

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA

1127494

PREHĽAD METÓD A PRÍSTROJOV NA MERANIE
UTLÁČANIA PÔDY

2010

Štefan Kuchtiak

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE**

TECHNICKÁ FAKULTA

**PREHĽAD METÓD A PRÍSTROJOV NA MERANIE
UTLÁČANIA PÔDY**

Bakalárska práca

Študijný program:	Prevádzka dopravných a manipulačných strojov
Študijný odbor:	5.3.2 Dopravné stroje a zariadenia
Školiace pracovisko:	Katedra dopravy a manipulácie
Školiteľ:	Ing. František Varga

Nitra 2010

Štefan Kuchtiak

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Štefan Kuchtiak vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Prehľad metód a prístrojov na meranie utlačania pôdy“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. marca 2010

Štefan Kuchtiak

Pod'akovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi, Františkovi Vargovi, za cenné rady a podnety, ktoré mi poskytoval počas tvorby tejto práce.

Abstrakt

Utláčanie pôdy je veľmi dôležitým a významným činiteľom ovplyvňujúcim objemové zmeny pôdy. Dochádza k nim pri pôsobení tlaku mechanizačných a dopravných prostriedkov, ktoré sa používajú v poľnohospodárstve. Utláčanie je veľmi nebezpečné pre pôdu. Preto sa hľadajú rôzne spôsoby na zníženie utláčania pôdy. Existujú rôzne metódy a rôzne prístroje na meranie utláčania pôdy. Každý z nich má určité výhody a určite aj nevýhody. Správny výber niekedy podnecuje k tomu, že čo konkrétne a ako chceme merať.

Dôležitým aspektom čo sa týka utláčania pôdy sú metódy a prístroje na meranie tohto dôležitého činiteľa. Ako som spomenul na začiatku každá metóda a prístroj má svoje výhody a nevýhody. Preto je veľmi dôležité mať prehľad o týchto metódach a prístrojoch.

Cieľom mojej práce je vypracovať prehľadovú štúdiu metód a prístrojov na meranie utláčania pôdy. Existujú rôzne druhy prostriedkov na meranie utláčania pôdy. Vypracovaním prehľadovej štúdie umožní porovnanie jednotlivých metód a prístrojov. Porovnať si ich navzájom a následne vybrať.

Kľúčové slová: utláčanie pôdy, prehľad prístrojov na meranie utláčania pôdy, prehľad metód na meranie utláčania pôdy.

Abstrakt

The oppression of farmland is very important activity, which influence some dimensional changes of a foundation soil. It happens, when mechanization vehicles bear on it. That is very dangerous for the farmland and that's why we are looking other ways of oppression. It exists many methods and a lot of press machines. Each of them has it's own advantages and disadvantages. The right choice is the best way to predict some problems. The most important aspect of oppression of farmland are methods and measurement instruments, and it's essential to have a clear compendiur about this methods and needed the oppression of farmland. This general chart will be useful for comparison of some methods and some Instruments and finnaly to choose the right one.

Key words: foundation soil, list of methods for measuring foundation soil, list of machines for measuring foundation soil.

Obsah

ÚVOD.....	8
1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY DOMA A V ZAHRANIČÍ.....	9
1.1. História a vývoj.....	9
1.2. Rozdelenie.....	10
1.2.1. Mechanické penetrometre.....	12
1.2.2. Elektrické penetrometre.....	17
1.2.3. Dynamické penetrometre.....	21
1.2.4. Registračné penetrometre.....	24
1.2.5. Penetrometre navrhnuté na KMaS.....	25
1.3. Vývoj penetrometrie.....	37
2. Cieľ práce.....	39
3. Metodika práce a metódy skúmania.....	40
4. Záver.....	41
5. Zoznam použitej literatúry.....	42

Úvod

Slovenská republika má k dispozícii 2446 tisíc ha pôdy. Z tohto množstva je 1483 tisíc ha orná pôda. Na jedného obyvateľa pripadá 0,26 ha ornej pôdy.

Poľnohospodárska pôda potrebuje optimálne vlastnosti na pestovanie poľnohospodárskych plodín. Úlohou ornej pôdy je pre človeka zabezpečiť v čo najvyššej možnej miere výživu pre obyvateľstvo Slovenskej republiky za spoluúčasti pôdnych aj klimatických činiteľov.

Pôda je zložitý prírodný útvar. Neustále na pôdu pôsobia rôzne vonkajšie sily. Vďaka tomuto pôsobeniu dochádza k neustálym zmenám. Vonkajšie sily, ktoré pôsobia na pôdu vyplývajú z pôsobenia prírodných síl okolitého prostredia. Alebo na pôdu vplývajú činitele z pôsobenia mechanizačných síl aplikovaných na pôdu v priebehu výrobného procesu.

Ďalej z fyzikálneho hľadiska je pôda systém, čo sa skladá z troch fáz. Prvá fáza je pevná. Patria sem minerálne a organické látky. Ďalšia fáza je kvapalná, tú tvorí pôdna voda alebo pôdny roztok. Posledná fáza, z ktorej sa skladá je plynná fáza, ktorú tvorí pôdny vzduch. Tieto fázy navzájom na seba vzájomne pôsobia. Tieto fázy navzájom na seba vzájomne pôsobia. Voda, vzduch a energia neustále vstupujú a vystupujú z pôdy. Mení sa tým nielen objemový pomer medzi vodou a vzduchom v pôde navzájom, ale aj vo vzťahu k objemu pôdnej hmoty.

Utláčanie pôdy ovplyvňuje všetky aspekty využitia pôdy. Negatívne vplyvy utláčania pôdy nemusia byť škodlivé pre rastliny ale skôr pre samotnú pôdu. Môže nepriaznivo vplývať na úrodnosť pôdy. Vplyvom utláčania pôdy sa ďalej znižuje aj pórovitosť. Ďalej dochádza aj k tomu, že keď sú svahy s miernym sklonom zvyšuje to poškodenie vodnou eróziou, v čase výdatných dažďov. Zase keď sú rovinné polohy tak dochádza k ľahkému zamokreniu pôdy. Súčasne s tým sa odplavujú z pôdy rôzne živiny a humus a iné činitele, ktoré sú dôležité pre úrodnosť pôdy. Zhoršenie pórovitosti poukazuje na horšiu výmenu vzduchu medzi pôdou a atmosférou.

V procese utlačenia je možné rozlišovať dva typy tlakového poškodenia pôdy. Zvratné s ľahko navrátiiteľným prechodom do pôvodného stavu pred stlačením. Nezvratné, keď sa poškodený stav nezregeneruje do pôvodného stavu. Obidva typy sú ohraničené plastickými resp. elastickými vlastnosťami pôdy. Vlhká pôda je viac plastická ako

elastická, prevláda druhý typ utlačenia. Plásticky sa správajú len prachové a ílovité častice. Rozsah plasticity závisí od vlastností ílovitých častíc.

Neustále sa pracuje na tom ako zmierniť proces utlačania pôdy. Sú rôzne metódy a prístroje, ktoré nám to vedia presnejšie zhodnotiť. Ale musíme dbať aj nato, že aj tieto prostriedky sú cenovo nákladne. Ale na druhej strane musíme myslieť nato, že utlačanie pôdy je jeden z najdôležitejších faktorov pôdy na ktorý treba dávať pozor.

1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí

1.1 História a vývoj o využívaní penetrometrie a penetrometrov

Vlastnosti pôdy môžeme merať a posudzovať z rôznych hľadísk. Pričom presnosť a forma vyjadrenia vlastností je podmienená použitím metódy a pomocného prístroja. Metódy merania pôdných vlastností zatláčaním telesa do pôdy sa nazývajú penetračné metódy.

Sú určité faktory, ktoré ovplyvňujú odpor penetrácie. Tieto faktory sú vlhkosť obsahu, hustota pôdneho typu, penetračný odpor, pevnosť pôdy a priemer základne, vrcholový uhol a povrchová drsnosť kužela.

Pozorovanie mechanických vlastností sa rozvíjalo smerom najsť najefektívnejšie spôsoby postupu zhodnotenia vlastností pôdy. Podstata snaženia bolo najsť cestu jednoduchej a rýchlej metódy, ktorá by bola dostatočne presná a spoľahlivá a hlavne aj cenovo výhodná. Teoretické poznatky a skúsenosti viedli k tomu, že sa zistilo, ktorý typ a aký tvar by mal mať prístroj na meranie utlačenia pôdy. Vyšlo z toho, že ten typ je kuželový. Kuželové penetrometre sú najpoužívanejšími prístrojmi na meranie mechanických vlastností pôdy. Pretože majú ľahkú, rýchlu a ekonomickú obsluhu.

Síce nie sú veľmi uložené záznamy o použití penetrometrov, ale existujú poznatky o použití už pred rokom 1846. Tak napríklad penetrometer ihlového typu, ktorý sa používal tak, že mal priemer 1 mm a hmotnosť 1 kg. Bolo to použité na odhadnutie súdržností viacerých typov ílu rozličnej konzistencie. Ďalej v období 30 – tých rokoch 20. st. bol vyvinutý vreckový kuželový penetrometer.

Čím viac sa problematika penetrometrie rozširovala tým viac sa vyrábali mechanicky i ručne, poháňané penetrometre.

1.2 Rozdelenie metód a prístrojov penetrometrie

Keď uvažujeme o technických parametroch prístrojov môžeme posúdiť, že existujú tri smery vývoja penetračných prístrojov.

- ručné prístroje
- prenosné
- nesené

Penetrometre môžeme charakterizovať predovšetkým z hľadiska použitia, princípov metódy merania, tvaru hrotu a záznamu nameraných hodnôt – Tab.1.(Bajla, 1998)

Tab. 1
Charakteristika penetrometra

PENETROMETRE			
Použitie	Princípy	Tvar hrotu	Záznam hodnôt
poľnohospodárstvo stavebníctvo lesníctvo životné prostredie poľnohosp. technika výskum vývoj skúšobníctvo	statický kvázistatický dynamický inerčný	plochý gul'ový kuželový ihlový	ručný mechanický elektrický

Z prehľadu je vidieť, že teoreticky aj empiricky je najlepšie uplatniteľný kuželový penetrometer, pričom najpoužívanejšou metódou je kvázistatická metóda. Pre tento typ penetrometrov je uskutočnená ďalšia špecifikácia typov podľa tab. 2 (Bajla, 1998)

Tab. 2
Kužel'ové penetrometre

PENETROMETRE			
kužel'ové			
kvázistatické			
mechanické		elektrické	
laboratórne	poľné	laboratórne	poľné
indikátorové hydraulické pneumatické pružinové	indikátorové hydraulické pružinové	ručné stojanové špeciálne	ručné prenosné nesené špeciálne

Penetračné merania sa s rozvojom metód merania, ale predovšetkým prostriedkov merania - vývojom prístrojov a zariadení, uplatnili v rôznych technických riešeniach a využitím rôznych konštrukčných prvkov podľa tab. .3 (Bajla, 1998)

Tab. 3
Rozdelenie penetračných meraní

Penetračné merania				
Spôsob merania		Spôsob záznamu		
sily odporu	hĺbky sondy	vizuálne	mechanicky	elektricky
tenzometricky indukčné tlakové piezoelektricky optoelektronický	mechanicky — retiazka — tyč — lanko elektricky — potenciometricky — indukčné — el, impulzmi — optoelektronický	— odčítanie z odchyľkomeru — odčítanie z prístroja	— na otáčavý bubon — na otáčavý kotúč — na posuvnú dosku	analogový — mgf. páska — mer.magnetofón — X-Y zapisovač digitálny — exter. pamäť — záznamník — mer.magnetofón — data logger — notebook

Tab. 4**Základná klasifikácia typov kuželových penetrometrov podľa****J.H. Schmertmanna 1978 (Suriak, 1993)**

Typ penetrometra	Vrchol dosiah. metódou	Rýchlosť	Poznámka
STATICKÝ	s prírastkovým konštantným zaťažením	0	extrémne pomalý
KVAZISTATICKÝ	hydraulický alebo mechanický	$1 \pm \text{ cm/s}$ 10 cm^2	Základňa kužela 10 cm^2 , uhol vrcholu 60°
DYNAMICKÝ	ráz padajúceho závažia	rôzna	rôzna veľkosť kužela, závaží, atď.
KVAZISTATICKÝ A DYNAMICKÝ	kombinácia kvazistatického a dynamického		použitie špec. hrotovej, použitia dynamického keď Q-S nemôže vzniknúť
SKRUTKOVÝ	rotácia zaťaženého skrut. kužela	rôzna	
INERČNÝ	klesajúci alebo zavrtaný do pôdy	rôzna	vhodný pre neprístupné prostredie

Ako bolo spomenuté odpor penetrácie ovplyvňuje mnoho faktorov vlhkosť obsah, hustota pôdneho typu, penetračný odpor, pevnosť pôdy a priemer základne, vrcholový uhol a povrchová drsnosť kužela. Preto americká asociácia poľnohospodárskych inžinierov v roku 1983 prijatá norma pod označením ASAE S 313.1.

Odvtedy samozrejme prešli penetrometre rôznymi konštrukčnými úpravami.

1.2.1 Mechanické penetrometre

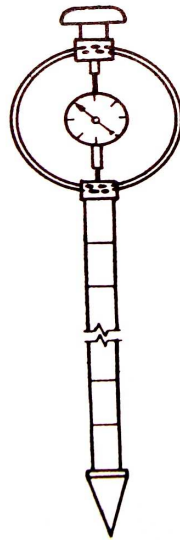
Americká asociácia vyvinula penetrometer podľa normy ASAE. Základom pre definovanie normalizovaných parametrov penetrometra sa stal kuželový penetrometer, vyvinutý vo WES s rozmermi:

- uhol vrchola kužela 30° ,
- plocha základne $1,61 \text{ cm}^2$ ($0,5 \text{ in}^2$),
- dĺžka tyče $91,4 \text{ cm}$ (36 in),
- priemer tyče $0,95 \text{ cm}$ ($0,38 \text{ in}$).

Merný prstenec bol opatrený číselným indikátorom a upevnený k držiaku s rukoväťami v hornej časti, v spodnej časti bola umiestnená merná tyč ukončená kužeľom.

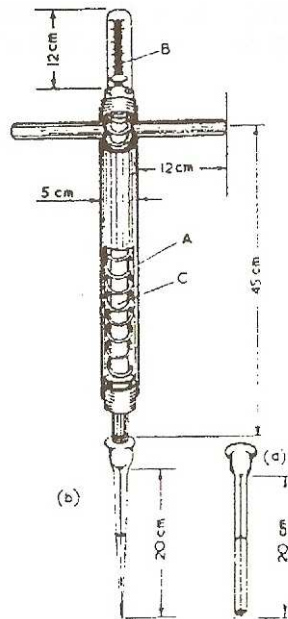
V celom svete boli boli na základe tejto normy navrhnuté rôzne druhy penetrometrov. Je to staticky ručne ovládaný penetrometer ukončený kužeľom, ktorý dosiahol hĺbku 15 cm, obr. 1.

Odvtedy samozrejme prešli penetrometre rôznymi konštrukčnými úpravami. (Bajla, 1998)



Obr. 1 Penetrometer podľa ASAE

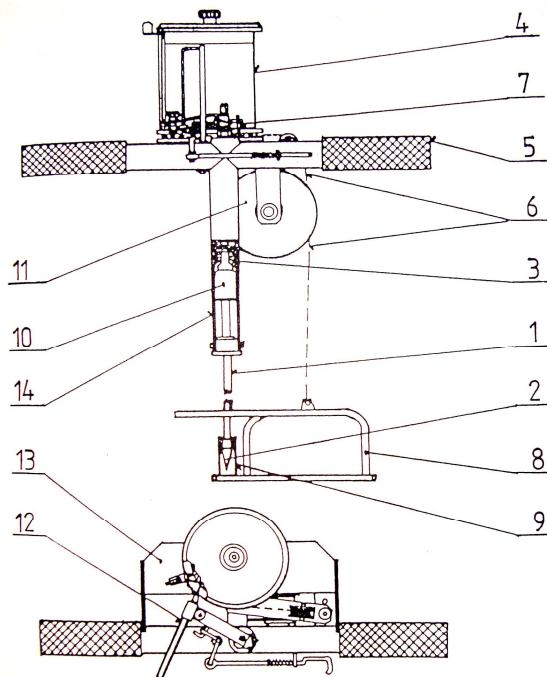
Ďalším z kategórie mechanických prístrojov je jednoduchý pôdny penetrometer navrhnutý Gabriilidesom a Alexiadisom (1973) — obr. 2, ktorý mal skúšobnú tyč s vymeniteľnými koncovkami dĺžky 20 cm, pričom prierez bol 1 cm^2 . Jedna koncovka bola ihlanovitá pre ťažké pôdy, druhá s tupým hrotom pre ľahké pôdy. Ako deformačný člen merania sily bola použitá pružina. Hodnota odporu pôdy sa odčítala na stupnici v hornej časti v kg. (Bajla, 1998)



Obr. 2 Gabrilidesom a Alexiadisom penetrometer

Legenda: A—puzdro penetrometra, B—ukazovateľsily odporu, C—nosná tyč penetrometra s hrotom, a — ihlanový hrot, b — tupý hrot

Základnou pracovnou časťou ručného registračného penetrometra, obr. 3, je sondovacia tyč ukončená meracím kužeľom. Je použitý merací kužeľ o priemere základne 19,28 mm, čo dáva obsah 100 mm². Zápis na registračnej páske je ciachovaný na tento údaj. Nosnou časťou ručného penetrometra je rúrkové puzdro, ktoré má v hornej časti držadlá, ktorými obsluha zatláča penetrometer do pôdy. Vo vnútri puzdra je meracie zariadenie - piestik, opierajúci sa o valcovú pružinu. Do piestika je zaskrutkovaná sondovacia tyč, ktorá má v spodnej časti merací kužeľ. Pri zatlačaní meracieho kužeľa do pôdy tlačí sondovacia tyč na piestik. Stlačenie pružiny je merítkom potrebnej sily na zatlačenie meracieho kužeľa. Pohyb piestika je prenesený iahlom idúcim vo vnútri puzdra na zvislý pohyb písatka, ktorý je zapisovaný na registračný pásik. (Suriak, 1993)

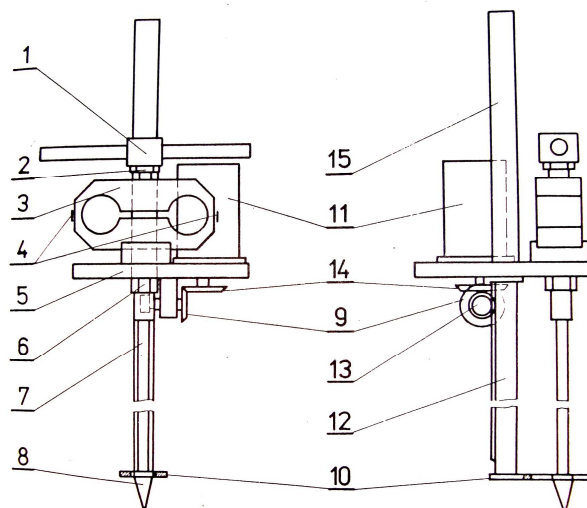


Obr. 3 Ručný registračný penetrometer.

- 1 - merná sondovacia tyč, 2 - merný kužeľ, 3 - valcová pružina, 4 - registračný bubon,**
5 - držadlo, 6 - lanko, 7 - pružina, 8 - nožná opora, 9 - cnránidlo, 10 - piestik, 11 - kladky, 12 - písadlo, 13 - nosná doska, 14 - rúrkové puzdro.

Bajlov penetrometer je prístroj, ktorý taktiež meria odpor penetrácie elektrickou cestou, pozostáva z dynamometra s tenzometrami, ktorý má v hornej časti pripojené rukoväť (obr. 4). K spodnej časti dynamometra je pripevnená doska a meracia tyč ukončená vymeniteľným kužeľom. Na doske je upevnený otočný potenciometer, zaberajúci cez ozubené koleso s ozubeným hrebeňom posuvnej tyče ukončenej pätkou.

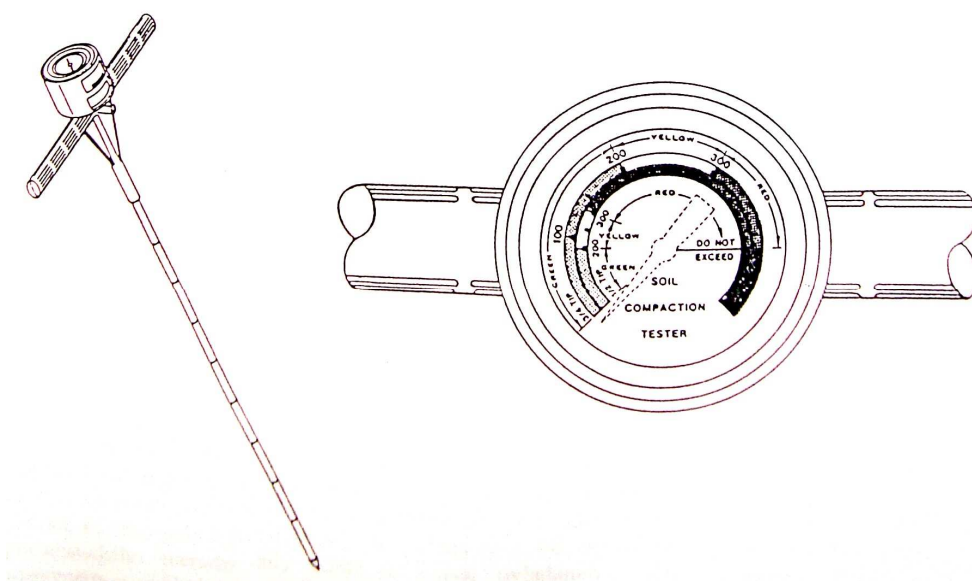
Uvedené usporiadanie umožňuje získať elektrické signály meraných veličín a zaznamenať ich na záznamovom zariadení. Zariadenie na meranie odporu penetrácie je prenosné a umožňuje s prídavnými elektrickými časťami, zdrojom a zapisovačom, meranie a záznam odporu penetrácie v závislosti na hĺbke zatlačenia kužeľa v rôznych tvárnych hmotách. (Suriak, 1993)



Obr. 4 BAJLOV PENETROMETER .

1 - rukoväť, 2 - matica, 3 - dynamometer, 4 - tenzometer, 5 - doska, 6 - matica, 7 - meracia tyč, 8 - vymeniteľný kužeľ, 9, 13, 14 - ozubené kolesá, 10 - päťka, 11 - otočný potenciometer, 12 - posuvná tyč, 15 - kryt.

Pristroj, sériovo vyrábaný, je tzv. tester utlačenia pôdy DICKY-John Corp. Podľa prospektových údajov sa jedná o penetrometer s hydraulickým tlakovým meraním sily, pričom na manometri prístroja sú prekalibrované 3 rozsahy utlačenia pôdy pre 2 rozdielne hroty s priermi 1/2" a 3/4" (12,7 a 19,05 mm). Výrobca ho určil na použitie pred spracovaním pôdy, pričom má určiť hĺbku utlačenej vrstvy a stupeň utlačenia. Rozsah merania je do 4 MPa (prepočítané) - obr. 5(Bajla, 1997)



Obr. 5 Tester utlačenia pôdy DICKY – John Corp

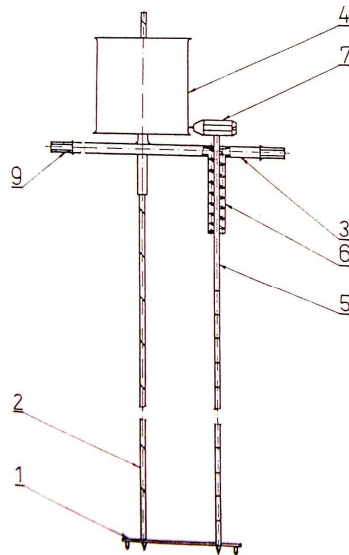
1.2.2 Elektrické penetrometre

Ľudstvo sa neustále snažilo zdokonalovať vo všetkých smeroch. Jeden zo smerov bol aj v oblasti penetrometrie a prístrojov penetrometrie s ktorými súvisia aj metódy. Ďalšiou etapou boli elektrické penetrometre s využitím senzorov na báze elektrických meraní.

Ďalšia etapa vývoja penetrometrov nastáva rozvojom moderných experimentálnych metód, využitím senzorov na báze elektrických meraní. Ďalej sa tu uplatnilo postupne aj použitie počítačovej techniky. Samozrejme ostatné parametre jednotlivých penetrometrov spĺňali normu ASAE.

Carter (1967) ako jeden z prvých využil tenzometre na snímanie síl odporu pôdy, pričom na meranie hĺbky sondy použil ozubenú tyč. Cez prevody bolo poháňané tachodynamo, ktorého energia bola cez elektrické obvody integrovaná so signálom sily a na ampérmetri, ktorý bol prekalibrovaný na meranie sily odporu, bolo možné odčítať priemernú hodnotu pevnosti pôdy s rozsahom do 1000 psí (6,89 MPa). Použitý bol kužel s priemerom základne 12,8 mm, vrcholovým uhlom 30". Celková hmotnosť prístroja bola len 3,31 kg.(Bajla, 1997)

Jedným z prvých prístrojov tohoto typu bol Gätkeho registračný penetrometer, obr - 6, ktorý používal kužeľový hrot s plochou základne 1 cm² a vrcholovým uhlom 30°. Záznam sa uskutočňoval na papieri navinutom na valci prístroja, ktorého pohyb bol odvodený od štvorhrannej opornej tyče, so skrutkovicove pretočeným prierezom, po ktorej sa posúvala vodiaca objímka spojená s valcom. Pomocou deformácie pružiny sa meraná sila cez držiak s ceruzkou zaznamenávala na papier.(Bajla, 1998)

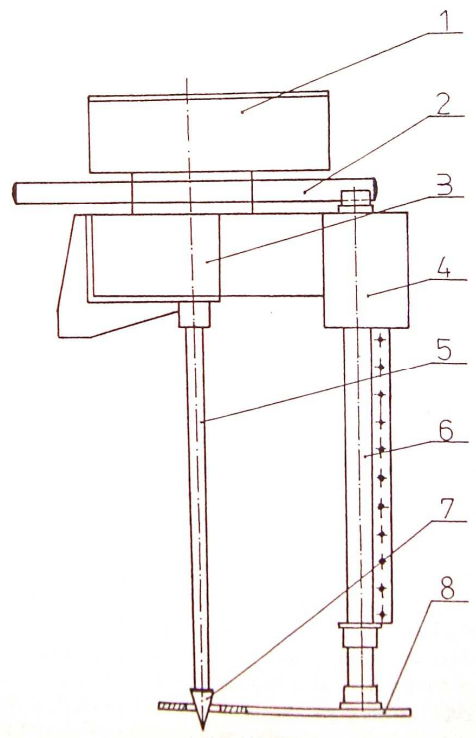


obr. 6 Gätkeho registračný penetrometer

1 — oporná doska, 2—hnacia tyč so skratkovitým prierezom, 3 — priečny držiak, 4—otočný valec, 5 — oenetračná tvč. 6 — silomerná Družina. 7 — držiak zaDisovadla, 9 — rukoväte

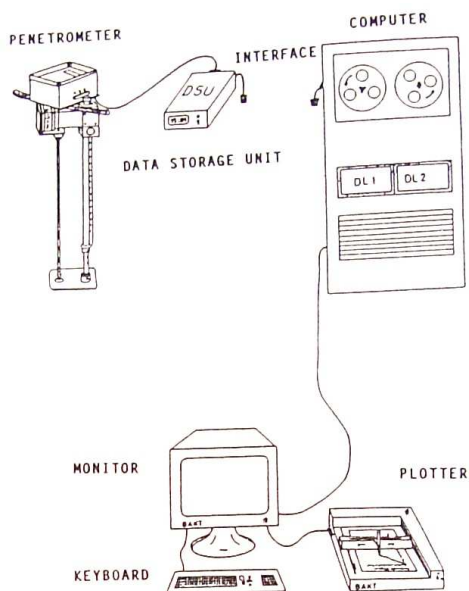
Medzi v súčasnosti najrozšírenejšie penetrometre patri Bushov záznamový penetrometer firmy Findlay, Irvine Ltd., ktorý vychádza taktiež z normy ASAE S 313.1. Pozostáva zo snímača sily (pomocou tenzometrického mostíka) a optoelektronického snímača hĺbky sondy s diskretným záznamom hodnoty sily pri 15 odčítaniach s voliteľnou hustotou od 1 do 3,5cm - obr.7. Meria odpor pôdy s rozsahom do 500 N a umožňuje záznam 50 meraní na prenosnom záznamníku. Hmotnosť penetrometra bola 6,8 kg. O'Sullivan a kolektív (1987) vylepšili tento penetrometer tak, že zvýšili jeho rozsah merania hĺbky od 150 mm do 520 mm s možnosťou nastavenia rozsahu merania od 10 mm do 35 mm. Na záznam nameraných diskretných hodnôt penetračného odporu použili záznamník s kapacitou záznamu 64 kB, resp. 500 meracích súborov. Záznamník Datamyte umožňuje pomocou klávesnice voľbu niekoľkých režimov práce. S penetrometrom je spojený pomocou krátkeho kábla - obr. 8.

V súčasnosti firma Findlay Irvine ponúka na trhu nový typ Bushovho pôdneho penetrometra SP 1000. Je to kompaktný penetrometer s pripevnenou elektrickou skrinkou, kde je umiestnený záznamník s jednoduchou voľbou funkcií a 16-miestnym displejom. Pamäť umožňuje zaznamenať 1000 meracích súborov po 15 údajov (každých 3,5 cm). Pomocou interfejsu RS 232 sa môže prepojiť s počítačom a údaje sa môžu spracovať v tabuľkovej a grafickej forme. Má hmotnosť 7,5 kg.(Bajla, 1997)



Obr.7 Bushov penetrometer

Legenda: 1 — blok elektroniky s displejom, 2 — rukoväte, 3 — teleso prístroja, 4 — vedenie tyče merania hĺbky, 5 — merná tyč, 6 — tyč merania hĺbky, 7 — merný kužel, 8 — oporná doska



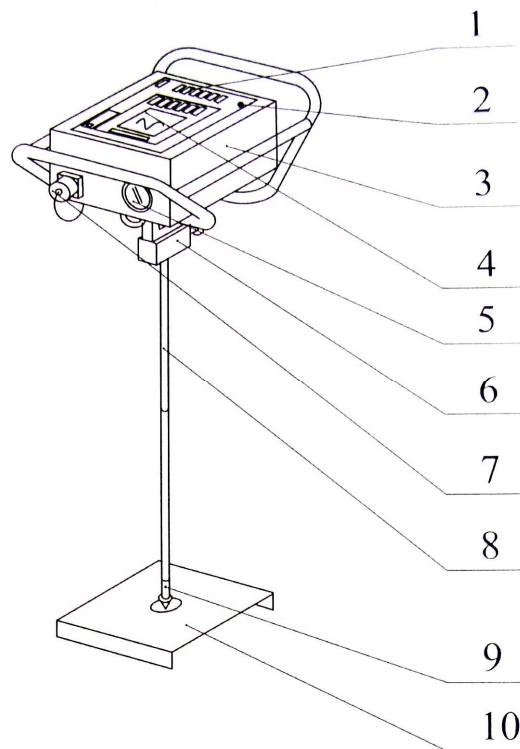
Obr.8 Meracie prístroje spojené s Bushovým penetrometrom

Medzi ďalšie penetrometre patrí Eijklamp penetrometer. Súprava tohto penetrometra je vhodná pre úplné menenie odporu pôdy až do hĺbky 80 cm. Samotný penetrometer (obr. 9) sa skladá z penetračného zariadenia s nastaviteľnou LCD obrazovkou (4), ovládacieho panelu (1) a výstupu (7). Meracie zariadenie je umiestnené vo vodovzdornom plášti s elektricky odizolovaným držadlom. Penetrometer je napájaný po dvoch (AA) batériách. Kužeľ (9) je naskrutkovaný na koniec dvojdielnej fondážnej tyče (8). V závislosti na použití a predpokladanom odpore k penetrácii môže byť použitý rôzny typ kužeľa. Kužele, ktoré sú dodané majú 60° vrcholový uhol (podľa N EN 5140) a viacero plôch základní (tabuľka 4).

Tab.4 rozmery používaných kuželov

Plocha základne kužeľa (cm ²)	Priemer základne kužeľa (mm)	Minimálny priemer kužeľa (mm)
J	11,28	11,00
2	15,96	15,55
3,33	20,60	20,08
5	25,23	24,59

Sondáž na tyč pozostáva z dvoch dielov a je pripevnená do odporového snímača (6) pod penetrometrom použitím rýchlospojky, Pre menšie kužele zodpovedajú tenké vmdážne tyče, k širokým kuželom zodpovedajú široké sondážne tyče. Počas vloženia kužeľa vnútorný ultrazvukový snímač z penetrometra presne zaregistruje hĺbku do 80 cm tým, že sa použije referenčná platnička. Registrovaný odpor k vnikaniu do pôdy je uložený vo vnútornej pamäti penetrometra. X týchto nameraných dat môže byť ustanovená priemerná hodnota a smerodajná odchýlka.(Čičo, 2006)



obr.9 Eijkelkamp penetrometer

Legenda:

1 - ovládací panel

2- výstup

3- blok elektroniky s displejom

4- LCD obrazovka

5- Priestor pre batérie

6- odporový snímač

7- komunikačné rozhranie

8- dvojdielna sondážna tyč

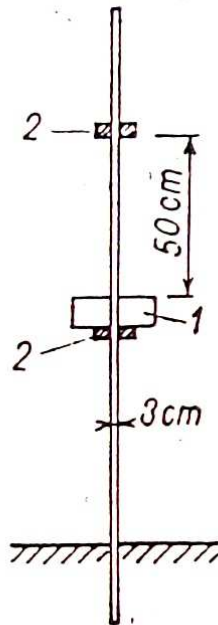
9- merný kužel

10- referenčná doska

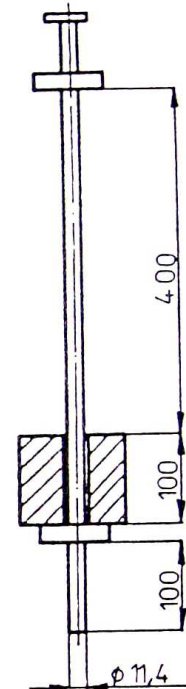
1.2.3 Dynamické penetrometre

Dynamické penetrometre tvoria osobitnú skupinu penetrometrov. Jeden z najstarších princípov zisťovania penetračného odporu pôdy je dynamické mazanie tyče, popísané Paprothom (Myslivec 1970) - obr. 10. Podľa počtu úderov 10 kg závažia padajúceho z výšky 50 cm sa určovalo dovolené zaťaženie základov. Túto metódu rozpracovali v

DORNII ako dynamickú penetračnú sondu (Ehrlich a kol.1987) - obr. 11 a bola používaná na kontrolu zhutnenia pri budovaní základov, ale i pri určovaní odporu pôd pri ťažení zemnými sttojmí.



obr. 10 penetračná tyč podľa Paprotha
1 — padajúce závažie, 2 — upevnené



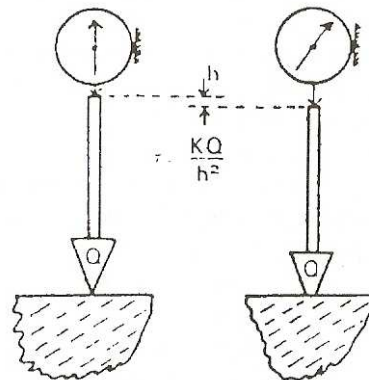
obr.11 DORNI penetrometer

Vo Švédsku vznikla ďalšia metóda — pádová (spúšťacia) kuželová penetračná metóda, popísaná Townerom (1973). Podstatou je spúšťanie kužeľa daného vrcholovým uhlom 30° a hmotnosťou 80 g zo zafixovanej polohy v držiaku z nulovej výšky, t.j. keď sa hrot kužeľa dotkne povrchu vzorky — obr. 12. Vyhodnocuje sa šmykové napätie úmerné hmotnosti kužeľa a zaboreniu do pôdy. Je treba pripomenúť, že je to v podstate modifikovaná metóda zisťovania "medze tuhosti", jedného z hydrolimitov.

Campbell (1976) práve predchádzajúci typ penetrometra použil na zisťovanie medze tuhosti v závislosti od vlhkosti pôdy a porovnal výsledky s údajmi, získanými Casagrandeho metódou. Na základe týchto výsledkov bola normou predpísaná penetračná metóda s použitím padajúceho kužeľa.

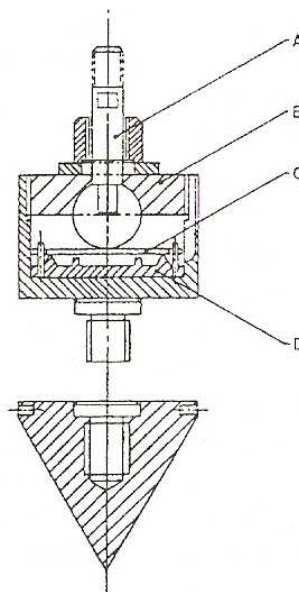
Campbell a Hanter (1986) použili uvedený typ penetrometra aj na zisťovanie minimálneho porušenia hrúd v poľných podmienkach v závislosti od rôznej vlhkosti

pôdy. Na základe skúšok navrhol obmedzujúce podmienky použitia tejto metódy pri určovaní pevnosti hrúd.(Bajla, 1998)



Obr. 12 kuželová penetračná metóda

Další originálny prístroj využívajúci princíp dynamickej penetrácie bol navrhnutý Campbellom (1977). Laboratórne zariadenie je určené na meranie pevnosti pôdnych hrúd. Obsahuje merný kužeľ s vrcholom 60° s priemerom 50 mm pripojený hneď na silomerný člen. Zatláčanie sondy sa zabezpečuje pneumatickým valcom, umožňujúcim rýchlosť zatláčania 30- 300 mm/s. Optimálne parametre zatláčania boli 17,5 N pri max. rýchlosti 300 mm/s. Záznamy priebehov síl odporu a polohy sondy boli zaznamenávané analógovým spôsobom na X-Y súradnicovom zapisovači. Prístroj sa ďalej zdokonaľuje, na obr. 13 je znázornený detail meracej časti s kuželom.(Bajla, 1998)



obr. 13 kužel dynamického penetrometra

1.2.4 Registračné penetrometre

Sú to penetračné prístroje, ktoré zaznamenávajú priebeh merania na papier navinutý na valci prístroja. Pomocou deformačnej pružiny sa prenášal nameraný údaj ceruzkou na papier. K najznámejším predstaviteľom registračného penetrometra u nás patrí penetrometrická sonda STS Šumperk.(Čičo, 2006)

Penetrometrická mechanická sonda je mechanický prístroj určený pre meranie zhutnenia pôdy do hĺbky 0,6 m. Penetrometer sa používa pre bežné, praktické určenie zhutnenia pôdy za účelom získania informácií potrebných pre rozhodnutie o vykonaní potrebného zásahu do pôdy. (Čičo, 2006)

Technické údaje penetrometra:

Rozmery v zloženom stave - výška 1 250 mm

- Strká 420 mm

Rozmery v rozloženom stave - výška 520 mm

- Šírka 200 mm

Hĺbka merania 0,6 m

Rýchlosť merania (jedného vpichu) 20 s

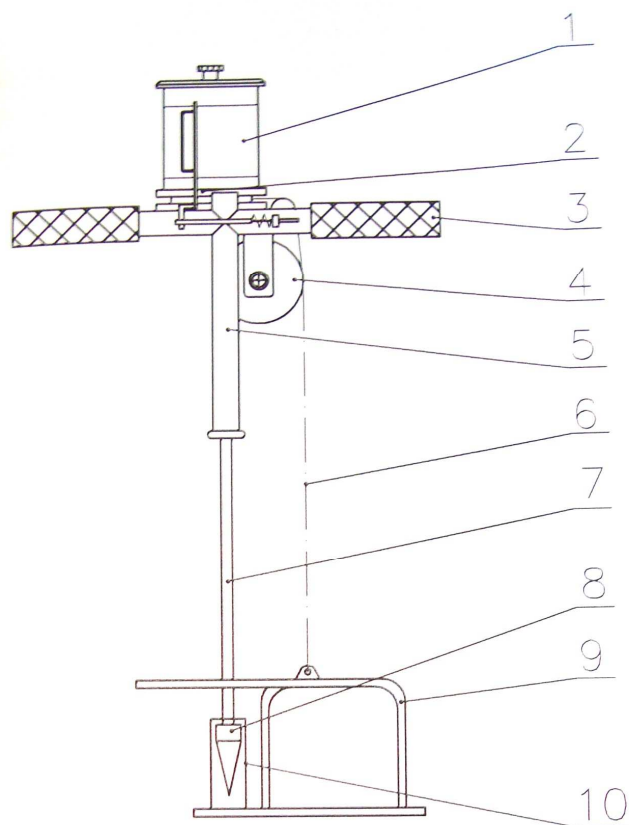
Meranie odporu pôdy 0+6 MPa

Hmotnosť 4,27 kg.

Popis prístroja:

Hlavnou časťou tohto penetrometra (obr. 14) je sondážna tyč ukončená meracím kužeľom. Zápis na registračnej páske je kalibrovaný na tento údaj. Nosnou časťou ručného registračného penetrometra je rúrkové puzdro, ktoré má v hornej časti držadlá, ktorými obsluha zatláča penetrometer do pôdy. Na telese je upevnený prevod, ktorý mení posuvný pohyb sondy na otáčavý pohyb bubna a mechanizmus písania, ktorý graficky zaznamenáva odpor pôdy v MPa v závislosti na hĺbke vniknutia sondy do pôdy. Vo vnútri puzdra je meracie zariadenie - piestik, opierajúci sa o valcovú pružinu. Do piestika je zaskrutkovaná sondážna tyč, ktorá má v spodnej časti merači kužeľ. Pri zatláčaní meracieho kužeľa do pôdy tlačí sondážna tyč na piestik,

Sústava lankových a mechanických prevodov spôsobuje určité nepresnosti, ktoré sa prejavajú na pohybe valca. Tieto nepresnosti sú do určitej miery korigované sklonom stupnice na záznamovom papieri. (Čičo, 2006)



Obr. 14 STS Šumperk

Legenda:

1- otočný bubon

2- záznamové zariadenie

3- rukoväť

4- kladka

5- teleso prístroja

6- lanko

7- sondážna tyč

8- merný kužeľ

9- referenčná oporná doska

1.2.5 penetrometre navrhnuté na KMaS

Kuželový penetrometer pod pracovným označením P-BA1 bol navrhnutý so snímačmi elektrických veličín a analogovými signálmi, zaznamenávanými na meracom magnetofóne. Základnou časťou bol deformačný prstenec s nalepenými tenzometrami,

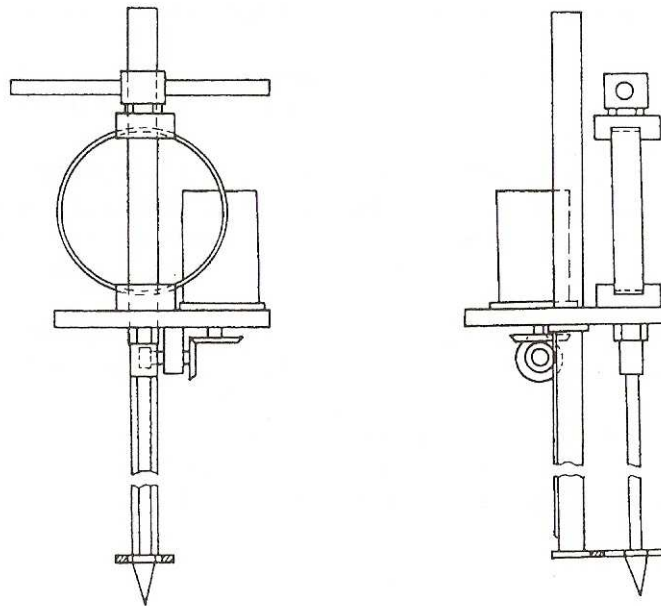
uchytený vo vrchnej časti pomocou príchytiek k rukovätiam. V spodnej časti bol prstenec pomocou hornej príchytky spojený s mernou tyčou, ukončenou merným kuželom. Spodná príchytka bola pripevnená skrutkami k doske snímača polohy, ktorý pozostával z posuvnej tyče s ozubeným hrebeňom. Posuvná tyč bola vedená v uzavretom vodiacom puzdre, upevnenom na doske. Na nej bol upevnený i presný potenciometer Aripot, ktorého otočný hriadeľ bol cez kuželový prevod a ozubené koliesko mechanicky spojený s posuvnou tyčou. Prevod bol volený tak, aby celý zdvih tyče (50 cm) zabezpečil 10 otočení potenciometra. K spodnej časti bola pripojená oporná doska – obr. 15(Bajla, 1998)

Deformačný prstenec bol dimenzovaný na maximálnu zaťažujúcu silu 2 000 N.

Základné technické údaje:

maximálna hĺbka merania – 450 mm,
rozsah merania odporu penetrácie – 0 ÷ 6 MPa,
napájanie mostíka – $\pm 5V$,
napájanie meracieho magnetofónu – 12V,
penetračný kužel — vrcholový uhol – 30",
priemer základne – 12,8/20,3 mm,
hmotnosť penetrometra (bez káblov) – 1,8 kg.

Penetrometer bol použitý pri viacerých meraniach s meracím magnetofónom firmy Krause. Spracovanie nameraných údajov sa uskutočňovalo cez buffer a A/D prevodník v PC. Uskutočnené merania týmto prístrojom potvrdili veľmi dobré vlastnosti a precíznosť zaznamenaných signálov. Používanie meracieho magnetofónu však veľmi obmedzuje dostupnosť v terénnych podmienkach. (Bajla, 1998)



obr.15 Penetrometer P-BA1

PENETROMETER P-BAD

Na základe skúseností s predchádzajúcim typom penetrometra bolo našim cieľom odstránenie robustného meracieho a záznamového zariadenia.

Konštrukcia preto musela byť doplnená o elektronickú časť na úpravu a záznam meraných údajov.

Mechanická časť bola navrhnutá tak, aby deformačný prstenec (sploštený s pripojiteľnými výstupkami) mal maximálnu deformáciu 1 mm pri zaťažujúcej sile 1 000 N. Podľa rozmerov prstenca bol navrhnutý optoelektronický senzor sily (konštrukcia Bajla - Držík), umožňujúci presné snímanie sily s presnosťou 0,5% vďaka elektronickej kompenzácii rôznych vplyvov (nelinearity, teploty a pod.).

Zásadne novým spôsobom bolo riešenie snímania polohy kužeľovej sondy vzhľadom na potrebu digitalizácie meraných údajov a ich zaznamenávanie v pamäti mikropočítača.

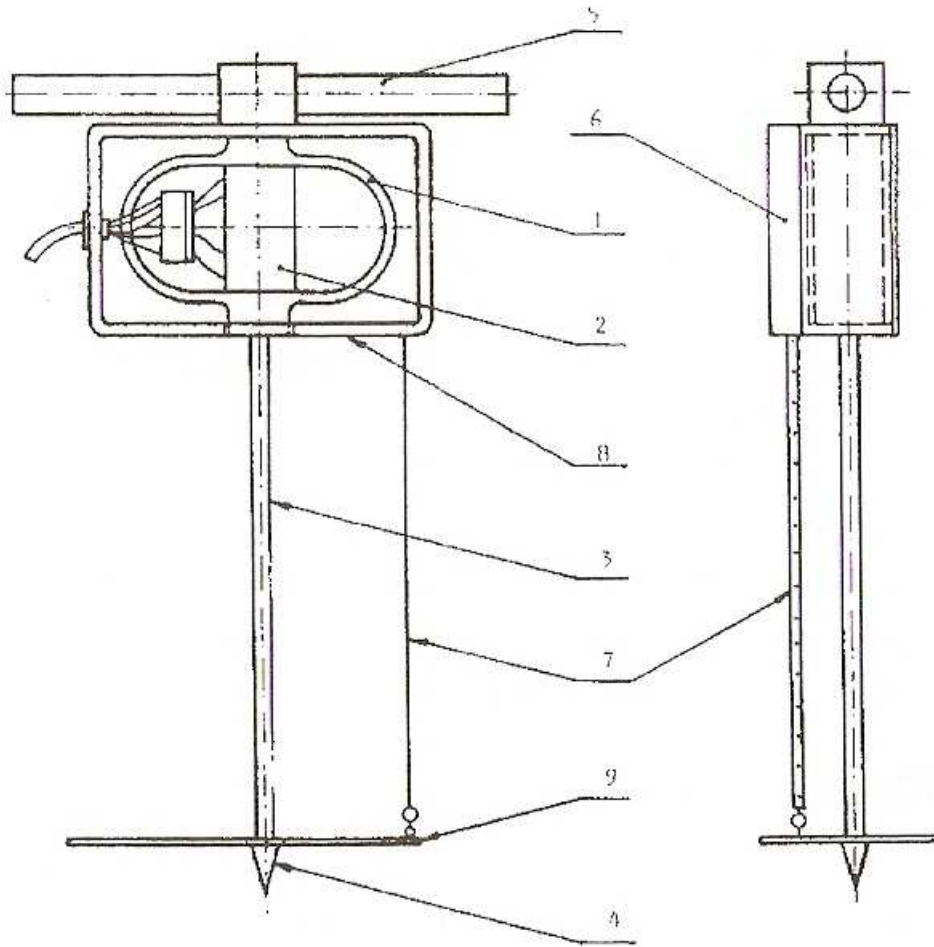
Mechanická časť bola tvorená deformačným prstencom, umiestneným v krycej krabici pripojeným vo vrchnej časti k rukovätiam. Pomocou skrutiek bol k deformačnému prstencu pripevnený optoelektronický senzor. V dolnej časti krycej krabice bola cez otvor pripojená k prstencu merná tyč ukončená merným kužeľom — obr. 16.

Snímanie polohy bolo riešené na optoelektronickom princípe tak, že v telese krytu snímača polohy bol v spodnej časti optoelektronický senzor TFK-927 na báze infraLED. Konštrukcia senzoru v tvare U umožnila použiť samonavíjajúci oceľový pásik

(meter) s vyrazenými otvormi s riemerom F 2 mm a rozstupom 10 mm. Pohybom pásky medzi časťami senzoru v prípade prechodu svetelného lúča z LEDdiódy cez otvor v páske na fototranzistor získame signál dosiahnutia úrovne hĺbky sondy. Samonavíjacia páska je umiestnená v kryte snímača polohy, na konci dierovanej pásky je pomocou oka upevnená oporná doska. Elektronická časť umožňuje digitalizáciu meraného signálu, odčítanie nameraných hodnôt na displeji, ukladanie nameraných hodnôt do pamäte a ich neskorší prenos sériovou linkou do počítača triedy PC. Súčasne elektronická časť zabezpečuje riadenie celého merania.

Táto časť je riešená ako prenosný prístroj s autonómnym napájaním 6 V z nabitelného akumulátora. S penetrometrom je spojená pomocou kábla a odpojiteľného konektora.

Schéma zariadenia pozostáva z niekoľkých blokov podľa obr. 17. Signál sondy j sily je digitalizovaný A/D prevodníkom pracujúcim na princípe dvojitej integrácie. Prevodník odovzdáva údaj multiplexne v kóde BCD. Tieto hodnoty sú čítané mikropočítačom. Nameraná hodnota sily v N, resp. napätie v mV je zobrazované na 31/2 miestnom displeji LCD, maximálne zobraziteľné číslo je 1 999, čo pokrýva požadovaný rozsah.(Bajla, 1998)



Obr. 16 P – BAD penetrometer

Legenda: 1 — deformačný prstenec, 2 — snímač sily, 3 — merná tyč, 4 — merný kužeľ, 5 — rukoväť, 6 — kryt snímača polohy, 7 — merné pásmo, 8—teleso penetrometra, 9 — oporná tyč

Pre uchovanie nameraných hodnôt slúži statická pamäť RAM, vyrobená technológiou CMOS, s minimálnym odberom prúdu. Kapacita pamäte umožňuje uloženie údajov z viac ako 4 000 odčítaní, t.j. asi 100 súborov meraní.

Mikropočítač je základným prvkom celého systému. Jeho programové vybavenie zabezpečuje vlastné meranie i organizáciu meraní. V intervaloch daných signálmi sondy hĺbky[^] robí digitalizáciu signálu sily odporu a zaznamenáva tieto hodnoty do pamäte. Číselné vyjadrenie sily (resp. napätia) je zobrazované na displeji. Mikropočítačový blok zaisťuje i prevod nameraných údajov z pamäte na sériový port a ich vyslanie do počítača typu PC.

Na ovládanie prístroja slúžia tlačidlá, umiestnené na čelnom paneli. Prenos údajov z prístroja do počítača je riešený sériovou linkou s rýchlosťou prenosu 9 600 Bd. Prenos obsahu celej pamäte trvá približne 20 s. Kábel je prepojený s prístrojom pomocou konektoru Cannon RS 232. K počítaču sa kábel pripojí na sériový port COM1 alebo COM2, Údaje sú prenášané ako hexafile - 16 384 údajových byte a 2 byte kontrolného súčtu.

Základné technické údaje:

maximálna hĺbka merania	400 mm,
merací krok hĺbky	10 mm,
rozsah merania odporu penetrácie	0+5 MPa,
napájacie napätie	5 V,
penetračný kužeľ - vrcholový uhol	30',
- priemer základne	12,6 / 20,3 mm,
kapacita pamäte	asi 100 meracích súborov.
hmotnosť penetrometra	1,4 kg,
hmotnosť elektronického bloku	4,2 kg.

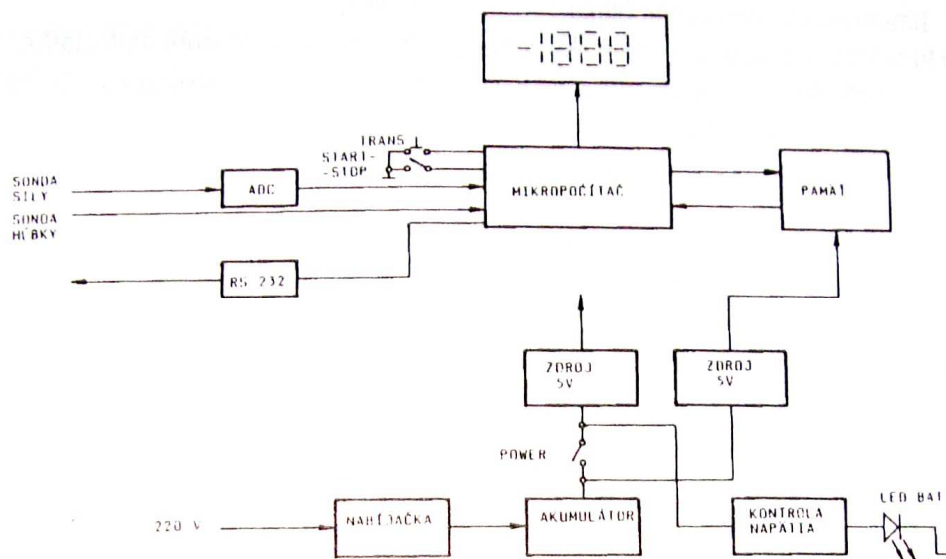
Po funkčnom odskúšaní pri niekoľkých meraniach sme zistili niektoré nedostatky:

— optoelektronický senzor snímača sily má tzv. drift — plávajúcu nulu a často ho treba doladovať;

— samonavíjací oceľový pásik má tendenciu zadfhať v určitých polohách pri meraní.

Celkove sa koncepcia neosvedčila — elektronický blok je zavesený na ramene, pričom pri zatlačaní penetrometra skízava z ramena.

Preto sme pristúpili ku zásadnému vylepšeniu koncepcie penetrometra s využitím optoelektronických prvkov.(Bajla, 1998)



Obr 17. Elektronická schéma bloku penetrometra

PENETROMETER P-BDH 3

Na základe údajov uvedených v predchádzajúcej časti sme pristúpili k niektorým zásadným koncepčným zmenám. Penetrometer aj s elektronickou časťou sme spojili do jedného celku, pričom sú realizované ako autonómne časti a spojené pomocou centrálného konektora — obr. 19

Mechanická časť bola podstatne upravená. Základom konštrukcie je masívne teleso prístroja v tvare U, v ktorého hornej časti sú privarené rukoväte. V strednej časti telesa prístroja je privarený nosník, ku ktorému je uchytený nový deformačný prstenec v tvare osemhranu. K spodnej ploche deformačného prstenca je pripojená merná tyč ukončená merným kužeľom. K stene prístroja je pripevnený samonavíjací pásik s otvormi, usmerňovaný v pohybe presným vedením. Pásik prechádza cez optoelektronický snímač polohy, upevnený k spodnej časti steny telesa. Tvorí ju zápora s fototranzistorom a oproti nej svietivá dióda. Otvory v páske pri jej pohybe odkrývajú osvetlenie tranzistora a vzniknutý impulz je vedený do bloku elektroniky. Organizácia merania zabezpečuje pri tomto impulze záznam hodnoty penetračného odporu vždy po zatlačení sondy o 10 mm.

Snímač sily — deformačný prstenec je riešený s ohľadom na technológiu výroby pri maximálnom využití deformačnej schopnosti materiálu v pružnej oblasti. Na meranie deformácie — stlačenia snímača je použitý jednoduchý princíp zaznamenávania intenzitných zmien pri mechanickom prekryvaní citlivých plošiek fotodiódy. Fotodióda

je planárna dvojité so spoločnou anódou, preto môže byť zapojená v mostíkovom zapojení, ktoré kompenzuje teplotné zmeny charakteristík polovodičových prvkov. Výstupný signál je zosilnený v obvode s operačnými zosilňovačmi. Linearita snímača v uvedenom zapojení pri meraní sily v rozsahu od 0 do 1600 N bola 0,5%. Teleso prístroja má odnímateľné plechové čelá, umožňujúce prístup ku snímačom.

Autonómna elektronická časť bola pôvodne koncipovaná ako univerzálna meracia a záznamová jednotka pre rôzne druhy meraní.

Riadiacim centrom prístroja je jednočipový mikropočítač 80C552 firmy Philips. Je to 8-bitový mikroprocesor vyrobený technológiou HCMOS. Bloková schéma celej elektronickej časti je na obr. 18. Ďalšie časti schémy sú vytvorené samostatnými integrovanými obvodmi a diskretnými prvkami. Obvod RS 232C upravuje napäťové úrovne sériového kanálu podľa odporúčania CCITT na +10V a -10V, aby bola možná komunikácia s nadradeným počítačom typu PC. Tým je umožnená rýchla grafická a tabuľková interpretácia nameraných výsledkov.

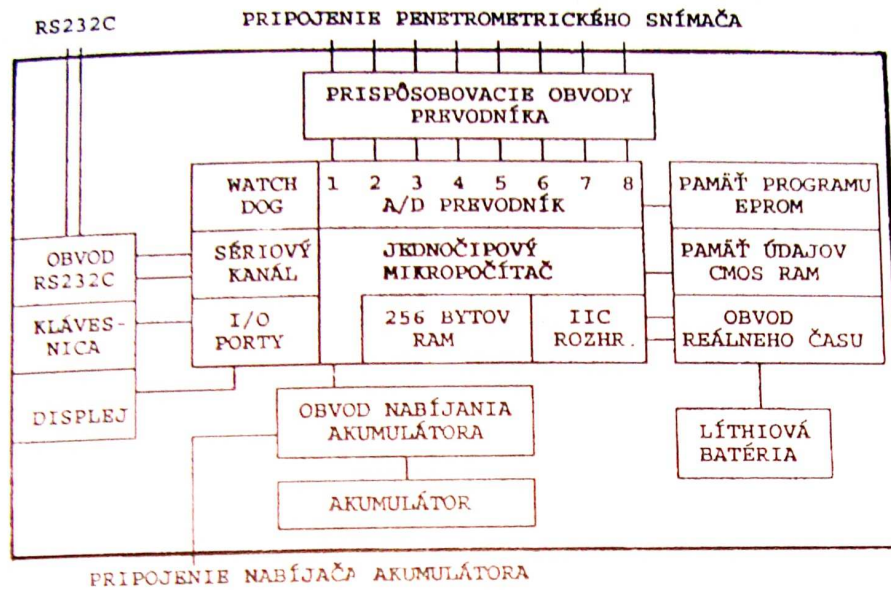
Parná? údajov je 32 kB statická pamäť RAM vyrobená technológiou CMOS s odberom v režime uchovania informácie do 50 mA. Do tejto pamäte sa ukladajú organizačné údaje, parametre merania a namerané údaje. Je zálohovaná lítiovou batériou.

Technické údaje penetrometra:

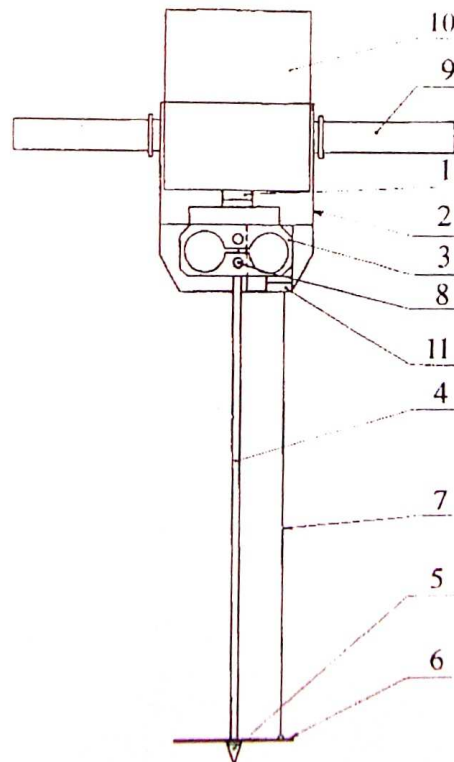
maximálna hĺbka merania pôdy	do 450 mm,
merací krok hĺbky	10 mm,
rozsah merania odporu penetrácie	0 - 6 MPa,
kapacita pamäte	asi 400 mera.
max. dĺžka nepretržitej prevádzky	10 h,
rozhranie na prenos dát	RS 232C,
rýchlosť prenosu dát	19 200 Bd,
penetračný kužeľ - vrcholový uhol	30°,
- priemer základne	12,8 / 20,3 mm,
hmotnosť penetrometra (s elektronikou)	5,2 kg.

Po rozsiahlych terénnych skúškach bol vyhotovený modifikovaný variant v kompaktnej forme, s pevne zabudovanou elektronikou, ktorý bol poskytnutý pre výskumné účely

KSaVS MF SPU. Tento variant je zobrazený na obr. 18, jeho hmotnosť je 4 kg. (Bajla, 1998)



Obr. 18 Elektronická schéma bloku penetrometra



Obr. 19 P – BDH 3 Penetrometer

Legenda: 1 — konektor, 2—teleso penetrometra, 3—snímač sily, 4—merná tyč, 5—merný kužeľ, 6 — oporná doska, 7 — merná páska, 8 — optoelektronický senzor, 9 — rukoväť, 10 — elektronická časť, 11 — snímač polohy

PENETROMETER P-BDH 3A

Penetrometer predchádzajúcej verzie bol viac ako rok skúšaný pri rôznych druhoch penetračných meraní pre získanie údajov o spoľahlivosti prístroja ako celku i jednotlivých jeho častí. Na základe týchto skúseností, ako aj za účelom prípravy funkčného prototypu, vhodného pre malosériovú výrobu, sme pristúpili k rekonštrukcii penetrometra, ktorého prototypová verzia je na obr. 20,23.

Nosnú konštrukciu tvorí nosný priečnik, ku ktorému je pomocou skrutky pripevnený deformačný prstenec optimalizovaného tvaru s upraveným optoelektronickým snímačom sily. K priečniku je pripevnený kryt prístroja a po oboch stranách demontovateľné rukoväte. K spodnej časti deformačného prstenca je pripevnená merná tyč s vymeniteľným merným kuželom. Na priečniku je tiež pripojený optoelektronický snímač hĺbky so samonavíjacím oceľovým pásikom ukončeným okom, ku ktorému je pripojená nášľapná doska. V hornej časti priečnika je uchytený držiak s pružnými dotykmi pre upevnenie nabíjateľného akumulátora. Elektronická časť je tvorená doskou s elektronickými obvodmi pripevnenou k panelu v hornej časti s displejom a ovládaním. Toto usporiadanie umožnilo maximálne využiť vnútorný priestor komerčne vyrábaného krytu, čím sa dosiahlo zmenšenie obrysových rozmerov a hlavne zníženie hmotností prístroja.

Ovládacie prvky a displej sú usporiadané prehľadne a umožňujú nastavovanie parametrov prístroja, signalizáciu i prepojenie s počítačom typu PC.

Elektronická časť má novú koncepciu — je použitý multiprocessorový systém, t.j. čiastkové úlohy systému bude riešiť samostatný mikroprocesor. Riadiaci jednočipový mikropočítač obsahuje len nevyhnutné prvky, potrebné na samostatnú činnosť a riadenie subsystému. Ďalšie podriadené procesory prijímajú príkazy od nadriadeného procesora, autonómne spracúvajú požiadavku, vyhodnotia ju a odošlú požadovanú informáciu na zbernicu nadriadeného procesora. Výhodou tejto koncepcie je presun práce z hlavného mikroprocesora na riadené procesory a maximálne využitie technických možností jednotlivých prvkov. Bloková schéma usporiadania elektronickej časti prístroja je na obr. 21.

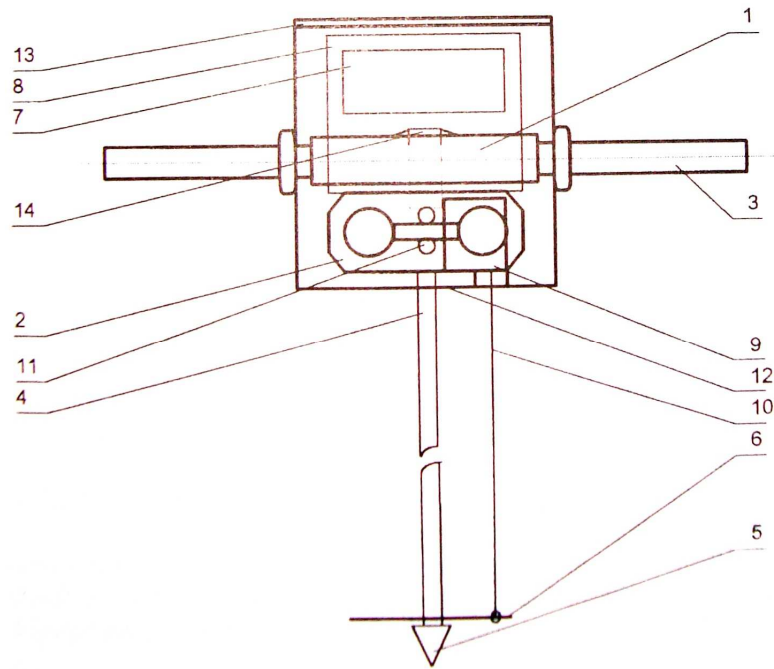
Ako nadriadený procesor je použitý jednočipový mikropočítač AT 89C52 s pamäťou programu typu FLASH MEMORY 8 kB. Použitý je programovateľný 16-bitový A/D prevodník s vlastným komunikačným protokolom na nastavenie parametrov merania. Mikroriadič displeja obsahuje procesor na generovanie ASCII znakov a kurzorov na 2x16 znakovom LCD displeji. Klávesnica je 5-tlačidlová fóliová, nemá žiadnu intelligen-

ciu, testovanie zatlačenia tlačidiel sa vykonáva priamo programom v AT 89C52. Pamäť dát je typu CMOS RAM 32 kB a je zálohovaná miniatúrnou 3 V lítiovou batériou.

Ako akumulátor je použitý miniatúrny bezúdržbový zdroj 6 V / 1,2 Ah s možnosťou práce v ľubovoľnej polohe. Nabíjač akumulátora pracuje v spolupráci so sieťovým adaptérom ako prúdový zdroj. Výhodou zapojenia je pomalšie vybíjanie akumulátora, automatické vypínanie prístroja a nemožnosť úplného vybitia akumulátora. (Bajla, 1998)

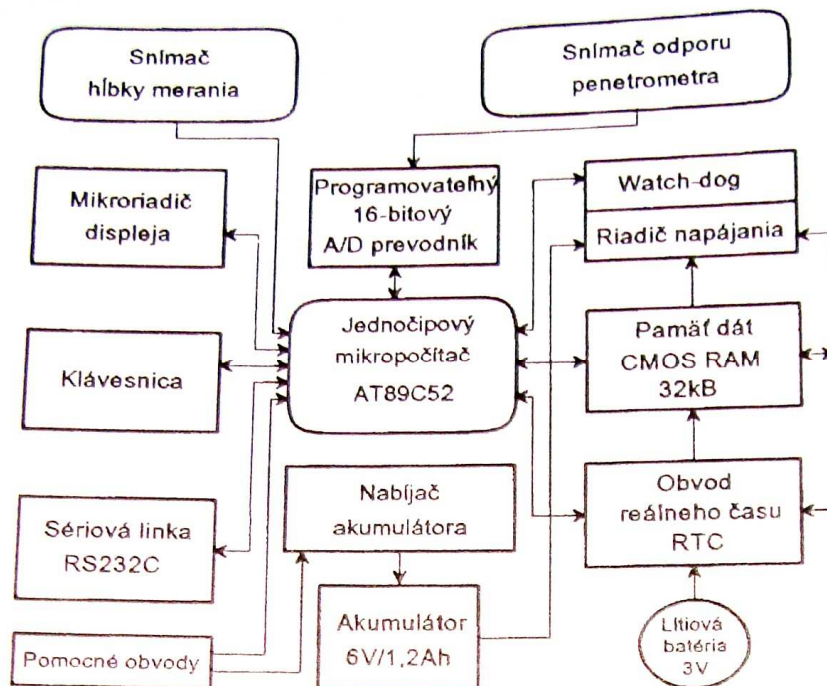
Technické údaje penetrometra:

maximálna hĺbka merania pôdy	do 450 mm,
merací krok hĺbky	10 mm,
rozsah merania odporu penetrácie	0-6 MPa,
kapacita pamäte asi 500 meraní,	
max. dĺžka nepretržitej prevádzky	10 hod,
rozhranie na prenos dát	RS 232C,
rýchlosť prenosu dát	19 200 Bd,
penetračný kužeľ — vrcholový uhol	30°,
— priemer základne	12,8/20,3 mm
hmotnosť penetrometra	2,5 kg.

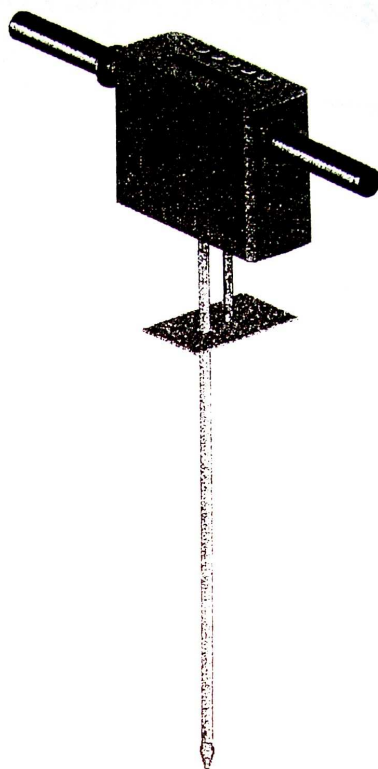


Obr. 20 P – BDH 3A penetrometer

Legenda: 1 — nosný priečnik, 2 — silomerný člen, 3 — rukoväť, 4 — merná tyč, 5 — merný kužel, 6 — nášľapná doska, 7 — batéria, 8 — doska elektroniky, 9 — snímač hĺbky, 10 — merné pásmo, 11 — snímač sily, 12 — kryt prístroja, 13 — ovládací panel, 14 — pripevňovacia



Obr.21 Elektronická časť prístroja



Obr. 20 P – BDH 3A penetrometer

1.3 Vývoj penetrometrie na Slovensku

Pri analýze požiadaviek na uplatnenie penetrometrov u nás (asi pred 20 až 25 rokmi) sme vychádzali zo situácie v poľnohospodárskom výskume a praxi. Vo vtedajšom Československu bol vyrábaný jeden typ penetrometra — penetrometrická sonda v STS Šumperk. Vo VUZS a VUZT Praha používali vlastné mechanické modifikácie penetrometrov, vo VUZZP Praha zhotovili pre rozsiahle skúšky hydraulickú penetrometrickú sondu HPS 0,8. Okrem toho boli výskumníkmi používané Gätkeho sonda a tiež Bushov penetrometer bez počítačovej periférie (AF VŠP), ŠMS Bratislava zakúpila prístroj „3T system“ z Maďarska. Z uvedeného je zrejmá veľmi veľká rôznorodosť prístrojov, pričom väčšina prístrojov bola založená na mechanickom princípe merania a záznamu nameraných hodnôt. Keďže spomínané prístroje boli v predchádzajúcej časti popísané s technickými charakteristikami, vidieť že i parametre kuželov sú rôznorodé. Navyše, aj metodiky meraní a vyhodnocovania sa často líšia, bez hlbšieho zváženia špecifiky účelu použitia. Niektoré modernejšie typy — napr. „3T system“ — pracujúce

na elektrickom princípe a modemom spôsobe záznamu v digitálnej forme — nezohľadňujú odporúčané rozmery kužeľa.

Bushov penetrometer bez následnej možnosti spracovania má podstatne obmedzené možnosti analýzy a navyše má zabudované vnútorné ochranné obmedzenie na hodnotu penetračného odporu 3,8 MPa, čo je v našich podmienkach ťažkých ílovitých pôd bežne dosahovaná hodnota, pričom nie sú zriedkavé hodnoty presahujúce 6 MPa.

Po zvážení týchto skutočností sme začali s vývojom konštrukcie vlastného penetrometra na našom pracovisku, pričom boli formulované tieto základné požiadavky:

- 1) parametre kužeľa musia odpovedať norme ASAE;
- 2) možnosť merania odporu do hodnoty 6 MPa;
- 3) konštruovať ručný prístroj s dostatočnou meracou kapacitou;
- 4) možnosť rýchleho spracovania údajov pomocou PC.(Bajla, 1998)

2 Cieľ práce

Cieľom mojej bakalárskej práce je spracovať prehľadovú štúdiu metód merania utlačania pôdy. Spracovanie týchto metód je zamerané najmä nato, že pomôže pri porovnávaní.

3 Metodika práce a metody skúmania

Na dosiahnutie stanoveného cieľa diplomovej práce bol zvolený nasledovný metodický postup:

- Príprava a dôležité oboznámenie sa s problematikou utlačania pôdy, aké nevýhody prináša poľnohospodárstvu Slovenskej republiky
- Oboznámenie sa s dôležitým problémom poľnohospodárstva čo je pôda
- Teoretický rozbor metód na meranie utlačania pôdy
- Teoretický rozbor prístrojov na meranie utlačania pôdy
- Oboznámenie sa s históriou vývoja penetrometrie v celosvetovom meradle až po súčasný stav
- Postupné spracovanie prístrojov a vypísania jednotlivých prístrojov do mojej práce
- Naštudovanie a spracovanie jednotlivého vývoja u nás
- Oboznámenie sa s terminológiou ohľadom penetrometrie

4 Záver

Cieľom mojej bakalárskej práce bolo vypracovať prehľadovú štúdiu metód a prístrojov na meranie utlačania pôdy. Prehľad týchto metód je veľmi užitočný pre meranie utlačania pôdy, kvôli tomu, že uľahčí výber toho správneho prístroja pri použití danej metódy. Rôzni ľudia, ktorí pracujú v oblasti poľnohospodárstva a majú na starosti tento problém využívajú keď tak jeden typ prístroja. Existujú aj prístroje, ktoré dokážu merať utlačanie pôdy a zaznamenávať ho do štvorcov podľa GPS systému. Tento GPS system je na toľko presný, že tolerancia je ± 2 cm. Samozrejme na druhej strane tejto problematiky je dosť ekonomicky náročné teda dosť dosť drahé. Ďalej by som povedal to, že moja práca má určitý rozsah tak nedokážem urobiť komplexnú prehľadovú štúdiu všetkých prístrojov.

I keď je tu jediný problém, a to je to, že vypracovaná štúdia je ako pomôcka veľmi dobrá ale technológie sa neustále vyvíjajú a napredujú. Preto aj táto práca bude o pár rokov zastaralá. Preto by bolo najlepšie postupne doplňovať danú prácu čím by to bolo aktuálne čo sa týka poznatkov.

5 Zoznam použitej literatúry

BAJLA, J. 1998. *Penetrometrické merania pôdnych vlastností*, SPU Nitra, ISBN 80 – 7137 – 543 - 8

SURIAK, J. 1993. *Zhodnotenie prístrojov na meranie utláčania pôdy*, Nitra 1993, diplomová práca

JURGOŠ, M. 2001. *Návrh zariadenia na meranie pevnosti pôdy v prostom tlaku*, Nitra 2001, diplomová práca

NAGY, P. 2002. *Utláčanie pôdy kolesovým a pásovým traktorom*, Nitra 2002, diplomová práca

LENČEŠ, M. 1999. *Porovnanie pásového a kolesového traktora z hľadiska utláčania pôdy*, Nitra 1999, diplomová práca

JURÍK, J. 1996. *Návrh spôsobu vyhodnocovania penetrometrických meraní na osobnom počítači*, Nitra 1996, diplomová práca

BAJLA, J. 1997. *Použitie penetrometrie pri charakterizovaní pôdnych vlastností*, Nitra 1997, diplomová práca

ČIČO, M. 2006. *Porovnanie penetračných prístrojov pri meraní v poľných podmienkach*, Nitra 2006, diplomová práca

BELANOVÁ, B. 2008. *Príčiny a dôsledky utláčania pôd*, Nitra 2008, bakalárska práca