbytky tržní produkce	Z_{p_i}	Kč.plod ⁻¹	8 161	14 249	18 845	10 131	139	285	9 689	16 631	7 954	389	86 472
Náklady konstantní a úbytky tržní produkce	rN_{c_i}	Kč.plod ⁻¹	216 591	192 511	296 013	70 721	66 659	77 892	162 947	95 582	48 037	60 979	1 287 931
e) Parametry sklizně při pěti sklízecích mlátičkách – Harvest indicators at five harvester threshers													
Doba sklizně	D_{s_i}	den.plod ⁻¹	3,53	3,02	4,69	1,03	1,13	1,31	2,60	1,34	0,68	1,03	20,34
Rozsah sklizně na sklízecí mlátičku	W_j	ha.stroj ⁻¹	50,4	32,8	63,0	12,6	15,1	17,6	25,2	12,6	10,1	12,6	252,0
Začátek sklizně vzhledem k O_i	D_{z_i}	den	1,00	1,00	1,00	-2,69	0,50	0,50	0,00	-1,60	-1,93	0,00	-
Součinitel středních poměrných ztrát	K_{s_i}	-	1,32E-03	2,55E-03	2,28E-03	6,48E-03	6,86E-05	1,38E-04	3,59E-03	1,32E-02	5,78E-03	8,77E-04	-
Ztráty produkce	Z_{p_i}	t.plod ⁻¹	1,74	1,46	3,30	1,96	0,02	0,05	1,40	1,83	1,02	0,01	-
Náklady konstantní	N_{k_i}	Kč.plod ⁻¹	260 538	222 828	346 460	75 738	83 150	97 009	191 572	98 688	50 103	75 738	1 501 823
Úbytky tržní produkce	Z_{p_i}	Kč.plod ⁻¹	4 305	7 359	10 410	5 134	73	147	6 201	9 026	3 688	249	46 592
Náklady konstantní a úbytky tržní produkce	rN_{c_i}	Kč.plod ⁻¹	264 843	230 187	356 870	80 872	83 224	97 155	197 773	107 714	53 791	75 986	1 548 415

¹indicator, ²marking, ³unit, ⁴number of crop, ⁵sum, ⁶areas of harvested crops, ⁷crop yield, ⁸purchasing price of production, ⁹optimal calendar moment of harvest, ¹⁰intervals between moments O_i , ¹¹predicted start with respect to O_i , ¹²working speed of harvester thresher, ¹³daily performance of harvester thresher, ¹⁴coefficient of production losses, ¹⁵time of harvest, ¹⁶range of harvest per harvester thresher, ¹⁷start of harvest with respect to O_i , ¹⁸coefficient of mean relative losses, ¹⁹production losses, ²⁰constant costs, ²¹reductions in market production, ²²constant costs and reductions in market production, ²³date, ²⁴day, ²⁵day per crop, ²⁶ha per engine



5. Průběh a rozsah poměrných ztrát produkce Δh_i u jednotlivých sklizených plodin v podniku a doby nasazení sklízecích mlátiček při počtu tří kusů v závislosti na kalendářní době – The course and range of relative losses of production Δh_i in different harvested crops at an enterprise and time of coming in of harvester threshers at the number of three machines in dependence on the calendar time

den – day



6. Průběh souhrnných redukováných nákladů rN_k^{red} , nákladů konstantních rN_k a úbytků tržní produkce rZ_{qp} (obr. 6a), celkové doby sklizně D_k a rozsahu sklizené výměry na sklízecí mlátičku W_j (obr. 6b) v závislosti na počtu sklízecích mlátiček E 514 v podniku – The course of summary reduced costs rN_k^{red} , costs of constant rN_k and reductions in market production rZ_{qp} (Fig. 6a), total times of harvest D_k and the range of harvested area per harvester W_j (Fig. 6b) in dependence on the number of harvester threshers E 514 at an enterprise

rok – year, dny – days, stroj – machine

kupních cenách sklizené produkce. Růst pořizovacích cen sklízecích mlátiček vede ke snižování jejich početních stavů v podniku, k prodlužování doby sklizně jednotlivých plodin, a tedy i k požadavku zvyšovat roční využití. V opačném směru působí růst nákupních cen sklizené produkce, nárůst hektarových výnosů i růst

ztrát v závislosti na době. Doba sklizně se zkracuje, snižuje se roční využití, zvyšuje se početní stav sklízecích mlátiček v podniku. Tyto faktory pak ovlivňují počet sklízecích mlátiček v produkčních oblastech s vysokými výnosy proti oblastem s výnosy nižšími. Požadavek poměrně vysokého ročního využití sklízecích mlátiček v uvedeném podniku je zapříčiněn právě nedávným výrazným nárůstem pořizovacích cen proti mírnému nárůstu nákupních cen sklizené produkce.

Předložená práce se zabývá metodou stanovení ekonomicky zdůvodněné potřeby sklízecích mlátiček v podniku ve vazbě na rozsah sklizně a na úbytky tržní produkce vlivem nepřímých biologických ztrát způsobených okamžikem zahájení a dobou sklizně jednotlivých plodin a odrůd. Zásady metody, vč. matematického aparátu, lze aplikovat u převážné většiny zemědělské techniky využívané pro zabezpečení polních prací u více plodin či více operací v průběhu roku. Kromě rozsahu příslušných prací, předpokládaných pracovních rychlostí, nákupních cen produkce a technicko-ekonomických a exploatačních parametrů nasazených či uvažovaných strojů jsou nezbytnými vstupními podklady zejména údaje o průběhu úbytků tržní produkce v závislosti na době provedení příslušných polních prací či operací. V tomto směru byl proto na katedře využití strojů TF ve spolupráci s katedrou rostlinné výroby AF zahájen výzkum, jehož základním cílem v první etapě je zjistit o rozhodujících druhů a odrůd pěstovaných zrnin vliv doby sklizně na výnosnost a kvalitu sklizené produkce.

Seznam označení

- a, b, c – parametry závislosti výnosu plodiny na čase t
 A, A_i – součinitel poměrných ztrát produkce obecně a u i -té plodiny (t.den^{-2})
 b_s – parametr (číslo 0 nebo 1) udávající, kdy je platba splatná
 $b_s = 0$ – na konci splátkového období
 $b_s = 1$ – na začátku splátkového období
 B_k – konstrukční záběr sklízecí mlátičky (m)
 B_{pc} – celkový pracovní záběr uvažované skupiny sklízecích mlátiček v podniku (m)
 B_{pj} – pracovní záběr j -tého typu sklízecí mlátičky (m)
 C_m – pořizovací cena sklízecí mlátičky (Kč)
 C_v, C_{vi} – nákupní cena produkce obecně a u i -té plodiny (Kč.t^{-1})
 D_{sc} – celková doba nasazení sklízecí mlátičky v podniku (dny)
 D_s, D_{si} – doba sklizně obecně a u i -té plodiny ve dnech
 D_{ki} – doba sklizně i -té plodiny od optimálního okamžiku O_i k okamžiku ukončení (dny)
 D_z, D_{zi} – doba zahájení sklizně obecně a u i -té plodiny před (hodnota kladná) nebo po (hodnota záporná) okamžiku O_i (dny)
 D_{zi}^0 – předpokládaná doba zahájení sklizně i -té plodiny či odrůdy od okamžiku O_i (dny)
 h_{max} – maximální výnos plodiny (t.ha^{-1})
 h_{pi} – dosažený (maximální) výnos i -té plodiny (t.ha^{-1})
 h_i – výnos plodiny ve funkci času (t.ha^{-1})
 jZ_{pi} – jednotkové ztráty produkce u i -té plodiny (t.ha^{-1})
 jZ_{qi} – jednotkové úbytky tržní produkce u i -té plodiny (Kč.ha^{-1})
 jN_{vi} – jednotkové náklady variabilní u j -tého typu sklízecí mlátičky na i -té plodině (Kč.ha^{-1})
 K_s, K_{si} – součinitel středních poměrných ztrát produkce obecně a u i -té plodiny ve vazbě na jednotkovou plochu a dobu sklizně D_s , event. D_{si}

n_s	– počet sklízecích mlátiček (kusy)
n_{spl}	– celkový počet platebních období anuity
n_{splr}	– počet splátkových období za rok
N_m	– roční náklady prostoru na uskladnění (garážování) sklízecí mlátičky ($Kč.m^{-2}$)
N_{ki}	– náklady konstantní na sklizeň i -té plodiny ($Kč.plod^{-1}$)
p	– pojištění a stálé poplatky (procenta z ceny stroje)
PL	– výše pravidelné platby za každé období v době splatnosti anuity (Kč za splátkové období)
Q_m	– přípustná průchodnost sklízecí mlátičky obecně ($kg.s^{-1}$)
Q_{mc}	– celková přípustná průchodnost sklízecích mlátiček v podniku ($kg.s^{-1}$)
Q_{mj}	– přípustná průchodnost j -té sklízecí mlátičky ($kg.s^{-1}$)
rN_d	– roční náklady na amortizaci sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
rN_c	– celkové náklady (konstantní, variabilní a úbytky tržní produkce) na sklizeň plodin v podniku ($Kč.r^{-1}$)
rN_c^{red}	– redukované náklady (konstantní a úbytky tržní produkce) na sklizeň plodin v podniku ($Kč.rok^{-1}$)
rN_{ci}	– náklady konstantní a úbytky tržní produkce u i -té plodiny ($Kč.plod^{-1}$)
rN_k	– roční konstantní náklady sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
rN_{kj}	– roční náklady konstantní u j -tého typu sklízecí mlátičky ($Kč.r^{-1}.stroj^{-1}$)
rN_p	– roční náklady na pojištění a stálé poplatky sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
rN_{zi}	– roční náklady z úroků částky vypůjčené na pořízení sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
rN_g	– roční náklady na uskladnění sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
rS	– roční splátky půjčky na nákup sklízecího stroje ($Kč.r^{-1}$)
S_m	– plocha potřebná pro uskladnění sklízecího stroje (m^2)
t	– obecně doba ve dnech
T_{sm}	– čas směny (h)
T_o	– doba odepisování sklízecího stroje (roky)
T_{spl}	– lhůta splatnosti částky vypůjčené na pořízení sklízecího stroje (roky)
T_{tu}	– lhůta totálních ztrát u i -té plodiny ve dnech; období od optimálního okamžiku O_i do dne, kdy dojde k úplné ztrátě výnosu
$ú = ú_r.(n_{splr}/100)^{-1}$	– úroková sazba za jedno splátkové období v desetinném vyjádření (při roční úrokové míře $ú_r = 12\%$ a dvou splátkách za rok $n_{splr} = 2$ bude $ú = 12/(2.100) = 0,06$)
$ú_r$	– roční úroková míra (sjednaný úrok z úvěru) (%)
V_z	– částka vypůjčená na pořízení sklízecího stroje (Kč)
V_{pi}	– pracovní rychlost sklízecího stroje ($km.h^{-1}$)
W_{di}	– průměrná denní výkonnost sklízecí mlátičky u dané plodiny ($ha.den^{-1}$)

W_{di}	– denní výkonnost j -tého typu sklízecí mlátičky na i -té plodině ($ha.den^{-1}$)
W_i	– výměra i -té plodiny (ha)
Z_p	– ztráty produkce u dané plodiny obecně, v závislosti na čase ($t.ha^{-1}$)
Z_{pi}	– ztráty produkce u i -té plodiny za dobu její sklizně ($t.plod^{-1}$)
Z_{pi}	– úbytky tržní produkce u i -té plodiny za dobu její sklizně ($Kč.plod^{-1}$)
ΔI_i	– poměrné ztráty produkce ve funkci času; úbytky produkce z jednotkové plochy k maximálnímu výnosu z této plochy v závislosti na čase
Δi	– interval mezi optimálním kalendářním okamžikem sklizně předcházející plodiny O_{i-1} a plodiny následující O_i (dny)
λ_i	– poměr výnosu vedlejší produkce (slámy) ku produkci hlavní u i -té plodiny
$\rho_{Q_{mc}}$	– podíl ročních konstantních nákladů uvažované skupiny sklízecích mlátiček k jejich celkové přípustné průchodnosti ($Kč.s.(r.kg)^{-1}$)
τ_{sm}	– součinitel využití času směny

LITERATURA

- HUNT, R.: Farm field equipment What Size. Implement and Traktor, 1978 (4): 16–19.
- KAVKA, M.: Organizace a řízení výrobních procesů. [Sylaby k přednáškám.] Praha, VŠZ 1992.
- MAŠKOVÁ, H. et al.: Optimalizace využití sklízecích strojů. Zeměd. Techn., 22, 1976 (9): 533–543.
- OUBRECHT, J.: Výběr hlavních exploatačních parametrů sklízecích mlátiček. Zeměd. Techn., 37, 1991 (8): 471–476.
- ŠPELINA, M. et al.: Strojní linky v zemědělství a jejich ekonomika. SZN, Praha 1973.
- TURČEK, J.: Vliv času na kvalitu produktu. [Výzkumná správa.] Nitra, VŠZ 1980.
- VOŇKA, Z.: Zjištění vlivu sklizně a posklízecího ošetření na technologickou hodnotu zrna. [Výzkumná zpráva.] Praha, VÚZT 1980.
- WITNEY, J.: Choosing and using farm machines. ESSEX, New York 1988.

Došlo 11. 1. 1995

Kontaktní adresa:

Ing. Jan K o c h a n, CSc., Domažlická 1648, 251 01 Říčany, Česká republika

Upozornění pro autory vědeckých časopisů

Z důvodu rychlejšího a kvalitnějšího zpracování grafických příloh (grafů, schémat apod.) příspěvků zasílaných do redakce Vás žádáme o jejich dodání kromě tištěné formy i na disketách.

Týká se to samozřejmě těch grafických příloh, které byly vytvořeny v nějakém programu PC (např. CorelCHART, Quatro Pro, Lotus 1-2-3, MS Excel). Vzhledem k tomu, že nejsme schopni upravit a použít pro tisk všechny typy (formáty) grafických souborů, žádáme Vás, abyste nám také kromě originálních souborů (např. z MS Excel typ *.XLS) zasílali grafické předlohy vyexportované jako bodovou grafiku v jednom z těchto formátů:

Bitmap	*.BMP
Encapsulated Postscript	*.EPS
Graphic Interchange Format	*.GIF
Mac paint	*.MAC
MS Paint	*.MSP
Adobe Photoshop	*.PSD
Scitex	*.SCT
Targa	*.TGA
Tag Image File Format	*.TIF

Redakce časopisu

DLOUHODOBÁ MĚŘENÍ CHARAKTERISTICKÝCH VLASTNOSTÍ VĚTRU

LONG-TERM MEASUREMENTS OF WIND CHARACTERISTICS

E. Pázral

Research Institute of Agricultural Engineering, Praha-Řepy, Czech Republic

ABSTRACT: In developed European countries farmers contribute significantly to wind energetics – they long-term observe weather conditions, they own lands suitable for building of equipment and can exploit a part of energy directly at the site. The wind speed is fully random quantity and except it, the wind performance, from which other energy tasks are considered, depends on cube of a number of speed. For this reason it is necessary to measure speed long time and to assess it by the methods of mathematical statistics. Instead of traditional histogram of frequency, more suitable modification is used for graphical representation – substitute time course of quantity which is much clearer for determination of mean values of speed and particularly for wind performance and energy. Different measurements can be compared with each other and with different parameters by consistent illustration by uniform rules in which wind speed is expressed in m.s^{-1} while time is always expressed as 100% without respect to actual time of measuring (h). The main evaluated quantities are: average speed $\bar{v}$, average value from cube of a number of wind speed v_{ef}^3 and coefficient of performance unevenness of wind speed q_v , which are defined as follows:

$$\bar{v} = \frac{1}{T} \cdot \sum v_i \cdot t_i; v_{ef}^3 = \frac{1}{T} \sum v_i^3 \cdot t_i; q_v = \frac{v_{ef}}{\bar{v}}$$

The quantity v_{ef} is efficient wind speed which can be inserted into expressions for calculation of performance and energy. It is evident from expressions for $\bar{v}$ and v_{ef}^3 that one and the same average speed $\bar{v}$ can be acquired by arbitrarily high number of combinations $v_i \cdot t_i$. Different value of v_{ef}^3 , and hence a different value of wind performance and energy correspond to each of these combinations. More uneven the wind speed, the higher these values. Coefficient of unevenness q_v is one of indicators of wind character. There is no direct proportion between average wind speed, performance and energy. For purposes of building of wind-energy equipment it is necessary to know and assess the wind speed at the height of axis of future wind aggregates to which measurements carried out at other, usually higher height, should be converted. There is one of the converting methods most frequently used. Five examples were chosen for practical illustration of general methods of calculation of $\bar{v}$, v_{ef} and q_v . The first of them is a model which shows basic regularities and rules of calculations, and the other four models demonstrate results from measurement of average speeds ranging from 5.49 m.s^{-1} , which are relatively low, to 9.23 m.s^{-1} , very high ones. The results were compared with taken over characteristics of annual wind energy per 1 m^2 of area which is theoretically derived from available meteorological bases and is based on distribution characteristics of wind speed. Actually taken values are in all cases somewhat lower.

statistical methods; histogram of frequencies; substitute time course; speed; efficient speed; performance; energy; unevenness of wind; altitude power correction coefficient

ABSTRAKT: Základem ekonomicky opodstatněného využívání větrné energie je solidní znalost větrných poměrů v určité lokalitě. Výkon větru je úměrný třetí mocnině rychlosti, a proto nelze jednoznačně definovat energetické vztahy bez znalosti statistického rozložení rychlosti větru. Je popsána příslušná metoda a názorný model závislosti rychlosti, výkonu a energie větru. Namísto klasického histogramu četností se zavádí jeho modifikovaná podoba – náhradní časový průběh, který je vhodnější pro znázorňování průměrných hodnot veličin v závislosti na čase. Jsou uvedeny charakteristické příklady z praktických měření, názorně ilustrující obecné zákonitosti.

statistické metody; histogram četností; náhradní časový průběh; rychlost; efektivní rychlost; výkon; energie; nerovnoměrnost větru; výškový korekční součinitel

ÚVOD

Výzkumný ústav zemědělské techniky se zabývá problematikou větrné energetiky od roku 1980. Zpočátku šlo o podněty od některých zemědělských družstev a státních statků z horských a podhorských oblastí, jejichž pracovníci přicházeli s prvními úvahami a záměry na využití energie větru. Přípravy k zařazení problematiky do výzkumných programů započaly na podzim roku 1983 a výzkumně se řeší od 1. 1. 1985 v různých podobách až dosud, včetně výhledu na nejbližší roky.

Propojenost větrné energetiky a zemědělství je v souladu s evropskými trendy. Má to své důvody historické (podrobná znalost povětrnostních poměrů sledovaných generací, staletá tradice větrných mlýnů a vodních čerpadel ap.) i důvody praktické – zemědělec je nejčastějším vlastníkem pozemků vhodných pro výstavbu větrných agregátů, takže má předpoklady být investorem nebo alespoň podílníkem na příslušné investici. Výstavba elektráren zpravidla nebrání běžnému zemědělskému využívání pozemku, popřípadě umožňuje využití pozemků zemědělsky nevyužívaných či nevyužitelných.

Základem efektivnosti větrné energetiky je podrobná znalost charakteristických vlastností větru. V prosinci roku 1994 byly ukončeny práce na nové větrné mapě České republiky, která upřesňuje hranice oblastí, ve kterých lze očekávat energetickou účelnost a ekonomickou efektivnost výstavby větrných agregátů. Vzhledem ke členitosti terénu v ČR však nejsou uvnitř těchto oblastí vyloučena závětrná místa a naopak, i mimo vyznačené oblasti existují lokality s dobrými větrnými podmínkami.

Náklady na energii vyrobenou ve větrných elektrárnách tvoří až z 97 % odpisy, resp. splátky úvěrů a úroků z vynaložených investičních nákladů. Proto je důležité, aby množství vyprodukované elektrické energie bylo co největší a to opět závisí na výběru vhodné lokality s vysokou průměrnou roční energií větru.

S výstavbou energetických zařízení souvisí i dlouhodobé vyhodnocování směru větru, resp. zjišťování

převládajících směrů toku největší větrné energie. Poznatky jsou nutné pro optimální půdorysné uspořádání jednotlivých agregátů na větrných farmách. Otázky tohoto druhu budou zpracovány v jiné souvislosti.

ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI VĚTRU A JEJICH KVANTIFIKACE

Charakteristický průběh rychlosti větru je patrný z obr. 1. Lze ho vyhodnocovat způsobem, obvyklým při zpracovávání tohoto druhu průběhů (počet změn, frekvence cyklů, relativní extrémy – maxima, minima, rozpětí hodnot, strmost stoupání a poklesu veličiny a další). Je patrné, že ukázka zachycující průběh trvání asi 4 1/2 minuty se vyznačuje více než čtyřiceti výraznějšími změnami (přechody mezi vzrůstem a poklesem), resp. více než dvaceti cykly (podrobná analýza není předmětem této práce).

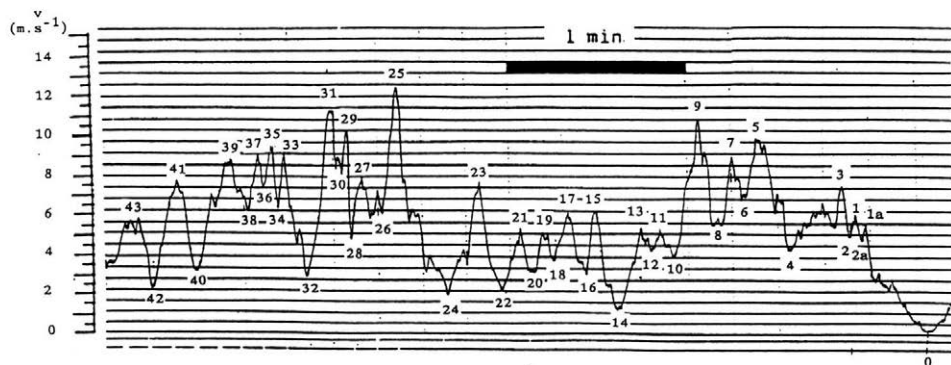
Pro energetické účely jsou nutná dlouhodobá měření rychlosti, popřípadě i směru větru a jejich zpracování a vyhodnocení metodami matematické statistiky (ČSN 01 0250, 1973). Pro potřeby klasifikace se rozpětí měřené veličiny v rozdělení do několika třídních intervalů i , z nichž každému se přidruží určitá hodnota veličiny v_i .

Při konstrukci klasického histogramu četností (obr. 2) se na osu úseček vynáší hodnota veličiny v_i a na osu pořadnic četnost, což je v daném případě součet všech časů patřících k intervalu t_i . Průměrná rychlost větru za sledované období $\bar{v}$ se určí ze vztahu

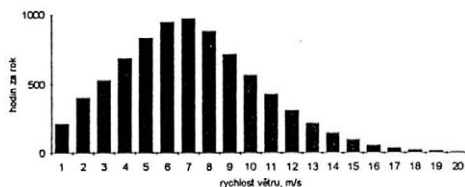
$$\bar{v} = \frac{1}{T} \sum v_i \cdot t_i \quad (1)$$

kde: v_i – hodnoty rychlosti
 t_i – odpovídající časy
 T – celkový čas měření

Histogram četností (obr. 2) je velice názorný pro posouzení rozložení rychlosti větru, ale je nepřehledný pro vyjadřování průměrné rychlosti větru (rovnice 1) a dalších veličin v závislosti na čase. Proto se ve VÚZT začala používat výhodnější modifikace histogramu,



1. Příklad liniového zápisu rychlosti větru – Example of line record of wind speed



2. Roční rozdělení rychlosti větru v počtu hodin jejího výskytu – Annual distribution of wind speed in number of hours of its occurrence

hodin za rok – hours per year, rychlost větru – wind speed

spočívající ve vynášení času na vodorovné ose a měřené veličiny na svislé ose. Současně se čas vynáší jako kumulovaná veličina. To koresponduje se způsobem, jakým je pořizován liniový zápis veličiny registračními přístroji. Pro rozlišení od klasického histogramu označujeme tento způsob znázornění jako náhradní časový průběh (obr. 3), jehož jednotlivým sloupcům lze přiřazovat další závislé veličiny (výkon větru, výkon větrné elektrárny podle charakteristiky) a určovat jejich průměrné hodnoty.

Pro energetické účely jsou rozhodujícími veličinami výkon větru P_v (W) a energie větru A_v (W.h).

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot S \quad (2)$$

$$A_v = P_v \cdot T \quad (3)$$

kde: ρ – hustota vzduchu (pro běžné výpočty se počítá s $1,15 \text{ kg.m}^{-3}$)
 v – rychlost větru (m.s^{-1})
 S – plocha (m^2)
 T – celkový čas měření (h)

Při praktických výpočtech se výkon a energie uvádí v kW resp. v kWh. Pravé strany rovnic (2, 3) se pak násobí 10^{-3} .

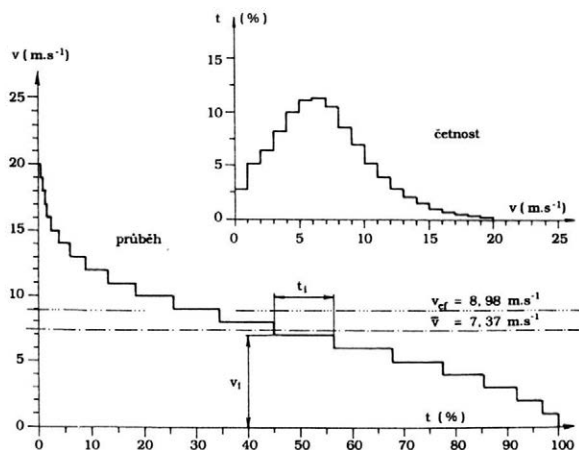
Z obr. 3 názorně vyplývá, že určité průměrné rychlosti větru $\bar{v}$ mohlo být dosaženo téměř neomezeným počtem kombinací intervalů $v_i \cdot t_i$, přičemž každé kombinaci odpovídá jiná výsledná energie. K objasnění vztahů mezi rychlostí, výkonem a energií větru se zpravidla používá zjednodušené znázornění podle obr. 4. Určité průměrné rychlosti v_1 může být dosaženo při maximální rychlosti rovnající se např. dvojnásobku nebo trojnásobku průměrné rychlosti, která však trvá dvojnásobně nebo trojnásobně kratší dobu. Výkon je pak osminásobkem, resp. 27násobkem a energie čtyřnásobkem, resp. devítinásobkem výchozí hodnoty.

Obecně: je-li $v_a = a \cdot v_1$, pak $P_a = a^3 \cdot P_1$ a

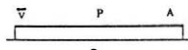
$$A_a = \frac{1}{a} \cdot t \cdot P_a = a^2 \cdot A_1$$

3. Náhradní časový průběh rychlosti větru s doplňkovým histogramem četnosti – Substitute time course of wind speed with supplementary histogram of frequencies

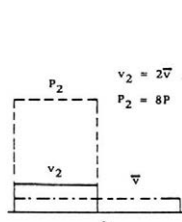
průběh – course, četnost – frequency



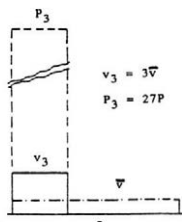
Průměrná rychlost $\bar{v}$
 Maximální rychlost $v_1 = \bar{v}$
 Výkon větru $P_1 = P$
 Energie větru $A_1 = A$



$$A_1 = A$$



$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot P_2 = 4A$$



$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot P_3 = 9A$$

4. Vliv rozložení rychlosti na výkon a energii větru – The effect of distribution of wind speed and performance

průměrná rychlost – average speed, maximální rychlost – maximal speed, výkon větru – performance of wind, energie větru – energy of wind

To však platí pouze pro daný model zvyšování rychlosti a zkracování odpovídajícího času, který se skutečnými větrnými poměry má jen málo společného.

Realitě se více blíží další model (obr. 5a), jehož princip spočívá v tom, že časová osa je rozdělena na stejné úseky, v prostředním z nich (sloupec 5) se rychlost nemění a v ostatních se mění tak, že oč se zvýší rychlost ve sloupci 6 (7–8 atd.), o to se sníží v symetricky uspořádaném sloupci 4 (3–2 ... atd.), a sice pro několik maximálních rychlostí (sloupec 10), konkrétně 1,2 až 2 násobek průměrné rychlosti $\bar{v}$.

Na obr. 5b je odpovídajícím způsobem vynesena hodnota třetí mocniny rychlosti větru v^3 – pro přehlednost jen pro průběh začínající nejvyšší absolutní hodnotou 10 m.s^{-1} . Ostatní by byly úměrně nižší.

Průměrná hodnota třetí mocniny rychlosti se vypočte obdobně jako průměrná rychlost, tj. ze vztahu

$$v_{ef}^3 = \frac{1}{T} \cdot \sum v_i^3 \cdot t_i \quad (4)$$

Třetí odmocnina této hodnoty – v_{ef} – je fiktivní veličina „efektivní rychlost větru“, která odpovídá výkonu a energii větru ve sledovaném čase T a danému rozložení četnosti rychlosti větru. Efektivní rychlost $v_{ef} > \bar{v}$ je tím větší než průměrná (a stejně tak i průměrný výkon a energie větru), čím je skutečný průběh rychlosti větru nerovnoměrnější.

Výkonovou nerovnoměrnost rychlosti větru q_v lze vyjádřit poměrem

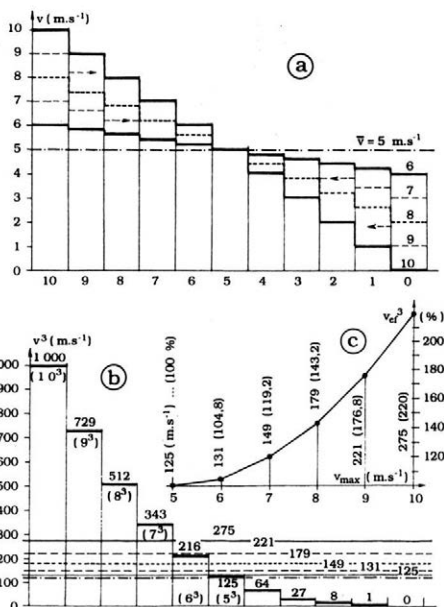
$$q_v = \frac{v_{ef}}{\bar{v}} \quad (5)$$

kteří je jedním z ukazatelů charakteru větru.

Průměrné hodnoty v_{ef}^3 jsou vyneseny v obr. 5b a je patrné, jak podstatně se liší od svých extrémních hodnot. Pro přehlednost jsou uvedeny i v tab. I (levá část).

Je patrné, že veškeré difference s rostoucí maximální rychlostí větru v_{max} rychle narůstají.

Protože jde o modelový případ, platí uvedené hodnoty nejen pro $\bar{v} = 5 \text{ m.s}^{-1}$, ale analogicky pro všechny rychlosti větru, u nichž jsou zachovány základní proporce modelu, tj. rozdělení do časových intervalů a od-



5. Modelové rozložení rychlosti a výkonu větru – Model distribution of wind speed and performance

stupňování maximální rychlosti až do dvojnásobku průměrné rychlosti. Pro názornost jsou ve třetím řádku tab. I uvedeny odpovídající hodnoty v procentech. Jejich progresivní nárůst znázorňuje obr. 5c.

Při výpočtu konkrétních případů lze číselné hodnoty v_{ef}^3 z druhého řádku tabulky s výhodou dosazovat přímo do vzorců pro výkon nebo energii větru. Odpovídající roční energie větru na 1 m^2 plochy pro daný modelový případ je uvedena v posledním řádku tab. I.

Pro srovnání jsou v pravé části tab. I uvedeny hodnoty odpovídající prvnímu modelovému případu podle obr. 4, přepočítanému rovněž na průměrnou rychlost

I. Modelové porovnání rychlosti, efektivní rychlosti, a výkonové nerovnoměrnosti při průměrné rychlosti větru $\bar{v} = 5 \text{ m.s}^{-1}$ – Model comparison of speed, efficient speed and performance unevenness at average wind speed $\bar{v} = 5 \text{ m.s}^{-1}$

Maximální rychlost větru ¹ v_{max}	m.s^{-1}	5	6	7	8	9	10	10	15
Průměrná rychlost větru ² $\bar{v}$	$(\text{m.s}^{-1})^3$	125	131	149	179	221	275	500	1 012
	%	100	104,8	119,2	143,2	176,8	220	400	810
Efektivní rychlost větru ³ v_{ef}	m.s^{-1}	5	5,079	5,301	5,636	6,046	6,503	7,937	10,041
Výkonová nerovnoměrnost větru ⁴ q_v	–	1	1,016	1,060	1,127	1,209	1,301	1,587	2,008
Roční energie větru na jednotku plochy ⁵ A_{vr}	$\frac{\text{kW.h}}{\text{m}^2 \cdot \text{rok}}$	629,6	659,8	750,5	901,6	1 113,2	1 385,2	2 518,5	5 099,9
Typ modelu ⁶		II – obr. 5						I – obr. 4	

¹ maximal wind speed, ² average wind speed, ³ efficient wind speed, ⁴ performance unevenness of wind, ⁵ annual wind energy per area unit, ⁶ type of model

5 m.s⁻¹. Rozdíly mezi modely I a II jsou dobře patrné při porovnání údajů ve sloupcích odpovídajících $v_{\max} = 10 \text{ m.s}^{-1}$. Sloupec o hodnotě $v_{\max} = 5 \text{ m.s}^{-1}$ je pro oba modely společný. Míra věrohodnosti vyplývá z jejich porovnání s rozborů skutečně naměřených hodnot.

ZÁVISLOST RYCHLOSTI VĚTRU NA VÝŠCE NAD TERÉNEM

Rychlost větru, a tím i jeho výkon a energie, rostou se vzdáleností (výškou) od zemského povrchu. Na meteorologických stanicích se měří zpravidla ve výšce 10 m, nebo se naměřené hodnoty na tuto výšku přepočítávají. Metod přepočtu existuje několik. Nejčastěji se používá výrazu

$$\frac{v_h}{v_o} = \left(\frac{h}{h_o} \right)^n \quad (6)$$

kde: v_h – rychlost větru ve výšce h nad zemským povrchem
 v_o – rychlost větru v referenční výšce h_o (např. v jaké se měřilo)

Exponent n je však silně závislý na drsnosti povrchu a tvaru terénu. Pro převážně rovinný terén platí hodnoty podle tab. II.

Z rovnice (6) s použitím uvedených exponentů je možné vypočítat hodnoty výškového korekčního součinitele (tab. III).

Rychlost větru v_h v požadované výšce h se vypočte ze vztahu

$$v_h = k_h \cdot v_{10} \quad (7)$$

kde: v_{10} – rychlost větru ve výšce 10 m a odpovídá jí součinitel $k_1 = 1$

Proti této metodě mají přední odborníci řadu výhrad, protože nepostihuje nejdůležitější faktor – vliv tvaru terénu v bezprostřední blízkosti místa měření. Ten totiž nelze vyjádřit žádným jednoznačným koeficientem. Proto je třeba brát uvedené údaje spíše informativně a při zamýšlené investiční výstavbě měřit ve výšce blízké osové výšce budoucích větrných agregátů. Naměřené údaje se pak již nepřepočítávají.

Protože tato práce je zaměřena energeticky, platí dále uváděné rychlosti větru a odvozené veličiny pro předpokládanou osovou výšku větrných elektráren.

POSTUP PŘI VYHODNOCOVÁNÍ MĚŘENÍ A TYPICKÉ PŘÍKLADY

Pro vyhodnocování konkrétních větrných poměrů je důležitá snadná a přehledná srovnatelnost výsledků. Ta se týká buď různých případů téže lokality (různá roční období, různě dlouhé časy měření), nebo i různých lokalit navzájem. Proto byl zvolen jednotný způsob grafického vyjadřování náhradních časových průběhů (obr. 3, 6) spočívající v tom, že celkový čas na vodorovné ose je vyjádřen vždy hodnotou 100 % bez ohledu na skutečnou dobu měření. Rychlost větru je uváděna v reálných hodnotách m.s⁻¹. V pravém horním rohu je uváděn klasický histogram četností ve zmenšeném, ale

II. Závislost exponentu n na zemském povrchu – Dependence of index n on earth surface

Druh povrchu ¹	n
a – hladký povrch (vodní hladina, písek)	0,14
b – louka s nízkým travnatým porostem nebo orance	0,16
c – vysoká tráva, nízké obilné porosty	0,18
d – porosty vysokých kulturních plodin, nízké lesní porosty	0,21
e – lesy s mnoha stromy	0,28
f – vesnice a malá města	0,48

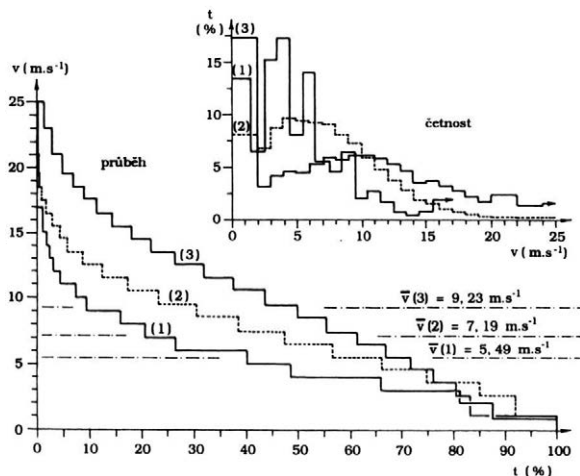
¹type of surface

a – smooth surface (water level, sand), b – meadow with low grassland or arable land, c – high grass, low cereal stands, d – stands of high culture crops, low forest stands, e – forests with many trees, f – villages and small cities

III. Hodnoty výškového korekčního součinitele k_h – Values of altitude power correction coefficient k_h

Povrch ²	Výška ¹ h (m)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
	korekční součinitel ³ k_h							
a	0,91	1,00	1,06	1,10	1,14	1,17	1,19	1,21
b	0,90	1,00	1,07	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25
c	0,88	1,00	1,08	1,13	1,18	1,22	1,25	1,28
d	0,86	1,00	1,09	1,16	1,21	1,26	1,30	1,34
e	0,82	1,00	1,12	1,21	1,29	1,36	1,42	1,47
f	0,72	1,00	1,21	1,39	1,55	1,69	1,82	1,95

¹height, ²surface, ³correction coefficient



6. Příklady jednotného zpracování vyhodnocených měření – Examples of uniform processing of evaluated measurements

průběh – course, četnost – frequency

rovněž jednotném měřítku. To umožňuje vzájemným překrýváním obrázků nebo vynášením více čar (obr. 6) názornou vizuální orientaci v rozdílech mezi jednotlivými případy, jejichž číselné vyjádření charakterizují dříve definované veličiny $\bar{v}$, v_{ef} , q_v a A_{vr} . Určité nepravidelnosti v šířce intervalu či ve vzájemné poloze jednotlivých intervalů rychlosti nejsou chybou, ale vyjádřením skutečnosti, že jednotlivá měřicí zařízení mají různý počet třídních intervalů, různou šířku intervalů a posléze přepočtem naměřených hodnot na jinou výšku může dojít i k zlomkovým číslům začátku a konce, resp. středu intervalu rychlosti větru. Nelineární bývají zpravidla intervaly na začátku a na konci měřicího rozsahu, např. čára 1 (obr. 6 – četnosti) začíná intervalem 0–1,5 m.s⁻¹ a pokračuje dále pravidelnými intervaly 1,5–2,5; 2,5–3,5 m.s⁻¹ atd., čáry 2 a 3 začínají 0–2 m.s⁻¹ a pokračují 2–3; 3–4 m.s⁻¹ atd. Nejčastěji používaná zařízení mají 16 nebo 22 třídních intervalů a měřicí rozsah podle požadavku zákazníka.

Několik konkrétních výsledků měření a vyhodnocení rychlosti větru je vyčísleno v tab. IV a znázorněno na odpovídajících obrázcích.

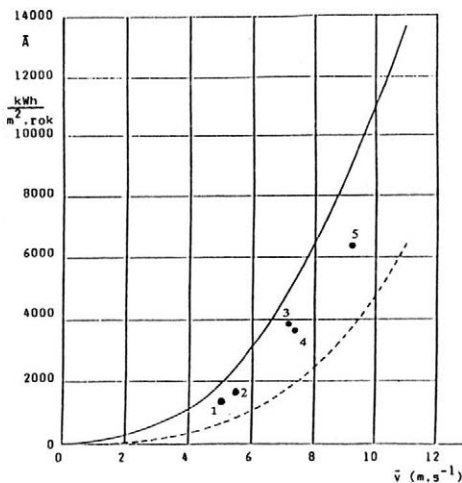
Údaje jsou seřazeny podle dosažené průměrné rychlosti větru. Z modelového příkladu podle obr. 5 a tab. I jsou vybrány dvě varianty: a) pro v_{max} (a) = 9 m.s⁻¹ a b) pro v_{max} (b) = 10 m.s⁻¹. Z porovnání s výsledky skutečného měření z Bruntálska – obr. 6, čára (1) vyplývá poměrně dobrá shoda modelu II a reality. Model I se naopak značně liší.

Další dvě blízké hodnoty jsou v ř. 3 a 4 tab. IV. Jsou zajímavé tím, že nižší průměrné rychlosti (7,19 m.s⁻¹) odpovídá větší efektivní rychlost větru a následně i větší výkonová nerovnoměrnost a větší energie A_{vr} , což je v souladu s dříve formulovaným poznatkem, že větší nerovnoměrnost znamená více energie. To vyplývá i z vizuálního porovnání „ušlechtilého“ histogramu na obr. 2 či 3 s „neuspořádaným“ rozložením četností na obr. 6.

IV. Hlavní ukazatele charakteru větru – Main indicators of wind character

Číslo ¹	Lokalita, model ²	Průměrná rychlost větru ³	Efektivní rychlost větru ⁴	Efektivní rychlost větru	Výkonová nerovnoměrnost větru ⁵	Roční energie větru na jednotku plochy ⁶
		$\bar{v}$ m.s ⁻¹	v_{ef} (m.s ⁻¹) ³	v_{ef} m.s ⁻¹	q_v –	
1	model obr. 5	5,00	a) 221 b) 275	6,05 6,50	1,209 1,301	1 113,2 1 385,2
2	Bruntálsko ⁷ obr. 6 (1)	5,49	337,6	6,97	1,268	1 700,4
3	Krušnohoří ⁸ obr. 6 (2)	7,19	767,3	9,16	1,274	3 865,0
4	přímorská oblast ⁹ obr. 2–3	7,37	724,5	8,98	1,219	3 649,1
5	Krušnohoří obr. 6 (3)	9,23	1 252,2	10,78	1,168	6 307,5

¹number, ²locality, model, ³average wind speed, ⁴efficient wind speed, ⁵performance unevenness of wind, ⁶annual wind energy per area unit, ⁷Bruntál region, ⁸Krušné hory region, ⁹marine region



7. Porovnání vypočtené a odvozené energie větru v závislosti na průměrné roční rychlosti větru – Comparison of calculated and derived wind energy as depended on average annual wind speed

rok – year

— odvozená energie větru s ohledem na nerovnoměrnost – derived wind energy with respect to unevenness

- - - energie vypočtená z průměrné rychlosti větru – energy calculated from average wind speed

Dále se nabízí srovnání řádků 3 a 5 tab. IV, což jsou výsledky z jedné a téže lokality, ale z různých období. Čára (2) obr. 6 odpovídá měření po dobu téměř 1700 hodin na konci léta, zatímco čára (3) reprezentuje jen necelých 600 hodin měření v největrnějších zimních podmínkách. Zajímavá je relativně nižší efektivní rychlost větru v_{ef} a tím i pokles výkonové nerovnoměrnosti větru q_v u vyšší rychlosti ve srovnání s rychlostí nižší. Náhorný důkaz opět podává porovnání četností na obr. 6, na kterém čára (3) odpovídající nižšímu q_v má daleko „ušlechtilejší“ průběh než čára (2). Vyšší rychlost větru nemusí tedy nutně znamenat i zvýšení jeho nerovnoměrnosti. Naopak nejvíce nerovnoměrné mohou být slabé a silně nepravidelné větry.

Dále se charakter větru mění v závislosti na místě (Krušné Hory jsou jiné než např. Šumava). Rovněž východní větry mají jiný charakter než větry západní apod. Tyto skutečnosti vyplývající ze systematických zpracovávání rychlosti větru však nelze z uvedených důvodů jednoduše a jednoznačně využít pro formulaci energetických závěrů. Energeticky zpracovaných výsledků je zatím poměrně málo.

Pokus o vyjádření skutečné energie větru s přihlédnutím k jeho nerovnoměrnosti představuje obr. 7. Rozdíl proti výpočtu z průměrné rychlosti je velice dobře patrný. Pro zajímavost jsou do převzatého obrázku zakresleny i příklady z tab. IV. I když počet těchto měření není velký, přesto zřejmě nepůjde o náhodu, že jsou všechny pod křivkou odvozené průměrné energie

větru. Opět se ukazuje, že různé teoreticky odvozené závislosti je nutné brát s rezervou a neustále je kriticky srovnávat s experimentálně získanými a pečlivě zpracovanými výsledky. Vynesené body však dobře sledují celkovou tendenci a naznačují, že křivka skutečné energie větru bude spíše probíhat poněkud níže.

V odborných kruzích se obecně soudí, že k dosažení věrohodných a plně průkazných výsledků pro určitou lokalitu jsou nutná alespoň dvouletá soustavná měření. Vychází se z poznatku, že jak jednotlivá léta, tak zejména jednotlivé měsíce různých let vykazují značné rozdíly. Naše zkušenosti jsou takové, že minimální měření by mělo trvat jeden a půl roku, a sice od podzimu jednoho roku do jara roku přespříštího, tj. má zahrnovat dvě zimy (které jsou pro energetický přínos rozhodující) a jedno léto. Optimální měření by pak mělo zahrnout dva a půl roku (tři zimy a dvě léta).

DISKUSE

Vyhodnocená měření velmi dobře ilustrují vliv nerovnoměrnosti rychlosti na výkon a energii větru. Měřitkem je efektivní rychlost větru a koeficient výkonové nerovnoměrnosti větru. Náhradní časový průběh veličiny používaný namísto klasického histogramu četností přispívá k názornějšímu zobrazování veličin v závislosti na čase. Vzájemné porovnatelnosti různých měření napomáhá i důsledné používání jednotného časového měřítka. Dosud uskutečněná a vyhodnocená měření naznačují, že skutečná energie větru v závislosti na jeho rychlosti bude poněkud nižší než odpovídá charakteristice teoreticky odvozené z meteorologických měření nerovnoměrnosti větru.

ZÁVĚR

Evropská větrná energetika se zatím příznivě rozvíjí převážně v přímořských oblastech vyspělých zemí, především v Dánsku. Tamní poznatky opírající se o zkušenosti s poměrně silnými a rovnoměrnými přímořskými větry nelze vždy přímo aplikovat na naše podmínky vyznačující se mnohem větší nerovnoměrností a nepravidelností větru. Proto je nutný vlastní výzkum, který vymezí míru souladu či naopak rozdílu mezi našimi (vnitrozemskými) a přímořskými podmínkami. Kromě toho není snadné a jednoduché srovnávat materiály vůbec získat. K dispozici jsou dlouholeté tuzemské meteorologické údaje, které však nebyly zpracovávány z energetického hlediska, což je pro typické příklady postupně nutno udelat dodatečně, anebo jsou uvedeny způsobem, který energetické zpracování vůbec neumožňuje (záleží na typu – vybavení meteorologické stanice). Zpracované podklady, ať už z převzatých či vlastních měření, poslouží k vypracování charakteristických ukazatelů pro vyhodnocení a porovnávání větrných oblastí i konkrétních lokalit a druhoplánově i k formulaci požadavků na konstrukční i jiné vlastnos-

ti větrných elektráren pro podmínky ČR, aby optimálně vyhovovaly v oblasti ekonomiky provozu, životnosti a spolehlivosti zařízení.

LITERATURA

FIALA, V.: Větrné elektrárny. Sbor. Obnovitelné zdroje energie, část 6. Praha, FCC Public 1994.

MISSLER, M.: Výstavba větrných farem. Větrná energie – časopis České společnosti pro větrnou energii. Praha, 1994 (1).

RYCHETNÍK, V.: Možnosti využití větrné energie v zemědělství. [Výzkumná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1987.

RYCHETNÍK, V. – SLÁDEK, I.: Větrná situace na území ČSR (sborník přednášek). Pardubice, MLVH ČSR a Dům techniky ČSVTS 1985.

ŠEFTĚR, J. I.: Využití energie větru. Praha, SNTL 1991.

ČSN 01 0250. Statistické metody v průmyslové praxi. 1973. Statistické metody v průmyslové praxi – všeobecné základy. Komentář k ČSN 01 0250. Praha, Vyd. ÚNM 1973.

Došlo 24. 5. 1995

Pro příspěvek byly využity výsledky grantového projektu Ověření a upřesnění metod, postupů a techniky pro měření a vyhodnocování charakteristických vlastností větru a provozu větrných elektráren, řešitel Ing. E. Pázral, CSc., VÚZT Praha, zadavatel GAČR.

Kontaktní adresa:

Ing. Emil Pázral, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6-Řepy, (P. O. Box 16, 163 00 Praha 618), Česká republika, fax: 0042/02/302 27 63

FODDER BEET IN CATTLE AND PIG FEEDING

During recent decades the valuation of fodder beet has been changed considerably. The areas under this crop decreased and on the other hand its yields increased more than by 30%. The decrease of areas was due to economical considerations of labour and operation issues. However several procedure and equipment developments – like elimination of singling, efficient crop protection and harvest technology – have succeeded to cut work time consumption to approximately 12% and so to render fodder beet cropping more attractive. Not satisfactory are following procedures: storage, treatment and feeding. Further prerequisites for successful fodder beet reintroduction in cattle and pig feeding rations consist primarily – besides of work time economies and work alleviation – in complying with animal nutrition requirements on fodder quality as related to treatment and storage. Further research into these problems will be required so as to accomplish full utilization of fodder beet benefits.

A comparison of various feedstuffs shows clearly the features of fodder beet (Tab. I). Striking are the high yields, high digestibility of organic matter (87%), and the relatively low raw protein contents of 82 g/kg dry matter (DM) (Laube et al., 1983; Sommer, 1989; Erdeljan, 1994).

As for energy, fodder beet is comparable to concentrates. A suitable proportion of fodder beet in the total ration can help to reduce the NH_3 emissions due to its relatively low raw protein contents. Purchases of concentrates can be reduced by supplying them in the form of fodder beet.

Treatment of fodder beets

Beet treatment involves root cleaning and disintegrating. There are still problems to comply with respective requirements when cleaning roots was used for cattle and pig feeding. Feeding experiments revealed the admissible limits for soil sticking on beets for feeding (Laube et al., 1983; Zausch, Nonn, 1987; Piatkowski, 1989; Nonn, Kluge, 1990). Following the results maximum soil proportion must not exceed 75 g DM soil per 1 kg dry matter of beet. Following data apply to maximum admissible soil input to the animal digestive tract:

- 100 g DM soil per 100 kg live weight for cattle
- 150 g DM soil per 100 kg live weight for pigs

Digestive disorders, susceptibility to illness and productivity decline will be the consequences of exceeding these limits.

Several experimentators undertook research into procedures of dry and wet root cleaning (Matiaske, Bruhn, 1983; Leverenz, 1985; Brinkmann, 1987a, b; Zausch, Nonn, 1987; Algenstaedt, Neuschulz, 1988, 1990; Kracht et al., 1988; Kramer, 1988; Neuschulz et al., 1988; Ditzes, 1990). Their results permit to imply the issue that a still admissible limit of 75 g DM soil/1 kg DM beet can be achieved with wet cleaning procedure, whereas the same is achievable with dry cleaning only if the soil is well sifting.

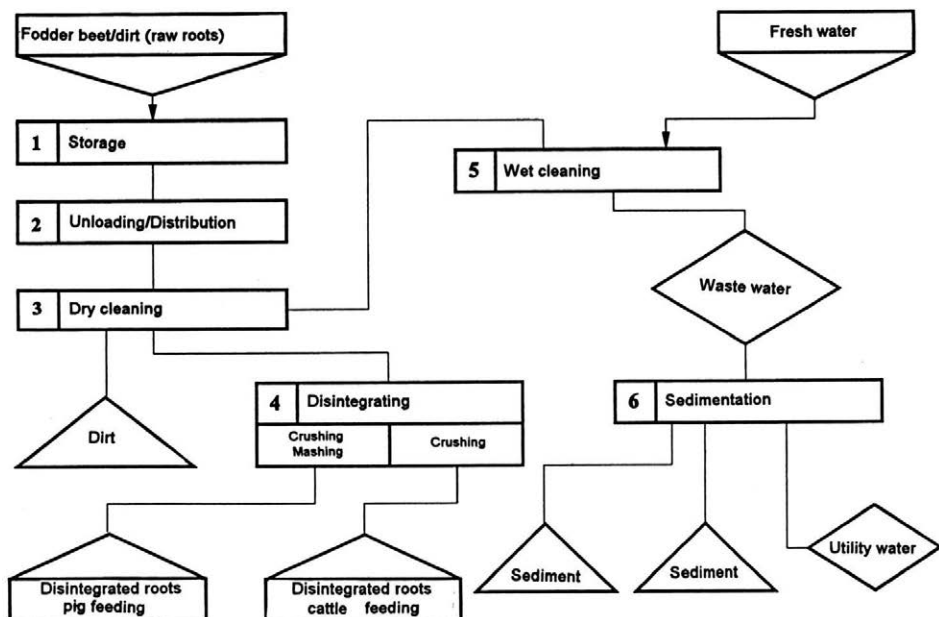
According to Gässler (1988) the average water consumption amounts to 0.8 m³/metricton of sugar

Ia. Fodder beet as compared to other feedstuffs (Sommer, 1989; Erdeljan, 1994) – Yields per hectare

1 ha area	Sugar beet	Fodder sugar beet	CCM	Winter wheat
Dry matter yield (100 kg)	139	131	72	61
Transformable energy (MJ ME)	181 000	172 000	107 000	96 000

Ib. Fodder beet as compared to other feedstuffs (Sommer, 1989; Erdeljan, 1994) – Feeding value

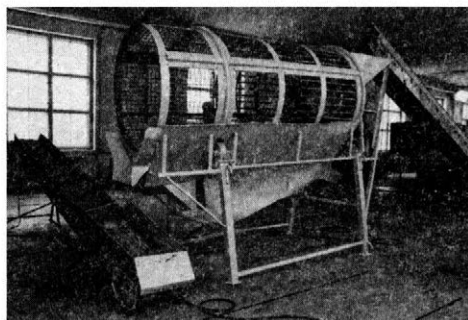
Feedstuff	Digest. of organic matter (%)	Dry matter (DM) (%)	Per 1 kg dry matter (DM)				Costs DEM/10 MJ NEL
			crude protein (g)	NEL MJ	milk production value as for		
					crude protein (kg)	energy (kg)	
Maize silage	70	27.5	88	6.3	1.0	2.0	0.40
Grass silage	65	35.0	155	5.4	1.8	1.7	0.42
Beet leaves silage	70	13.6	143	4.9	1.7	1.5	0.28
Fodder beet	87	14.6	82	7.6	1.0	2.4	0.47
Barley	84	87.0	119	8.3	1.4	2.6	0.53
Clamp stor. fodder beet (17.02.)	(82)	88.0	193	7.3	2.3	2.3	0.58



1. Flow chart of dry or wet cleaning of fodder beet roots

Root/soil adhesion	Cleaning stages	Cleaning equipment		
	1	Rod drum If $\eta_A < 0.5$ then transfer to 2nd stage		
	2	Mechanical equipment 1 Roll band 2 Spike or flail cylinder Parameter variants Design parameters - Cleaning cylinder variants Operation parameters - Band speed - Cylinder revolutions	Mechanical and hydraulical equipment 1 Cleaning cylinders 2 Spreader nozzles Parameters variants Design parameters - Pitch, winding dimension - Cylinder length - Number of nozzles Operation parameter - Cylinder revolutions - Working pressure	Hydraulical equipment (beet washer) Parameter variants Design parameters - Drum diameter - Rod spacing Operation parameters - Revolutions - Stay-in time = $f(\alpha)$
Decisive variables :		Soil separating efficiency η_A Power requirements Throughput		

2. Functional principles of dry or wet cleaning of fodder beet roots



3. The experimental equipment for the first cleaning stage

beets treated. Water consumption up to $2.0 \text{ m}^3/\text{metric-ton}$ was found with a soil proportion of 20%. During frosts wet cleaning has to be stopped. Fig. 1 shows the flow chart of dry or wet fodder beet cleaning.

Erdeljan (1994) evaluated working principles and elements effective in dry or wet cleaning procedures. He came to the result that further improved use of beets in cattle and pig feeding requires additional technological facilities for treatment and feeding of fodder beet consistent with the respective requirements. As fodder beet is currently offered fresh to animals primarily during October through March and there are only rare frostfree spaces available for beet storage, future research should be directed preferably towards dry cleaning methods.

Research design and first results

The dirt rate and the adhesion force between soil and beet root are dependent on the soil type and structure, beet type and variety, harvest, storage and climatic conditions.

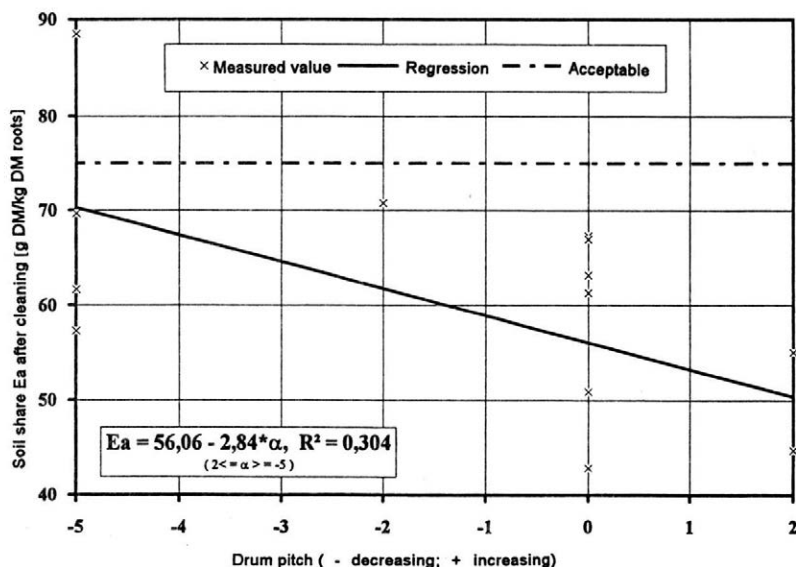
The prepared research work should create technological bases for mechanical, mechanic-hydronechanical and hydronechanical beet cleaning. The research design anticipates two cleaning stages (Fig. 2). They primarily respect different adhesion forces between soil and beet root. Major dependences between design and operation parameters are presented in the parameter variants (Fig. 2).

The cleaning equipment should fulfil following requirements:

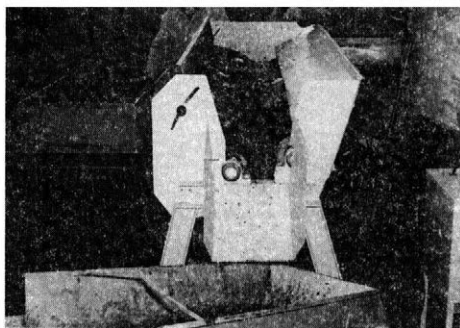
- high cleaning effect under various conditions,
- high function reliability even in unfavourable weather conditions and frost,
- approximate throughput of 4 metrictons/h in daily treatment of roots from stacks, and up to 30 metr.t/h in storage of crushed beets in tower silos for liquid preservation.

The requirements are to be fulfilled by modular systems for pre- and postcleaning based on various working principles to be developed and examined.

The experimental equipment for the first cleaning stage is designed as a horizontal rod drum (Fig. 3). The diagram shows the soil proportion left after cleaning against the drum angle setting. The respective curves permit to conclude that the remaining soil rate decreases with the increased drum angle setting and the



4. Soil remaining on roots after cleaning at different drum pitches

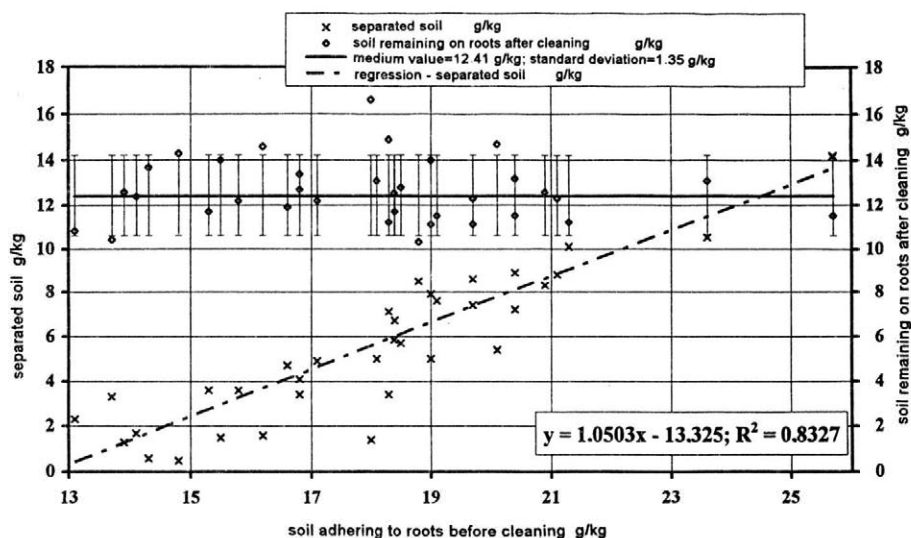


5. The experimental rotary brush model

soil/kg DM of beet. Under such conditions it is purposeful to optimize the cleaning machine according to the lowest energy consumption.

Summary

Fodder beet has been recognized as a high quality feedstuff produced on farm that is able to deliver energy to cattle and pigs. At the same time this feeding is also environmentally friendly. The state-of-art in root cleaning mechanization is presented and a design for further research derived with the objective to comply with the animal nutrition requirements on root cleaning. First research results are presented in the operation of rod drum and rotary brush equipment.



6. Separated soil and remaining soil on roots after cleaning against soil adhering to roots before cleaning (in original mass)

separation rate increases consequently (Fig. 4). The cleaning requirements will be achieved in the selected range of angle setting (less than 75 g DM soil per 1 kg of DM roots). The cleaning conditions were relatively favourable – medium moisture and low fine soil proportion.

An experimental rotary brush model has been developed and investigated to serve as mechanical cleaning equipment (Fig. 5). The experimental conditions were consistent with those of the rod drum.

In the range of selected parameters for the transport auger revolutions and peripheral speed of brush the adhering soil after cleaning lies – independently on the adhering soil previously to cleaning – in the range from about 10 to 14 g/kg beet as related to original substance (Fig. 6). This corresponds to 36.41 ± 15.67 g DM of

References

- ALGENSTAEDT, K. P. – NEUSCHULZ, A.: Aufbereitung von Futterrüben auf der Grundlage verfügbarer Maschinen. *Agrartechnik*, 38, 1988 (9): 389–393.
- BRINKMANN, W.: Verbesserung der Rübenreinigung in der Erntemaschine. *Die Zuckerrübe*, 36, 1987a (6): 24–27.
- BRINKMANN, W.: Untersuchungen zur Verbesserung der Erdatabscheidung mit Wendelwalzen in Zuckerrübenerntemaschinen. *Die Zuckerrübe*, 36, 1987b (6): 288–296.
- DITGES, K. O.: Untersuchungen zur Reduzierung des Erdanteils bei der Zuckerrübenenernte. [Dissertation.] Universität Bonn, Institut für Landtechnik, 1990.
- ERDELJAN, H.: Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Flüssigkonservierung von Beta-Rüben für Schweinemast.

[Dissertation.] Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik Tierproduktion, 1994.

GÄSSLER, H.: Einlagerung, Lagerung, Aufbereitung und Fütterung von Rüben und Möhren im VEG Milchproduktion Blankenfelde. *Agrartechnik*, 38, 1988 (9): 395–396.

KRACHT, W. – BOLDUAN, G. – MATZKE, W. – OHLE, H. O. – WEINRICH, O. – REDEKER, J.: Einflußfaktoren des Futterwertes der Rüben beim Einsatz in der Schweinemast. *Tierzucht*, 42, 1988 (2): 77–80.

KRAMER, S.: Verfahren und Rationalisierungsmittel für die Hackfruchtaufbereitung. *Agrartechnik*, 38, 1988 (9): 388–389.

LAUBE, W. – PIATKOWSKI, B. – BOLDUAN, G.: Stellungnahme über zulässige Erdanteile bei Futterrüben für Rinder und Schweine. *FZT Dummerstorf, Bereich Tierernährung*, 1983 (5).

LEVERENZ, K.: Rübenreinigungsgeräte – Erprobungsergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten. *Agrartechnik*, 35, 1985 (8): 357–359.

MATIASKE, W. – BRUHN, W.: Vergleichsprüfung von Hackfruchtzerkleinerern. *Agrartechnik*, 33, 1983: 298–301.

NEUSCHULZ, A.: Technologische Lösungen zur Aufbereitung von Futterrüben in der Rinder- und Schweinefütterung. [Forschungsbericht.] Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, FZM, BT Bornim, 1990.

NEUSCHULZ, A. – MATIASKE, W. – SCHNEIDER, K. H.: Ergebnisse der Prüfung von Rationalisierungslösungen zur Aufbereitung von Futterrüben. *Feldwirtschaft*, 29, 1988 (9): 415–419.

NONN, H. – KLUGE, H.: Hinweise und Empfehlungen zur Silierung von Beta-Rüben für Futterzwecke. *Tierzucht*, 44, 1990 (5): 210–213.

PIATKOWSKI, B.: Stellungnahme zum Gehalt an Schmutz, Rohasche bzw. Sand in Futterrüben. *FZT Dummerstorf, Bereich Tierernährung*, 1989 (12).

SOMMER, W.: Futterrüben für Milchkühe – ein Grundfutter mit höchster Leistungskraft. *Die Milch-Praxis*, 27, 1989 (1).

ZAUSCH, M. – NONN, H.: Hinweise und Empfehlungen zum Rübeninsatz in der Schweinefütterung. *Tierzucht*, 41, 1987 (8): 382–387.

Received on October 4, 1995

*Prof. Dr. G. Otto, Dr. K. Bendull, Dr. Ing. Eike Scherping
Institut für Agrartechnik, Bornim e. V. (ATB)*

Contact Address:

Prof. Dr. G. Otto, Institut für Agrartechnik, Bornim e. V. (ATB), Max-Eyth-Allee 1, D-14469 Potsdam-Bornim, Germany, Tel: 0331-3310, Fax: 0331-331599

INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION
Slezská 7, 120 56 Praha 2, Czech Republic
Fax: (00422) 25 70 90

In this institute scientific journals dealing with the problems of agriculture and related sciences are published on behalf of the Czech Academy of Agricultural Sciences. The periodicals are published in the Czech or Slovak languages with long summaries in English or in English language with summaries in Czech or Slovak.

Subscription to these journals should be sent to the above-mentioned address.

Periodical	Number of issues per year
Rostlinná výroba (Plant Production)	12
Živočišná výroba (Animal Production)	12
Veterinární medicína (Veterinary Medicine – Czech)	12
Zemědělská ekonomika (Agricultural Economics)	12
Lesnictví – Forestry	12
Zemědělská technika (Agricultural Engineering)	4
Ochrana rostlin (Plant Protection)	4
Genetika a šlechtění (Genetics and Plant Breeding)	4
Zahradnictví (Horticultural Science)	4
Potravinářské vědy (Food Sciences)	6

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

45 let Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze-Řepích

Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze - Řepích prošel od svého založení v roce 1951 různými reorganizacemi, které však nic nezměnily na jeho základním poslání, tj. přispívat ke zvyšování technické úrovně zemědělské výroby, k zavádění progresivních technologií v rostlinné i živočišné výrobě, k rozvoji služeb, různých řídicích struktur a informačních zdrojů pro zemědělskou veřejnost i správní orgány.

Časově lze rozlišit několik vývojových etap činnosti ústavu. Od roku 1951 do roku 1956 byl kladen důraz na testování strojů, konstrukcí a zavádění do výroby relativně jednoduchých mechanizačních prostředků zvyšujících produktivitu lidské práce. Po zřízení specializovaných pracovišť Státní zkušebny zemědělských a potravinářských strojů a Výzkumného ústavu zemědělských strojů dostává činnost VÚZT od roku 1956 výzkumný charakter. Tato změna je doprovázena intenzivnějším rozvojem teoretických základů vědního oboru a postupným vznikem nových vědních disciplín mezioborového charakteru, např. agrofyziky, agrokybernetiky, později i agroekologie.

Oproti specializovaným výzkumným ústavům disponoval VÚZT vždy pracovním potenciálem schopným komplexně zkoumat systémy hospodaření a řešit s tím spojené problémy technické, technologické, ekologické, energetické, ergonomické, ekonomické a organizační. Od roku 1972 do roku 1990 je velmi intenzivně rozvíjena a využívána mezinárodní spolupráce s obdobnými institucemi v zahraničí. Po roce 1990 došlo k výrazným změnám v organizační struktuře ústavu, v zaměření činnosti výrazně na technologické problémy nově vznikajících výrobních subjektů a servisní práce pro správní orgány.

V současné době byla pracovní kapacita ústavu výrazně redukována – o více než 50 %. Po rozpadu čs. „federace“ je od roku 1993 VÚZT příspěvkovou organizací podřízenou Ministerstvu zemědělství České republiky. V roce 1995 navrhlo toto ministerstvo VÚZT současně s třemi dalšími výzkumnými ústavy do privatizace.

Podle inovované zřizovací listiny je hlavním předmětem činnosti VÚZT:

1. výzkum technologických systémů pro výrobu zemědělských produktů se zaměřením na problémy technologické, technické, stavební, energetické, ekologické, ekonomické a organizační;
2. transfer vědeckých poznatků a technologií do výrobní sféry zemědělství;
3. expertní a koncepční činnost v oblasti zemědělských technologií, techniky a výstavby a v oblasti tech-

nických a technologických patentů pro zřizovatele a další orgány státní správy;

4. tvorba a údržba databáze podkladů pro navrhování a hodnocení technologických systémů pro zemědělství;

5. konzultační a poradenské služby resortu zemědělství v oblasti technologické, technické a stavební;

6. výchova odborných a vědeckých pracovníků;

7. příprava a posuzování legislativních norem v oboru, především z hlediska kompatibility s normami EU;

8. mezinárodní spolupráce v oblasti technologického a technického rozvoje zemědělství a zvyšování technické úrovně staveb.

Kromě toho může VÚZT vyvíjet hospodářskou činnost ve prospěch jiných subjektů v oblasti:

1. ověřování techniky pro zemědělství,
2. zpracování projektových podkladů,
3. hodnocení zemědělských technologických systémů,
4. výroba a opravy zemědělských strojů,
5. vydávání informačních a vzdělávacích neperiodických publikací a pořadů.

Jednotlivé výzkumné úkoly MZe ČR, MŽP, MOP, projekty GA ČR a další zakázky v roce 1995 dílčím způsobem naplňovaly dlouhodobý odborný program ústavu zaměřený na:

- strategii technického rozvoje českého zemědělství,
- dlouhodobě udržitelné způsoby hospodaření,
- omezování negativních vlivů zemědělské techniky a technologií na pracovní a životní prostředí,
- využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství a na venkově,
- výzkum vlastností zemědělských materiálů nezbytných pro navrhování technologií a konstrukcí zemědělských strojů.

Některé příklady konkrétních výsledků práce pracovníků ústavu jsou prezentovány v ročence. Těm, kteří se o ně nezištně zasloužili, patří dík stejně jako externím spolupracovníkům ústavu ze zemědělských univerzit v Praze, Brně i Českých Budějovicích, z MZe ČR, ČZV, ostatních resortních výzkumných ústavů a dalších institucí, Agrární komory ČR, Svazu výrobců zemědělské techniky, v neposlední řadě z mnoha zemědělských podniků a regionálních institucí.

Přes obtížnou situaci, ve které se VÚZT nachází s ohledem na průběh přípravy privatizačního procesu s nedořešeným problémem restituce církevního majetku, věříme, že mnoho dalších let bude VÚZT plnit své základní poslání.

Ing. Zdeněk Pastorek, CSc., ředitel VÚZT

45 years of Research Institute of Agricultural Engineering – VÚZT Praha

Research Institute of Agricultural Engineering passed since its establishment in 1951 through various re-organizations, nevertheless they did not change its basic purpose, i.e. to contribute to increasing of technical level of agricultural production, to introduce progressive technologies of both plant and livestock production, services, various management structures and information resources development for farmers and administrative organs, as well.

There exists certain periods of development of the Institute activity. Since 1951 to 1956 the emphasis was put on the machines testing, relative simple mechanization construction and their inserting into production, arising productivity of labour. After establishment of specialized plants of the State Testing Station of Agricultural and Food Mechanization and Research Institute of Agricultural Machines the VUŽT activity changed into research facilities. This change was accompanied by more intensive development of theoretical principles of the scientific branches and consequents by formulating of new scientific disciplines of inter-sphere character, e.g. agro-physics, agro-cybernetics, later even agro-ecology. In contrast to the specialized research institutes the VUŽT disposed always by labour potential able to search in complex the management and finance performance and to solve the problems associated (technical, technological, ecological, energetical, ergonomical, economical and organization). Within that period the international cooperation with similar abroad institutions was developed. After 1990 the considerable changes occurred in organization structure of the Institute, in focus into technological problems of new generated manufacturing subjects and services for administrative. Currently, considerable reduction of the labour capacity occurred by more than 50 %. After Czechoslovak Federation disintegration, the VUŽT is since 1993 a subsidized organization managed by the Ministry of Agriculture of the CR. It has been suggested in 1995 by this Ministry to privatize VUŽT together with other three research institutions.

According to new establishing instrument the main subjects of the VUŽT are:

1. Technological systems for agricultural products research aimed into technological, technical, constructional, energetical, ecological, economical and organization problems.
2. Transfer of scientific knowledge and technologies into manufacturing sphere of agriculture.
3. Expert and conceptional activity in the fields of agricultural technologies, mechanization and construction

as well as technical and technological patents for investors and other organs of the state administrative.

4. Generation and maintenance of data base for suggestion and appreciation of agricultural technological systems.
5. Consultations and advisory services of agriculture in technological, technical and constructional fields.
6. Scientific workers and experts education.
7. Preparation and appreciation of legislative standards in the agriculture, particularly from the point of view of their compatibility with EU standards.
8. International cooperation in sphere of technological and technical development of agriculture and increasing of the constructions level.

Aside from these main subjects the VUŽT may be active as well in the fields:

1. Agricultural mechanization testing
2. Projects processing
3. Agricultural technological systems evaluation
4. Production and repairs agricultural mechanization
5. Information and evaluating non-periodical publications issue.

Individual research projects of the Ministry of Agriculture, Ministry of Environment, Trade and Industry Ministry, Grant Agency projects and other were included in 1995 partially into long-term professional programme of the Institute, aimed into:

- Strategy of technical development of the Czech agriculture,
- Long-term sustainable ways of management,
- Negative effects reduction, i. e. agricultural, mechanization and technologies impact into environment,
- Renewable energy sources in agriculture and in the country utilization,
- Agriculture materials properties research, important for technologies and machines construction proposing.

Some examples of concrete results of the institute are presented in the text of annual report. Our acknowledgment belongs to the workers of the Institute they have merit in these results as well as external co-workers of the agricultural university in Prague, Brno and České Budějovice, Ministry of Agriculture of the Czech Republic, other agricultural research institutes, Agrar Chamber of the Czech Republic, Agricultural mechanization producers union, many agricultural enterprises and regional institutions.

In spite of the difficult situation of the VUŽT with regard to the privatization process preparation and some problems of the church property restitution, we believe the VUŽT will perform its principal mission in future.

Zdeněk Pastorek, Director

POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce, krátká sdělení a výběrově i přehledné referáty, tzn. práce, jejichž podkladem je studium literatury a které shrnují nejnovější poznatky v dané oblasti. Práce jsou uveřejňovány v češtině, slovenštině nebo angličtině. Rukopisy musí být doplněny krátkým a rozšířeným souhrnem (včetně klíčových slov).

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být přiloženo prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu a kvalitě práce.

Rozsah vědeckých prací nemá přesáhnout 15 stran psaných na stroji včetně tabulek, obrázků a grafů. V práci je nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI (ČSN 01 1300).

Vlastní úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, mezi řádky dvojitě mezery), k rukopisu je vhodné přiložit disketu s prací pořízenou na PC v některém textovém editoru, nejlépe v T602, a s grafickou dokumentací. Tabulky, grafy a fotografie se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na všechny přílohy musí být odkazy v textu.

Pokud autor používá v práci zkratky jakéhokoliv druhu, je nutné, aby byly alespoň jednou vysvětleny (vypsány), aby se předešlo omylům. V názvu práce a v souhrnu je vhodné zkratky nepoužívat.

Název práce (titul) nemá přesáhnout 85 úhozů. Jsou vyloučeny podtitulky článků.

Krátký souhrn (Abstrakt) je informačním výběrem obsahu a závěru článku, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, a má obsahovat základní číselné údaje včetně statistických hodnot. Musí obsahovat klíčová slova. Nemá překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl napsán celými větami, nikoliv heslovitě. Je uveřejňován a měl by být dodán ve stejném jazyce jako vědecká práce.

Rozšířený souhrn (Abstrakt) je uveřejňován v angličtině, měly by v něm být v rozsahu cca 1–2 strojopisných stran komentovány výsledky práce a uvedeny odkazy na tabulky a obrázky, popř. na nejdůležitější literární citace. Je vhodné jej (včetně názvu práce a klíčových slov) dodat v angličtině, popř. v češtině či slovenštině jako podklad pro překlad do angličtiny.

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce realizována a velmi stručnou formou má být popsán stav studované otázky.

Literární přehled má být krátký, je třeba uvádět pouze citace mající úzký vztah k problému.

Metoda se popisuje pouze tehdy, je-li původní, jinak postačuje citovat autora metody a uvádět jen případné odchylky. Ve stejné kapitole se popisuje také pokusný materiál.

Výsledky – při jejich popisu se k vyjádření kvantitativních hodnot dává přednost grafům před tabulkami. V tabulkách je třeba shrnout statistické hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse obsahuje zhodnocení práce, diskutuje se o možných nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, jejichž práce mají k publikované práci bližší vztah). Je přípustné spojení v jednu kapitolu spolu s výsledky.

Literatura musí odpovídat státní normě ČSN 01 0197. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora. Odkazy na literaturu v textu uvádějí jméno autora a rok vydání. Do seznamu se zařadí jen práce citované v textu. Na práce v seznamu literatury musí být odkaz v textu.

Na zvláštním listě uvádí autor plné jméno (i spoluautorů), akademické, vědecké a pedagogické tituly a podrobnou adresu pracoviště s PSČ, číslo telefonu a faxu, popř. e-mail.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Original scientific papers, short communications, and selectively reviews, that means papers based on the study of technical literature and reviewing recent knowledge in the given field, are published in this journal. Published papers are in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain a short and a longer summary (including the key words).

The author is fully responsible for the originality of his paper, for its subject and formal correctness. The author shall make a written declaration that his paper has not been published in any other information source.

The board of editors of this journal will decide on paper publication, with respect to expert opinions, scientific importance, contribution and quality of the paper.

The paper extent shall not exceed 15 typescript pages, including tables, figures and graphs.

Manuscript layout shall correspond to the State Standard ČSN 88 0220 (quarto, 30 lines per page, 60 strokes per line, double-spaced typescript). A PC diskette should be provided with the paper, written in an editor program, preferably T602, and with graphical documentation. Tables, figures and photos shall be enclosed separately. The text must contain references to all these annexes.

The title of the paper shall not exceed 85 strokes. Subtitles of the papers are not allowed either.

Abstract is an information selection of the contents and conclusions of the paper, it is not a mere description of the paper. It must present all substantial information contained in the paper. It shall not exceed 170 words. It shall be written in full sentences, not in form of keywords, and comprise base numerical data including statistical data. It must contain key words. It should be submitted in English and if possible also in Czech or Slovak.

Introduction has to present the main reasons why the study was conducted, and the circumstances of the studied problems should be described in a very brief form.

Review of literature should be a short section, containing only literary citations with close relation to the treated problem.

Only original method shall be described, in other cases it is sufficient enough to cite the author of the used method and to mention modifications of this method. This section shall also contain a description of experimental material.

In the section **Results** figures and graphs should be used rather than tables for presentation of quantitative values. A statistical analysis of recorded values should be summarized in tables. This section should not contain either theoretical conclusions or deductions, but only factual data should be presented here.

Discussion contains an evaluation of the study, potential shortcomings are discussed, and the results of the study are confronted with previously published results (only those authors whose studies are in closer relation with the published paper should be cited). The sections Results and Discussion may be presented as one section only.

The citations are arranged alphabetically according to the surname of the first author. References in the text to these citations comprise the author's name and year of publication. Only the papers cited in the text of the study shall be included in the list of references. All citations shall be referred to in the text of the paper.

If any abbreviation is used in the paper, it is necessary to mention its full form at least once to avoid misunderstanding. The abbreviations should not be used in the title of the paper nor in the summary.

The author shall give his full name (and the names of other collaborators), academic, scientific and pedagogic titles, full address of his workplace and postal code, telefon and fax number or e-mail.

OBSAH – CONTENT

Kubík L., Brozman D.: Fraktální analýza půdy – Fractal soil analysis	41
Svatoš J., Šabatka J.: Měrná spotřeba energie traktoru v agregaci s kombinovaným secím strojem – Specific consumption of tractor power in aggregate with composite sowing machine	45
Kochan J.: Stanovení ekonomicky zdůvodněné potřeby sklízecích mlátiček v podniku – Determination of economically justified needs of harvester thresher at an enterprise	53
Pázral E.: Dlouhodobá měření charakteristických vlastností větru – Long-term measurements of wind characteristics	65

AKTUALITY – ACTUALITIES

Otto G., Bendull K., Scherping E.: Krmná řepa ve výživě skotu a prasat – Fodder beet in cattle and pig feeding	73
--	----

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA – SCIENTIFIC LIFE

Pastorek Z.: 45 let Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze-Řepích – 45 years of Research Institute of Agriculture Engineering – VÚZT Praha	79
---	----