

# Technologie bezkontaktních přístrojů určených pro měření nohou

Dao Nguyen Ngoc Anh

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

\*\*\*nascannované zadání s. 1\*\*\*

\*\*\*nascannované zadání s. 2\*\*\*

## **ABSTRAKT**

Tato práce ve své podstatě shrnuje část v současné době používaných bezkontaktních přístrojů a poukazuje na jejich výhody a nevýhody při měření nohou. Shrnutí výhod a nevýhod těchto 3D skenerů se opírá o dříve nejčastěji používané kontaktní metody měření.

Měřicí přístroje pro bezkontaktní měření nohou, označované jako skenery, pracují nejčastěji na laserovém nebo optickém principu. Za pomoci moderních bezkontaktních měřících přístrojů je výběr obuvi zjednodušen a zpřesněn.

**Klíčová slova:** Kontaktní metody měření nohou, bezkontaktní metody měření nohou, princip bezkontaktní přístrojů, 3D skener.

## **ABSTRACT**

The bachelor work summarized using of non-contact devices and point out of their advantages and disadvantages on measuring of the foot. Summary of advantages and disadvantages in these 3D scanners are documented on previously using of contact method measurements.

Scanner is a non-contact device for foot measuring. The 3D scanners works in most cases on laser or optical principle. With the help of modern non-contact measuring device on choosing footwear is accurate a simple.

**Keywords:** Contact process measurement, non-contact process measurement, and non-contact devices principal, 3D scanner.

Dovolte, abych poděkovala především vedoucí mé práce Ing. Martině Chmelařové za odborné vedení, cenné rady a poskytnuté informace pro vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Jitce Baďurové, PhD. za konkrétní rady a za čas následných obětovaným konzultací.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně dne 30. 5. 2008

.....

# OBSAH

ÚVOD.....	7
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
<b>1 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ NOHOU – KONTAKTNÍ METODY .....</b>	<b>9</b>
1.1 DÉLKOVÉ ROZMĚRY .....	9
1.2 OBVODOVÉ ROZMĚRY .....	11
1.3 MĚŘENÍ PLOCHONOŽÍ .....	12
1.3.1 Chemická metoda.....	13
1.3.2 Metoda plantografu .....	14
1.3.3 Metoda měření Podometrem .....	15
1.4 VYHODNOCOVÁNÍ STAVU PLOCHONOŽÍ Z PLANTOGRAMU .....	16
1.4.1 Metoda Chippaux - Šmiřák .....	16
1.4.2 Sztriter – Godunov (Kasperczyk, 1998).....	18
1.4.3 Vizuální škála.....	19
1.4.4 Metoda segmentů .....	20
1.4.5 Metoda indexu.....	20
1.4.6 Clarkův úhel .....	21
1.4.7 Stanovení úhlů chodidla.....	22
1.5 METODA SÁDROVÉHO ODLITKU .....	23
<b>2 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ NOHOU – BEZKONTAKTNÍ METODY .....</b>	<b>24</b>
2.1 PRINCIP 3D.....	24
2.2 OPTICKÉ METODY MĚŘENÍ 3D OBJEKTŮ.....	24
2.3 OPTICKÉ 3D SKENERY .....	27
2.4 LASEROVÉ 3D SKENERY .....	27
2.5 MECHANICKÉ 3D SKENERY .....	28
2.6 FOTOGRAMMETRICKÝ SYSTÉM .....	29
<b>3 VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍHO MĚŘENÍ .....</b>	<b>30</b>
3.1 OBECNÉ VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍHO MĚŘENÍ.....	30
3.2 VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍCH PŘÍSTROJŮ PRO MĚŘENÍ NOHOU.....	30
3.2.1 Optické 3D skenery nohou .....	31
3.2.2 Laserové 3D skenery nohou .....	35
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>42</b>

## ÚVOD

Obuv sehrává ve vztahu k bipedální lokomoci člověka důležitou funkci. Nejdůležitějším úkolem obuvi je ochránit nohu před nepříznivými vlivy vnějšího prostředí a podporovat její základní fyziologické funkce jako jsou stání, chůze a běh. Obuv může rovněž zajistit částečnou eliminaci vrozených nebo získaných vad nohou, nebo se naopak podílet na jejich vzniku. Obuv může napomáhat, ale i omezovat fyziologické funkce nohou. Neméně důležitou funkcí obuvi je i estetické uspokojení člověka. [1]

Podle těchto uvedených funkcí obuvi, je ukázáno, že vhodný výběr obuvi pro nohy je velice důležitý. Dříve, ale i v současnosti se používalo obuvnické plátěné měřidlo nebo měřicí přístroje (ruční metody) k měření nohou, ale tyto metody nemusí být vždy dostatečně přesné. Měřením za pomoci dotykových metod lze získat u jednoho rozměru na noze různé výsledky. V dnešní době, s pomocí moderních měřících přístrojů by výběr obuvi mohl být značně zjednodušen a zpřesněn. Cílem mé práce je uvést měřicí přístroje pro bezkontaktní měření nohou a jejich technologie a použití v praxi v porovnání s metodami kontaktního měření.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**



## 1 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ NOHOU – KONTAKTNÍ METODY

Kontaktní metody měření mají dlouhou historii, jsou používány celosvětově od začátku vývoje obuvi. Diagnostika tělesných rozměrů a jejich samotné měření za pomoci kontaktních přístrojů a diagnostických pomůcek jako jsou: obuvnické plátěné měřidlo, měřidla pro získávání délkových a šířkových rozměrů nohy, se používá doposud. Tato zařízení jsou dostupná a jsou součástí vybavení laboratoří zaměřených na zkoumání tělesných proporcí. Pomocí metod určených pro měření nohou se lze lépe orientovat při výběru dobře padnoucí obuvi. Tyto metody jsou objektivní, jednoduché, levné avšak časově náročné. Metody kontaktního měření lidského těla, v tomto případě nohy, mají význam i při antropometrických studiích jejichž výsledky jsou určeny pro hromadnou výrobu obuvi.

### 1.1 Délkové rozměry

Pro zjišťování délkových rozměrů lze použít dotykový měřicí přístroj (viz obr.1, 2). Jejich princip spočívá v jednoduchém používání. Pomocí tohoto vyobrazeného měřicího přístroje (obr.1) můžeme změřit délku nohy v mm a nalézt odpovídající velikost obuvi ve francouzském číslování na stupnici na levé straně přístroje a na pravém rameni přístroje potom nalezneme odpovídající šířku. Šířka obuvi je značena písmeny: D, E, F, G, H, I, K, L, M.

Princip měření: při měření stojí osoba čelem k nám, obě nohy musí být proměřeny ve stoje. Levou rukou se uchopí přístroj za držátko a noha se vloží do přístroje tak, aby se dotýkala měřicího přístroje v zadní části.

Ne všechna obdobná měřicí zařízení jsou opatřena stupnicí pro velikost obuvi, většina z nich má pouze metrickou stupnici v mm. Měření délky nohy napomáhá ke správnému určení velikosti obuvi. Následující seznam je výčtem získaných hodnot při měření délkových rozměrů nohy.

$D$  = přímá délka chodidla

$D_{pl}$  = délka palce

$D_{kp}$  = délka kloubu palce

$D_n$  = délka nártu

$D_v$  = délka valchy

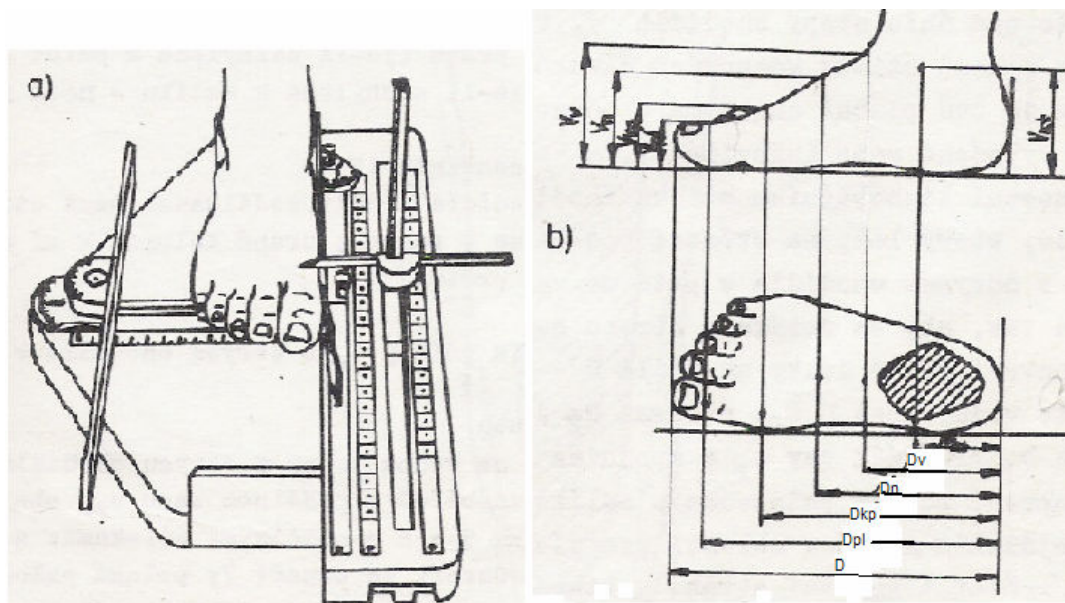
$D_{kt}$  = délka vnitřního kotníku

$\check{S}$  = šířka chodidla v místě prstních kloubů

$v_{pl}$  = vzdálenost nejvyššího místa palce od patní kolmice. [2]



Obr. 1 Plastové měřidlo pro měření délky a šířky  
nohou [3]



Obr. 2 Měření nohou dotykovým přístrojem a) měřicí přístroj, b) délkové  
a výškové rozměry [2]

## 1.2 Obvodové rozměry

Metoda měření obvodových rozměrů kontaktním způsobem používá obuvnické plátěné měřidlo. Způsob měření obuvnickým plátěným měřidlem je předepsán normou NS 1002. Měří obvodové rozměry za účelem a stanovení správné šířkové skupiny obuvi. Získané míry a jejich značení dle normy:

$O_{pk}$  = obvod prstních kloubů = obvod nohy měřený přes kloub palce a malíku v místě, kde jsou skloubeny kosti prstní s kostmi nártními,

$O_n$  = obvod nártu = obvod nohy měřený před výběžkem páté kosti nártní a přes místo skloubení kostí nártních s kostmi klínovými,

$O_p$  = obvod paty = obvod nohy měřený přes vrchol paty a nejhlubší bod v ohybu nohy na její přední straně ( tzv. bod valchy ),

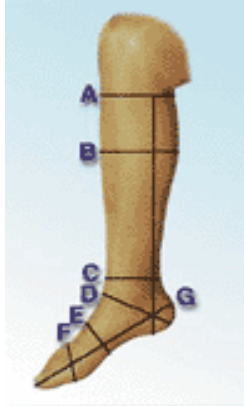
$O_{kt}$  = obvod nad kotníkem = obvod nohy měřený v nejužším místě nad kotníkem,

$O_l$  = obvod lýtky = obvod nohy měřený v nejširším místě lýtky,

$O_{kn}$  = obvod pod kolenem = obvod nohy měřený pod výběžkem holeňové kosti na vnitřní straně ( do nohy ),

$V_h$  = výška holeně = vzdálenost na vnitřní straně nohy od výběžku kosti holenní k základně (podložce).

Při měření je noha uvolněná, nezatížená, měřidlo musí přiléhat k noze. [2]



Obr. 3 Měření nohy

[4]

A ... obvod pod kolenem

B ... obvod lýtky

C ... obvod kotníku

D ... obvod paty

E ... obvod nártu

F ... obvod prstních kloubů

G ... výška bérce ve vzdálenosti pod kolenem k podložce

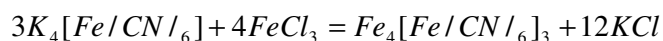
### 1.3 Měření plochonoží

Pokles podélné klenby nožní je ve většině případů získanou vadou nohy. Příčinou je zpravidla špatná obuv, úzká špice, vysoký podpatek, těsná punčocha a dlouhodobé přetěžování nohy stáním nebo prací na nohou. Příčinou může být i vrozená vada nebo úraz. Zprvu malé odchylky od správného postavení nohy se mohou zafixovat, vazy a svaly nohy jsou přetěžovány vadným postavením, ale i rychlým růstem či závodním sportem. V dospělém věku má vliv na vznik ploché nohy přetěžování v zaměstnání či při sportu. Významný je i vliv nezdravé módní obuvi, zvláštní skupinou jsou pouřazové stavy hlavně po zlomeninách patní kosti, kostí nártu a záprstních kostí. Při zjišťování stavu plochonoží lze použít níže uvedených metod. [5]

### 1.3.1 Chemická metoda

V r. 1969 a 1970 se J. KLEMENTA podrobně zabýval plantografickou metodou a popsal techniku dvou chemických metod ke zhotovování plantoramů. Tyto metody byly používány v minulosti. Dnes se zpravidla používají jiné, níže uvedené metody získávání plantogramu. [6]

1. Ferrokyanidová metoda je modifikována podle C.CHIPPAUXE (1947) a J.ŠMIŘÁKA (1960). Pro získání plantogramů bylo využito působení ferrokyanidu draselného na chlorid železitý, přičemž dochází ke vzniku berlínské (pruské) modři podle rovnice:



Ke zhotovení plantogramů bylo třeba připravit:

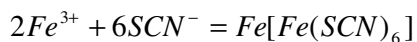
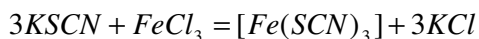
- Tužší (nejlépe kladívkový) papír velikosti 11x31 cm;
- Žlutou krevní sůl (ferrokyanid draselný)  $K_4[Fe/CN/6]3H_2O$  ;
- Chlorid železitý  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  ;
- Etylalkohol  $CH_3 - CH_2OH$  ;
- Glycerín  $CH_2OH - CHOH - CH_2OH$  ;
- Fotografickou misku o rozměru 26x32 cm;
- Porézní houbu (nejlépe z molitanu) upravenou na rozměry fotografické misky;
- Archy savého papíru.

Nařezané kladívkové papíry byly ponořeny asi na 30 min do 15% roztoku ferrokyanidu draselného. Po nasáknutí byly rozvěšeny a po uschnutí připraveny k otiskům. Skladované papíry vlivem oxidace a světla získávají slabě zelenožlutou barvu, i když se jejich kvalita pro zhotovování plantogramů nemění.

Při dalším postupu byla porézní molitanová houba napuštěna 10% roztokem chloridu železitého s přídatkem asi 200 ml etylalkoholu a 100 ml glycerínu a 1 litr roztoku. Přítomnost etylalkoholu v roztoku způsobuje odmašťování plosky nohy. Otisky jsou kvalitnější a kůže plosky je zbavována výměšků potních žláz. Po přidání glycerínu vznikají otisky velmi ostrých kontur.

Při zhotovení vlastního plantogramu vystoupil proband, svlečený do cvičebního úboru, na pevný stůl a bosou nohu přitlačil do porézní molitanové houby nasáklé roztokem chloridu železitého. Nohu otřel o povrch houby a došlápl na připravený papír, napuštěný předtím ferrokyanidem draselným. Přitom se proband nedotýkal druhou nohou podložky. Tentýž postup se potom opakoval s druhou nohou. (U napuštěného papíru možno využít obě strany pro otisk levé i pravé nohy). [6]

2. Rhodanidová metoda: je využito působení rhodanidu draselného na chlorid železitý. Z chemického hlediska dochází ke vzniku thiokyanatanu železitého – krvavě červeně zbarveného – podle rovnice:



Kladívkový papír byl opět ponořen asi na 30 min do 10% roztoku rhodanidu draselného. (Požaduje-li se menší intenzita zbarvení, lze použít i slabší koncentraci roztoku. ) Papíry byly vyňaty, rozvěšeny a usušeny. Tím byly připraveny k otiskům. Takto připravené papíry nejsou citlivé vůči světlu a oxidaci, jak je tomu u papírů s ferrokyanidem draselným. Do roztoku chloridu železitého je třeba opět přidat etylalkohol a glycerín, jak je popsáno u první metody. Další pracovní postup při snímání plantogramů je obdobný jako u výše popsané první metody.

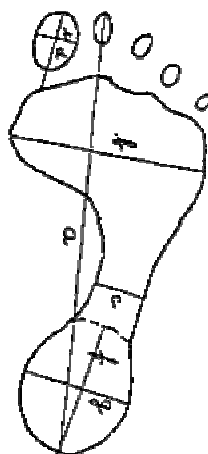
Plantogramy s thiokyanatanem železitém jsou velmi trvanlivé, krvavě červené až oranžově zbarvené a je možno s nimi i po letech znovu pracovat. [6]

### 1.3.2 Metoda plantografu

Plantogram je otisk bosého chodidla zatíženého vlastní vahou těla. Můžeme hodnotit zóny přetížení na noze, otisky můžeme archivovat a srovnávat, tedy i hodnotit účinnost léčby. Plantogramy odrážejí vnitřní stavbu chodidla, jako jsou různé záhyby kůže, jizvy nebo při velmi kvalitním otisku i kresbu papilárních linií (viz obr.4, 5). Kromě této metody existují také elektronické plantografy, které spolu s připojeným PC v reálném čase zpracovávají signály o průběhu tlaků ve statickém i dynamickém režimu zatěžování. Z tohoto průběhu získáme plantogram, který je obrazem plosky nohy, informuje tvarem svého obrysu a vzájemných vztahem mezi rozměry tohoto obrysu o stavu klenby. [7]



Obr. 4 Zhotovení plantogramu.

Obr. 5 Rozměry na  
plantogramu pro výpočet  
indexů chodidla  $I_1 - I_6$ 

### 1.3.3 Metoda měření Podometrem

Pedometr je diagnostický přístroj pro vyšetření plochonoží. Slouží pro přímé pozorování a vyhodnocení zatíženého chodidla. Zabudované výbojkové osvětlení je určeno ke zvýraznění pozorovaného plantogramu. Pacient se na skleněnou plochu postaví bos tak (obr.6), aby měl obě nohy rovnoměrně zatíženy. Pro archivaci plantogramu lze využít možnosti fotografického záznamu nebo především k nastavení parametrů s okamžitou vizuální kontrolou podle metrické stupnice na skleněné ploše. [8]

Tímto přístrojem přímo vidíme klenbu nožní, pozorujeme rozložení zátěže a změny zatížení při spoji na špičkách, na patách, na jedné končetině. Současně hodnotíme osově postavení pat a achilovek, vbočení kotníku apod., dobře zřetelné jsou i otlaky pod hlavičkami záprstních kostí. [9]



Obr. 6 Podometr – Diagnostický přístroj

## 1.4 Vyhodnocování stavu plochonoží z plantogramu

Z plantogramu zjišťujeme relativnost rozměrů bosého chodidla, rozdílnost hodnot v plošné a objemové stopě, odlišný mechanismus vzniku stopy při různých druzích lokomoce (běh, chůze, skok). [6]

### 1.4.1 Metoda Chippaux - Šmiřák

Na základě statistického zhodnocení vyšetřeného materiálu byla zjištěna jistá variabilita u měřených údajů. Pro svá měření se KLEMENTA (1964) pokusil stanovit normy pro jednotlivé stupně nohy ploché, vysoké a normálně klenuté podle metody Chippaux – Šmiřák. Tato metoda uvažuje poměr mezi nejširší a nejužší částí otisku plosky nohy.

Noha plochá: (obr.6 )

- Stupeň od 45,1% do 50,0% - mírně plochá
- Stupeň od 50,1% do 60,0% - středně plochá
- Stupeň od 60,1% do 100,0% - silně plochá

Noha vysoká: (obr.7 )

- Stupeň od 0,1 cm do 1,5 cm – mírně vysoká
- Stupeň od 1,6 cm do 3,0 cm – středně vysoká
- Stupeň od 3,1 cm výše – velmi vysoká

Noha normálně klenutá: ( obr.8 )

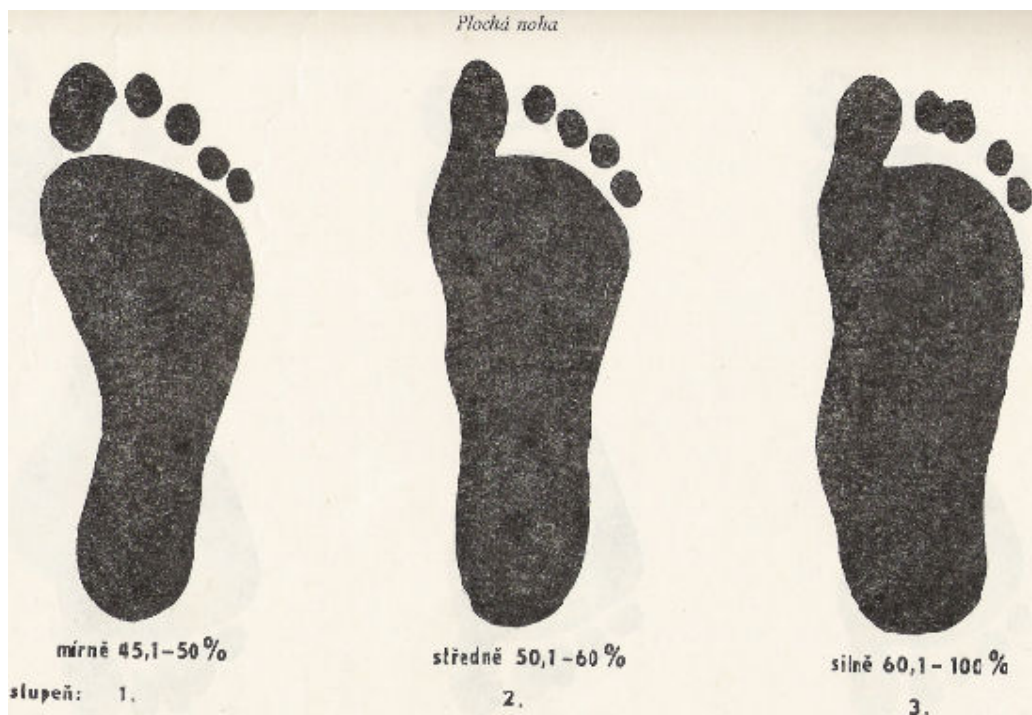
- Stupeň od 0,1% do 25%



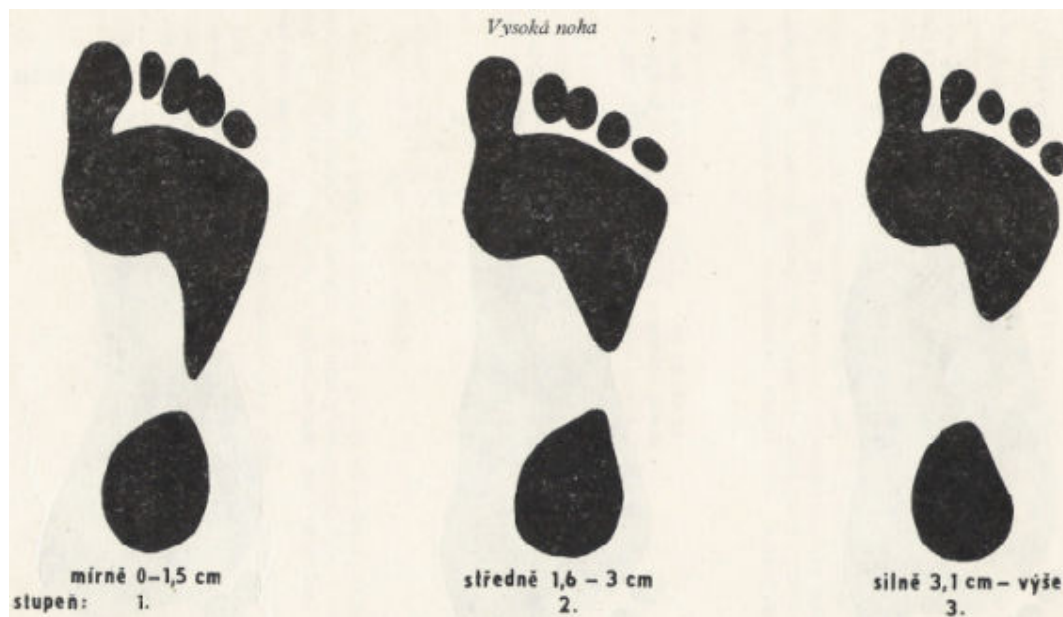
- Stupeň od 25,1% do 40%

- Stupeň od 40,1% do 45%

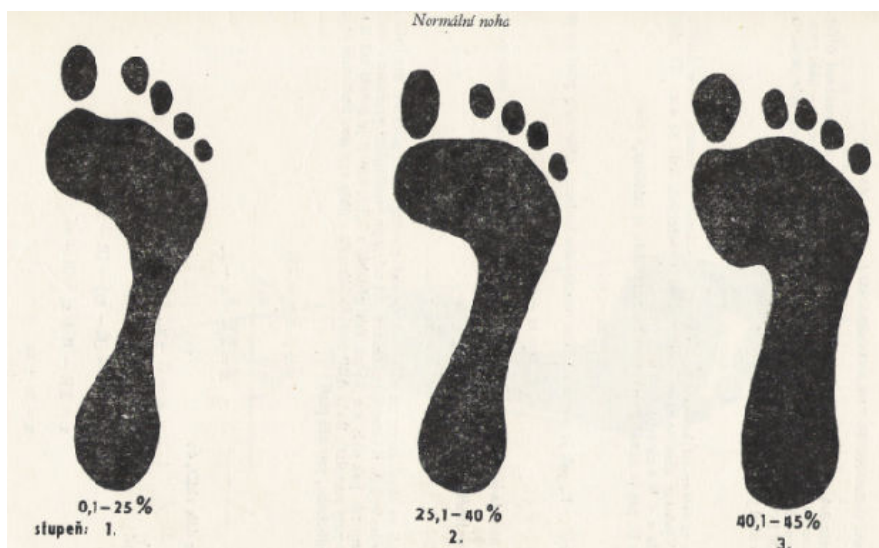
U nohy ploché a normálně klenuté jsou procentové hodnoty číselným vyjádřením poměru mezi nejužším a nejširším místem plantogramu. U nohy vysoké se jedná o velikost mezery mezi otisknutou patní a přední částí plantogramu v cm. [6]



Obr. 7 Plochá noha



Obr. 8 Vysoká noha

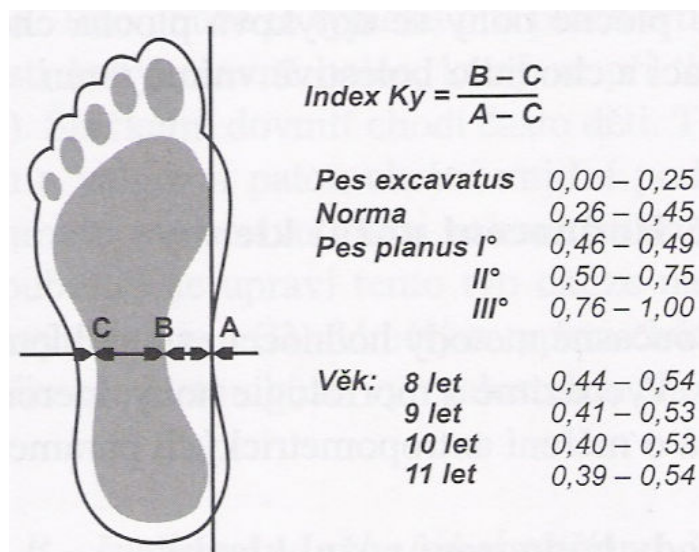


Obr. 9 Normálně klenutá noha

#### 1.4.2 Sztriter – Godunov (Kasperczyk, 1998)

Metodu dle Sztritera a Godunova, jak ji uvádí Kasperczyk, lze zařadit mezi tzn. Indexové metody. Pro klasifikaci ploché nohy používá výpočtu indexu “Ky”. Z jeho hodnoty je pak definován stav klenby nožní. K mediální tečně otisku nohy je vztyčena kolmice v nejužším místě plantogramu. Její průsečík s tečnou je značen jako bod A,

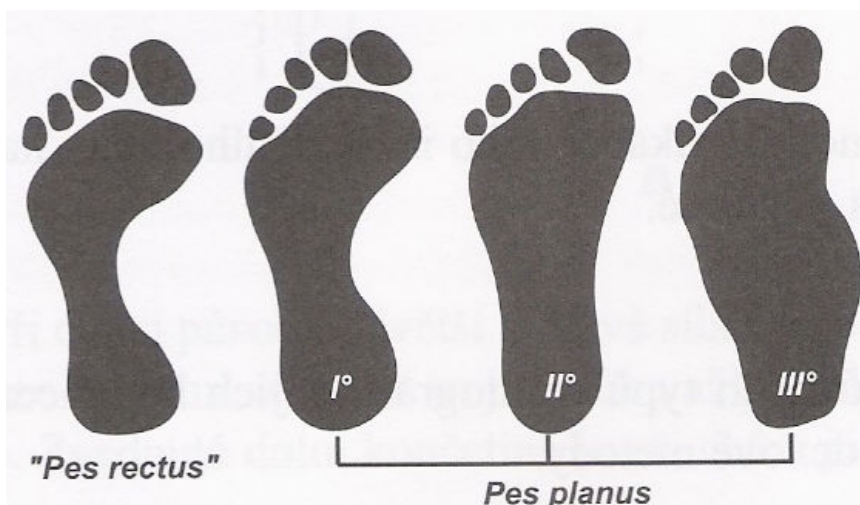
průsečky s mediálním okrajem otisku jako bod B a s laterálním okrajem jako bod C. Vzájemný poměr distance BC ku AC dává numerickou hodnotu indexu "Ky". [10]



Obr. 10 Sztriter – Godunov

### 1.4.3 Vizuální škála

Princip metody vizuální škálování (Kapandji, 1985; Dungal, 1988) spočívá ve srovnávání tvaru plantogramu s některou z mnoha dostupných škál otisků. [10]



Obr. 11 Vizuální škála

#### 1.4.4 Metoda segmentů

U metody segmentů (Purgarič, 1994) jsou v nejširší části otisku paty a přední části nohy spojeny dvojice protilehlé body. Takto získané úsečky (jsou označovány jako “diametr” a měly by být rovnoběžné) jsou rozděleny na pět stejných částí, které jsou označeny čísly 1-5, přičemž číslování je vedeno z laterální strany. Příslušné dvojice bodů jsou pak spojeny podélnými přímkami, čímž je plantogram rozdělen na 5 podélných segmentů.

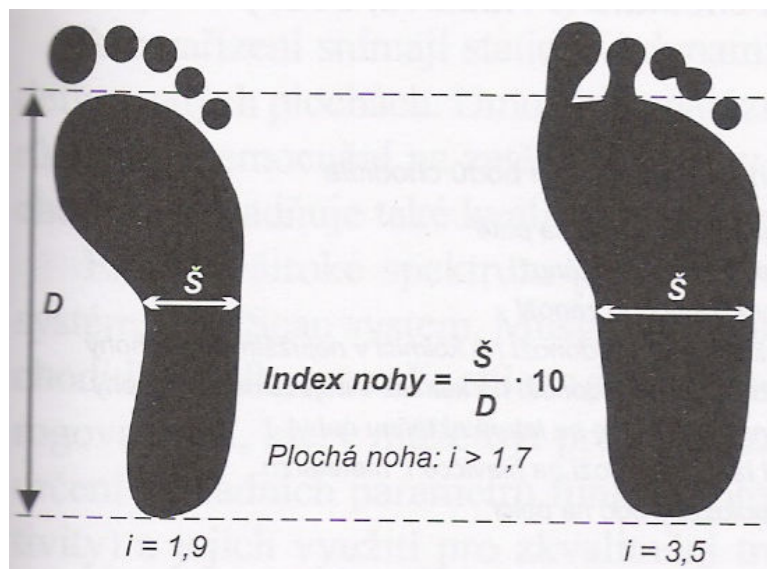
Plantogram hodnotíme na základě šíře otisku v obvykle nejužším místě, které odpovídá linii mezi os cuboideum a os cuneiforme mediale. Tento diametr je nazýván “spojnice”. Šíře “spojnice” a její lokalizace vzhledem k vytyčeným segmentům je parametrem pro klasifikaci plochonoží. [10]



Obr. 12 Metoda segmentů

#### 1.4.5 Metoda indexu

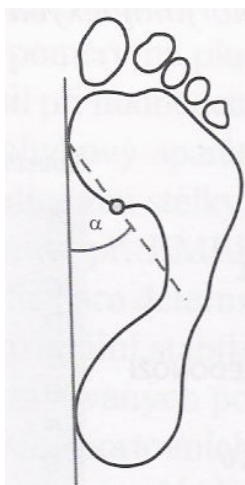
Srdečný (1982) k hodnocení plochonoží používá výpočtu indexu (nohy). Tento index je vypočítán z poměru mezi délkou otisku nohy bez otisku prstů a šířky nohy v úrovni baze V. metatarzu. Šířka nohy násobena deseti se vydělí délkou nohy. Pro správně klenutou nohu platí hodnota indexu do 1,6. Pro plochou nohu pak index nabývá hodnot 1,7 a vyšších. [10]

Obr. 13 *Metoda indexu*

#### 1.4.6 Clarkův úhel

Pro klasifikaci ploché nohy se vychází z CLARKOVA úhlu, který je definován jako úhel, který svírá vnitřní tečna otisku nohy s předním obloukem klenby.

Úhel  $44^\circ$  a méně definuje plochou nohu, úhel  $45^\circ$  až  $55^\circ$  normální nohu a  $56^\circ$  a více pak vysokou nohu. [11]

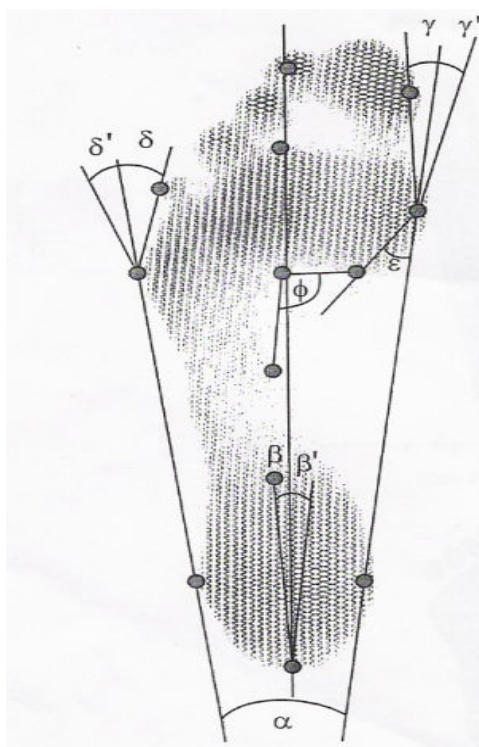


Obr. 14 *Hodnocení  
plantogramů dle  
“Clarkova úhlu”*



### 1.4.7 Stanovení úhlů chodidla

Dalším příspěvkem k původně řešené metodické problematice je měření úhlů nohy (úhel palce, malíku aj.) z plantogramu, tj. mezi tečnami vnitřního a vnějšího okraje plantogramu – úhlu mezi vnitřním a vnějším paprskem nohy. Úhel nohy je důležitou charakteristikou, která ovlivňuje padnutí obuvi. Pokud se liší úhel kopyta a úhel nohy, obuv nesedí v oblasti paty nebo prstních kloubů, což vede k vadám kůže a může dojít k závažným deformacím. Klementa (1987) vztáhl hodnoty úhlu nohy k typologii nohy. U normálně klenuté nohy se vyskytovala poměrně značná vyrovnanost hodnot úhlu nohy ( $15,5^{\circ}$ - $17,4^{\circ}$ ). Největší úhel měla vysoká noha, nejmenší plochá noha. [12]



Obr. 15 Stanovení úhlů chodidla

Podobně jako Chippaux – Šmirák zjišťuje stav plochonoží, tak následující metoda specifikuje morfologické body otisku plošky nohy. Determinace jednotlivých úhlů na chodidle:

- $\alpha$  úhel nohy
- $\beta$  úhel paty směrem k laterální straně chodidla ( valgózní postavení paty )
- $\beta'$  úhel palce směrem k mediální straně chodidla ( valgózní postavení paty )

- $\gamma$  úhel palce směrem k laterální straně chodidla ( valgózní postavení palce )
- $\gamma'$  úhel palce směrem k mediální straně chodidla ( valgózní postavení palce )
- $\delta$  úhel malíku směrem k mediální straně chodidla ( valgózní postavení malíku)
- $\delta'$  úhel malíku směrem k laterální straně chodidla ( valgózní postavení malíku)
- $\varepsilon$  Clarkův úhel
- $\phi$  úhel předonoží. [12]

### 1.5 Metoda sádrového odlitku

Sádrový odlitek se provádí hlavně u deformovaných nohou. Nohu je třeba předem depilovat a natřít vaselínou v místech, která přijdou do styku se sádrou při získávání negativní formy. Negativní forma se získá buď pomocí několikadílné skříňky ( s izolovanými dělicími rovinami ) nebo tzv. bandážovým způsobem (noha se obaluje obvazem, který se prosypává sádrou, následuje ponoření do vody, po částečném zatuhnutí se v nártu skořepina rozřízne a po sejmutí z nohy opět natvaruje do správného tvaru a nechá ztuhnout). Před zhotovením pozitivního odlitku se vnitřek negativní formy izoluje tukem nebo lakem. [2]

## 2 TECHNOLOGIE MĚŘENÍ NOHOU – BEZKONTAKTNÍ METODY

### 2.1 Princip 3D

Základním rozdělením je, zda zařízení snímají 3D data kontaktním nebo bezkontaktním způsobem. Zde jsou nabízeny bezkontaktní systémy měření označované jako skenery pracují nejčastěji na laserovém nebo optickém principu. Tyto přístroje mají značnou produktivitu a vytváří hustou síť bodů. Všechny uvedené typy přístrojů jsou vhodné pro snímání vnější geometrie. Existují i systémy pro snímání geometrie vnitřní. Další členění zařízení je podle toho, zda jde o stacionární (skenované těleso se musí dopravit k zařízení) nebo mobilní systém (zařízení lze přenášet). Zařízení se dají rozdělit také podle stupně dosahované přesnosti, a např. optické, laserové, mechanické, rentgenové a další 3D skenery. [13]

### 2.2 Optické metody měření 3D objektů

V současné době je výzkum týkající se trojrozměrného (3D) měření tvarů a rozměrů předmětů optickými cestami ve fázi rychlého rozvoje. Přesné, rychlé a nekontaktní optické metody měření jsou významné v mnoha průmyslových aplikacích zahrnujících inspekci kvality, kontroly povrchů či vizuální systémy na montážních linkách. Neméně důležité jsou při rozpoznávání 3D předmětů, při zabezpečování prostorů nebo při navigaci. [14]

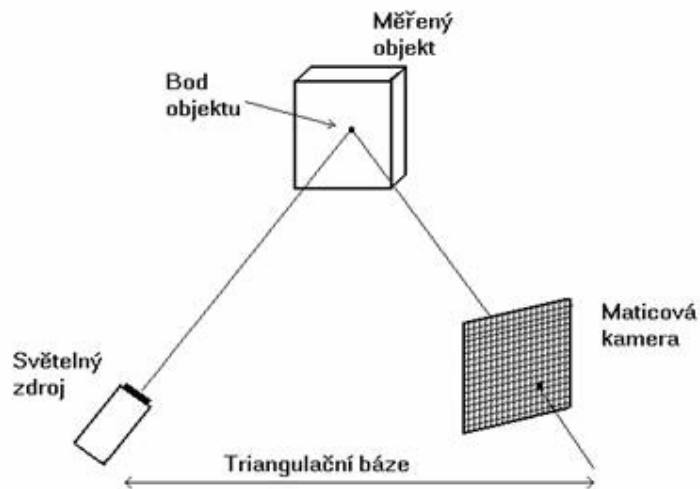
Triangulace je v současnosti nejpoužívanější technikou optického měření. Přesto, že se jednotlivé varianty zdají velmi odlišné, jsou založené na stejných principech. Rozlišujeme tyto nejdůležitější techniky: aktivní triangulace, pasivní triangulace, měřicí systémy s teodolitem, fokusovací techniky, techniky "podoba ze stínováním".

Techniky aktivní triangulace spočívají ve fotogrammetrické rekonstrukci snímaného objektu nasvícením jeho povrchu světelným zdrojem a současným snímáním CCD snímačem. Metoda aktivní triangulace je zpravidla používána, je-li světelným zdrojem laserový paprsek. Využití laserového paprsku při snímání lidského těla je v současné době nejčastější metoda.

Zdroj světla spolu se snímačem a osvětleným bodem na zkoumaném objektu tvoří tzv. triangulační trojúhelník (obr.16). Spojnici světelný zdroj - snímač nazýváme



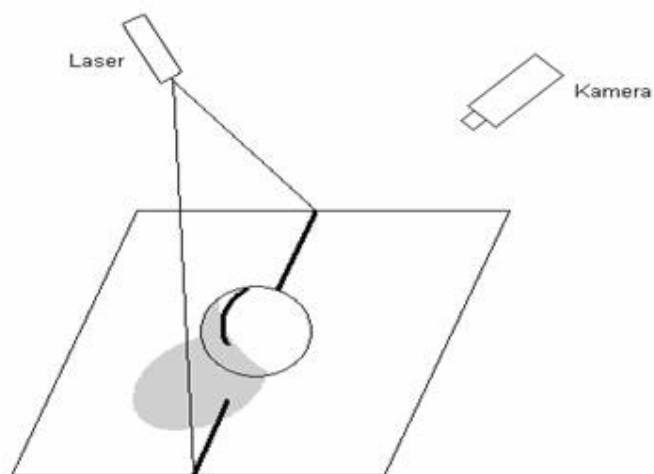
triangulační bází (základnou). Na straně zdroje je úhel svíraný s triangulační bází neměnný, kdežto na straně snímáče je úhel určen proměnnou pozicí vysvíceného bodu CCD snímáče. Z velikosti tohoto úhlu a na základě znalosti triangulační báze lze určit z-ovou souřadnici objektu. [14]



Obr. 16 *Triangulační trojúhelník (1D triangulace)*

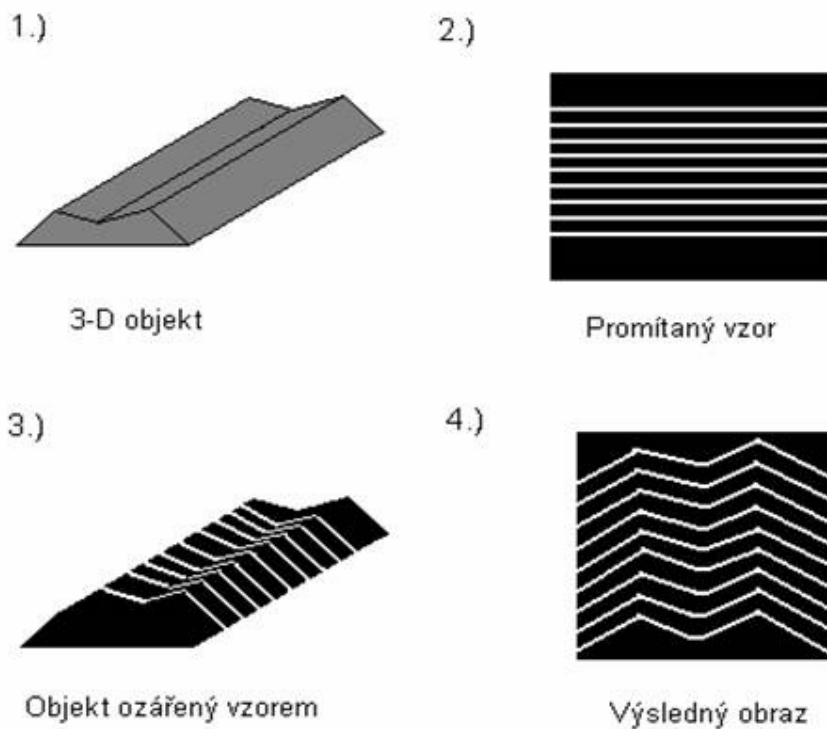
Jistou nevýhodou triangulačních metod je to, že díky konkavitám v měřeném objektu nemusí být promítaný bod, pruh či vzor vždy viditelný, a tedy nelze v tomto místě nic říci o povrchu objektu. Na obr.17 je rovina proužku vytvořena laserem a scénu snímá kamera. Šedé plošky na obrázku znázorňují oblast, kterou kamera nevidí. Dolní část koule není zase osvětlena rovinou z laseru. Jisté problémy mohou činit také povrchy, které jsou téměř rovnoběžné s rovinou proužku. Tyto povrchy budou na snímku špatně zřetelné.

Použijeme-li strukturovaný světelný svazek, je celý objekt označen najednou, což je velká výhoda oproti metodám 1D a 2D triangulace, kdy je třeba pracně a zdlouhavě skenovat scénu. [14]



Obr. 17 *Problém viditelnosti u triangulačních metod (2D triangulace)*

Obr.18 naznačuje jednu z možností 3D triangulace, kdy je na trojrozměrný objekt promítnut vzor (např. pruhy či mřížka). Podle deformací vzoru na objektu lze určit tvar objektu. [14]



Obr. 18 *Technika světelného vzoru (3D triangulace)*

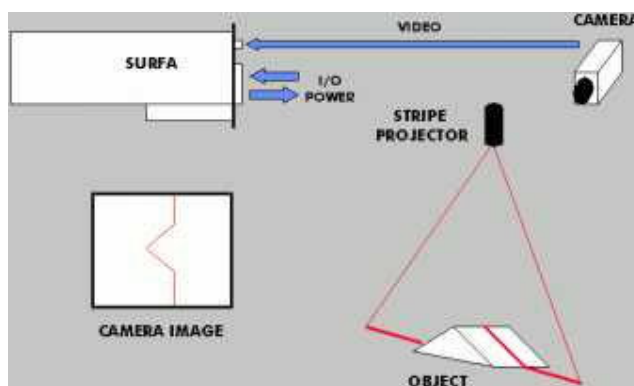
### 2.3 Optické 3D skenery

Tyto skenery snímají objekt z několika úhlů pomocí optického zařízení. Při každém natočení, které se provede buď ručně nebo pomocí polohovacího zařízení (krokový motorek řízený počítačem), se objekt v podstatě vyfotí a data se odešlou do počítače. Po získání snímků ze všech úhlů pohledu se data zpracují a digitalizovaný model se vytvoří metodou aproximace. Většina skenerů umožňuje vytvářet počítačové modely užitím sejmutých bodů, polygonů, křivek typu B-spline nebo jiných standardních geometrických entit. Kvalita zdigitalizovaného objektu se dá ovlivnit především počtem získaných snímků (čím jemnější vzorkování polohy, tím vyšší shoda s originálem). Aby byla naskenovaná data vůbec použitelná, musí být za skenovaným objektem jednobarevné pozadí (nejlépe ta barva, která je hodně kontrastní s objektem). Pokud by se tato zásada nedodržela, bylo by velmi složité, ne-li nemožné, oddělit objekt od prostředí (tzv. vymaskování). Před vlastním skenováním je vhodné na tělese vyznačit několik orientačních bodů pro přesnější "slepování" obrázků ve 3D těleso. Z toho, že jednotlivé snímky jsou obyčejné 2D fotografie, plynou určité výhody i nevýhody tohoto zařízení. Výhodou je, že informace o povrchu objektu (textuře), je obsažena již ve skenovaných datech, proto ji není nutné uměle dotvářet. Značná nevýhoda spočívá ve vytváření modelu aproximační metodou, protože ze 2D obrázků (profilů) systém nedokáže zreprodukovat prohlubně a díry, které nejsou průchozí. Jediné, co optický skener dokáže z obrysů rozpoznat, jsou nepatrné náznaky změny hloubky povrchu v kritických místech prohlubní. [13]

### 2.4 Laserové 3D skenery

Laserový skener pracuje na stejném principu jako např. sonar, využívá se vlastností laserového paprsku. Vlastní skenování spočívá v tom, že se kolmo proti předmětu vyšle laserový paprsek, který se od něho odrazí a vrátí se zpět do skenovacího zařízení, kde se vyhodnotí. Vyhodnocením doby, která uplyne od vyslání do vrácení paprsku, získáme informaci o rozměru předmětu ve směru letu paprsku. Informace o zakřivení povrchu plyne z úhlu pod jakým se paprsek vrátí zpět do zařízení. Spojením obou základních informací skener získá přesnou polohu bodu, kterou odešle do počítače. Tímto způsobem skener laserovým paprskem "obkrouží" celé těleso, popř. těleso se otáčí a skenovací zařízení stojí. Kvalita zdigitalizovaného tělesa je dána hustotou, s jakou laserový paprsek pokryl plochu reálného tělesa. Výstupem je soubor dat o polygonech definujících geometrii povrchu

tělesa. Obvykle bývá součástí zařízení i barevná kamera, která rovnou při skenování snímá barevnou informaci (stejný princip jako optické skenery). Výsledný objekt tedy bude nejen přesnou geometrickou napodobeninou, ale bude mít i stejnou texturu. Na rozdíl od optických skenerů nemají tyto skenery problém s rozpoznáním neprůchozích otvorů, prohlubní a výstupků. Výhodou laserových skenerů je jejich vysoká přesnost a nenáročnost na obsluhu během skenování. Mají nejlepší předpoklady pro široké využití v praxi i když jejich cena je v porovnání s ostatními uvedenými typy několikanásobně vyšší. [13]



Obr. 19 *Princip laserových 3D skenerů*

## 2.5 Mechanické 3D skenery

Princip toho zařízení spočívá v tom, že skenovaný objekt fyzicky "osaháme" hrotem, který je zavěšený na mechanickém rameni. Rameno má v každém kloubu senzor zaznamenávající natočení ramene v tomto místě. Poloha skenovaného bodu se získá vyhodnocením údajů ze všech kloubů ramene. Před vlastním skenováním je vhodné na objektu vyznačit body, které se musí nasnímat, abychom získali přesný digitální obraz fyzického objektu. Počet těchto bodů je závislý na složitosti tělesa a na požadované přesnosti. Výstupem z tohoto zařízení je obrovské množství bodů definovaných 3 souřadnicemi ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Touto metodou se nedají získat informace o textuře povrchu objektu. Nevýhoda zařízení je v tom, že objekt je nutné "osahávat" hrotem ručně. Proto je tento způsob získávání 3D modelu nejvíce časově náročný. Mechanické skenery jsou vhodné pro digitalizaci poměrně složitých těles jak s dutinami tak i s nerovnoměrným povrchem. [13]

## 2.6 Fotogrammetrický systém

Fotogrammetrie se zabývá rekonstrukcí tvarů, měřením rozměrů a určováním polohy předmětů, které jsou zobrazeny na fotografických snímcích. Existují 3 fotogrammetrické metody podle nichž se snímkování provádí: univerzální, kombinovaná a integrovaná. Provoz tohoto fotogrammetrického systému je levnější, rychlejší a přesnější než měřicí mechanická zařízení. Systém se skládá z digitální kamery, notebooku, samolepících značek a kalibrační tyče. Výhodou oproti mechanickým zařízením je bezkontaktní snímání dat (můžeme měřit tělesa zahřátá na vysokou teplotu aniž by došlo ke zkreslení výsledků vlivem dilatace měřidla). Data získaná při měření se dají použít k vytvoření digitálního modelu s přesnou geometrií a k následnému porovnání s teoretickým CAD modelem. [15]

Před vlastním skenováním se měřený objekt na vhodných místech opatří speciálními kruhovými značkami, kterých může být i několik tisíc. Potom se udělá libovolný počet snímků z různých stran tak, aby se na snímcích vyskytly všechny body minimálně 3 krát. Součástí snímků bodů musí být i kalibrační tyč položená vedle měřeného předmětu. Takto pořízené fotografie se přenesou z fotoaparátu do počítače a zpracují se speciálním programem, který dokáže z více snímků vyhodnotit prostorové souřadnice bodů a podle kalibrační tyče přiřadit správné číselné údaje vzdáleností. Výsledkem je mrak 3D bodů, mezi nimiž se dají přesně měřit vzdálenosti. Celý postup trvá asi 1 hodinu, kvůli ročnímu pořizování snímků však systém není vhodný pro sériová měření.

Zařízení umožňuje měřit např. deformace předmětu, a to ve dvou fázích (nedeformovaný/deformovaný stav). Deformovaného stavu můžeme dosáhnout při provozu působením vnějších sil nebo tepelným zatěžováním. Systém dokáže tyto deformace rychle vyhodnotit a odeslat např. do řídicího střediska, kde se provedou potřebná opatření. [15]



Obr. 20 Zařízení Tritop a speciální značky

### 3 VYUŽITÍ BEZKONTAKTNÍHO MĚŘENÍ

#### 3.1 Obecné využití bezkontaktního měření

V současné době rostou požadavky na rychlé získání digitální podoby nejrůznějších objektů od strojních součástí přes lidské tělo až po budovy. Bezkontaktní přístroje jsou používány na vývoj 3D her, kde rychle a snadno dostaneme digitální podobu reálné krajiny, místností, aut nebo postav aniž by se cokoliv muselo pracně modelovat. Největší podíl na zábavním průmyslu a využití bezkontaktních zařízení má filmová produkce - vytváření 3D objektů charakteristických pro CG, TV a animace. V oblasti vzdělávání a výzkumu jsou využívány pro trénování CG postupů nebo vytváření multimediálních encyklopedií a při analýze 3D údajů anatomie člověka nebo jako vizualizační jednotka umělé inteligence (roboty). V oblasti antropometrických měření lze data následně využít v oděvním průmyslu pro nalezení nejvhodnějšího tvaru obuvi nebo ošacení. Dalším polem působnosti je průmyslový design, kde jsou převedeny představy designéra z reálného modelu do počítačem editovatelné podoby a následný rychlý proces výroby prototypu např. v oblastech jako kosmetika nebo toaletní potřeby. Ve spojení se stavebním průmyslem se díky těmto zařízením práce s architektonickým návrhem velice zjednoduší a zpřehlední.

Základní vlastnosti těchto zařízení zajímaví zákazníka jsou vysoká rychlost, přenosnost, snadné užití a přijatelná cena. [16]

#### 3.2 Využití bezkontaktních přístrojů pro měření nohou

Bezkontaktní snímače ve spojení s počítačovým softwarem dávají možnost měření lidského těla a speciálně lidské nohy v několika málo sekundách. Takto získaná data lze později opakovaně analyzovat a využít jak v oblasti antropologického výzkumu, tak i v průmyslové výrobě. Rozměry nohou, o kterých se zmiňují předchozí kapitoly získané kontaktní metodou měření lze tedy získat podstatně jednodušeji a rychleji. Následující podkapitoly uvádí výčet několika v současné době používaných 3D skenerů. Jejich počet se neustále s rostoucím vývojem technologií bezkontaktního měření mění a mění se i jejich princip a provedení s čímž souvisí jejich možnosti využití a cena.

### 3.2.1 Optické 3D skenery nohou

#### 1. FotoScan Foot Scanner (Precision 3D Limited, Velká Británie)

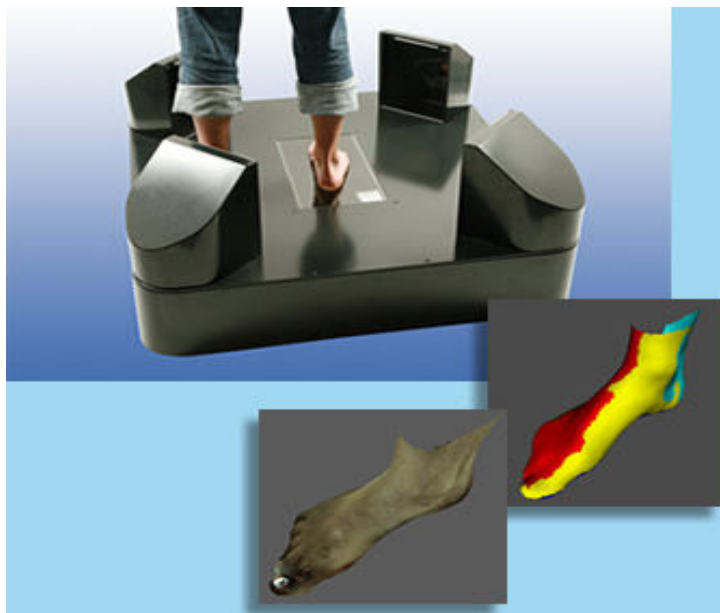
FotoScan je používán po celém světě pro zákazníky v ortopedickém a obuvnickém průmyslu. Tento skener používá nejnovější technologie v stereofotografii, k vytvoření přesného 3D obrazu lidské nohy. Na rozdíl od laserových systémů které jsou i cenově náročné FotoScan namísto pohybujícího se laserového paprsku používá pevné kamerové systémy a promítací přístroj zachytí digitální obraz nohy. Unikátní 3D software potom používá snímek ke konstrukci velmi přesného 3D modelu nohy, a to plně automatickým procesem.

Používání tohoto přístroje je jednoduché a princip je stejný jako u digitální kamery. Zákazník nebo pacient stojí na plošině, jednou nohou na průhledné desce umístěné uprostřed. Noha je následně osvětlena a zhotovena fotografie. Fotografický proces je plně automatický a trvá jen 3 – 4 sekundy.

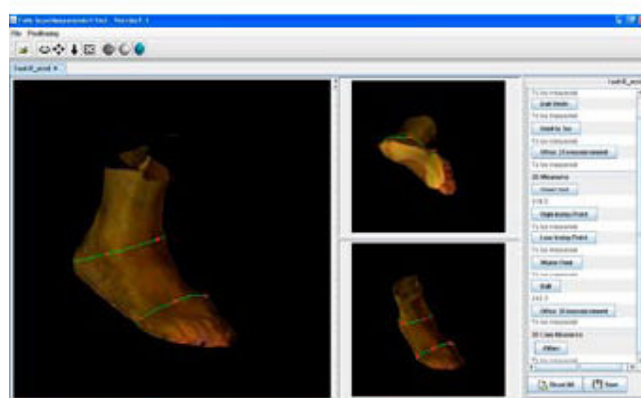
Následný 3D CAD model může být vytvořen během okamžiku při snímání nebo může být díky uložení dat vytvořen a zobrazen později, FotoScan vytváří CAD soubory ve všech významných standardních 3D formátech, zahrnující VRML, DXF a STL. Získaná data skenu nohy mohou být použita jakýmkoliv základním 3D CAD/CAM systémem.

Stručný popis přístroje FootScan Foot Scanner:

- Přesnost až 0,5mm ve všech 3 osách x, y, z,
- Poskytuje plnobarevný 3D obraz nohy,
- Rychlý proces skenování,
- Skenování nohy a dolní končetiny do výšky 20 cm od podložky,
- Snadná údržba přístroje,
- Kompatibilní se všemi specializovanými CAD/CAM systémy. [17]



Obr. 21 FotoScan 3D



Obr. 22 3D model nohy

## 2. FotoScan Plantar Scanner (Precision 3D Limited, Velká Británie)

Plantar Scanner je 3D skener konstruovaný na navrhování protetiky - stélek obuvi. Systém pracuje obdobně jako FotoScan 3D Foot Scanner. Je používán jako digitální kamera, používá technologii stereofotografie, aby zachytil přesně 3D obraz povrchu nohy. CAD data, která jsou získána s přesností na milimetry mohou být užita výrobcí protetiky ke konstrukci dokonale velikostně padnoucí stélky obuvi. Výsledný 3D obrázek lze také použít jako součást chorobopisu stavu nohy. Z pohledu tradičního postupu výroby protetických pomůcek, pomocí Plantar Scanneru je možné skenovat prošlap vytvořený ve speciálním pěnovém rámečku a jeho sádrový odlitek.



Stručný popis přístroje FootScan Planta Scanner:

- Doba skenování: 1 sec,
- Získání kompletních 3D údaje všechny částí povrchu chodidla,
- Skenování nohy ve třech polohách: zatížená poloha nohy, částečně zatížená a nezatížená,
- Přesnost: až 0,5 mm,
- Poskytuje plnobarevný 3D obraz nohy,
- Kompatibilní se základními výrobními protetickými systémy.

Plantar Scanner je úspěšně používán po celém světě výrobci protetiky a napomáhá lékařům – pediatrům, určit deformity nohou, což usnadňuje volbu vhodných korekčních pomůcek. [19]



Obr. 23 3D Plantar scanner



Obr. 24 3D obraz plosky nohy

3. Fotoscan 3D Handheld Scanner (Precision 3D Limited, Velká Británie) je příručním řešením pro 3D skenování. Toto skenovací zařízení je používáno společně s přenosným počítačem a zajišťuje přesně 3D údaje pro široký rozsah aplikací.

FotoScan 3D ruční skener je založen na metodě používání stereofotografie nebo “bílého světla” pro získání přesného 3D obrazu skenovaného objektu. Data výstupních souborů jsou slučitelná se všemi základními CAD/CAM systémy a barevný 3D obraz je vytvořen .

Stručný popis přístroje FootScan Handheld Scanner:

- Celkový rozměr: pouze 11’’x 9’’x 4’’,
- Doba skenování: 1 sekunda,
- Přesnost: až 0,5 mm,
- Snadno přenosný nebo jej lze použít společně se stativem,
- Bezpečný a spolehlivý v oblasti zdraví díky používání technologie “bílého světla”,
- Tvoří barevné 3D obrazy,
- Výstupní soubor je kompatibilní s CAD/CAM systémy.

FotoScan 3D Handheld Scanner je možné použít pro skenování povrchu planty, prošlapu ve speciálním pěnové rámečku a také odlitku nohy. [20]



Obr. 25 FotoScan 3D Handheld Scanner

4. Lightbeam® 3D footscanner (Corpus.e AG, Německo) je snadno použitelné, přenosné zařízení pro skenování celé nohy. K získání dat pro vytvoření 3D modelu je využito kamery umístěné na kruhovém obvodu skeneru. Takto lze získat informaci o tvaru paty, prstů a nožní klenby. 3D data a míry jsou exportována do obecného souboru formátu (DXF, VRML, Shoemaster VRML, STL). V současnosti lze využít možnosti zpracování dat a naměřených hodnot za pomoci programu umístěném na internetovém serveru. [18]



Obr. 26 Lightbeam scanner

### 3.2.2 Laserové 3D skenery nohou

CANFIT – PLUS™ Yeti™ (VORUM, Kanada)

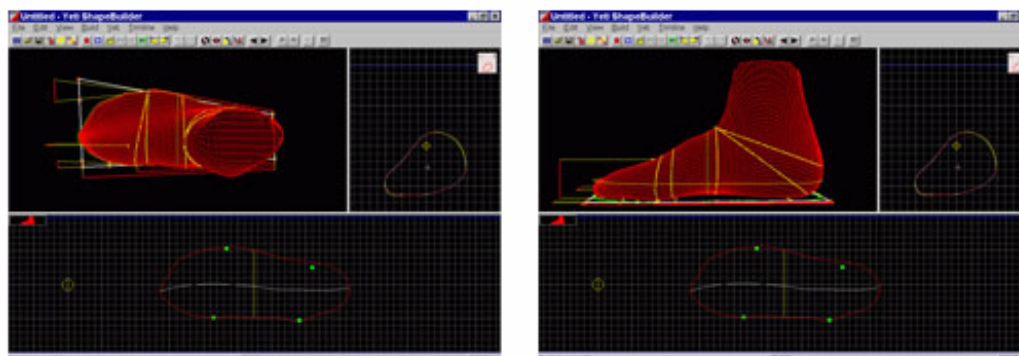
VORUM Research Corporation je jednou z nejstarších společností, která se zabývá vývojem CAD/CAM systémů v oblasti protetiky a ortotiky. Yeti™ 3D Foot Scanner je optické skenovací zařízení a pro zpracování dat využívá CANFIT –

PLUS<sup>TM</sup> FootWare<sup>TM</sup> Systém. Používá osm kamer a čtyři lasery, Yeti<sup>TM</sup> poskytuje vysoké rozlišení získaného modelu pro digitalizaci a následné vytvoření tvarové kopyta. Software Yeti Shape Builder umožňuje rychlé skenování dat pro zobrazování přesného obrazu a komplexní informace o mírách na vícenásobném pohledu.

Yeti High Resolution skener nohou umožňuje také skenování obuvnického kopyta. V kombinaci se softwarem pracujícím na vysokém rozhraní mohou být data ze skenovaného objektu použita pro CAD/CAM systémy. Data jsou uložena do CANFIT – PLUS<sup>TM</sup> FootWare Advanced Design programu, kde je současně uložen 3D obrázek nohy, vyznačením požadované informace a modifikace požadavku zákazníka mohou být všechny údaje integrovány. [21]



Obr. 27 Yeti<sup>TM</sup> 3D Foot Scanner



Obr. 28 Proces skenování hrubá data

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá popisem bezkontaktních přístrojů pro měření nohou a jejich principy. V teoretické části jsou detailně uvedeny kontaktní a zejména bezkontaktní metody – jejich výhody, nevýhody a využití v praxi, konkrétně v obuvnické výrobě. Kontaktní metody jsou objektivní, levné ale časově náročné. Pomocí bezkontaktních metod proces měření probíhá rychle a výsledek je přesný. Konkrétní přístroje pracují nejčastěji na laserovém nebo optickém principu. Získaná data jsou opakovatelně využitelná a mají význam v mnoha průmyslových oblastech, nejenom v obuvnické výrobě, na kterou se zaměřuje tato bakalářská práce. Z dostupných údajů lze tedy konstatovat, že vývoj skenerů pro snímání objektů jde rychle kupředu. Tyto snímače jsou vhodným prostředkem pro určení 3D tvaru nohy a při navrhování a konstrukci stélek, ale i celé obuvi jsou již nepostradatelnou součástí výroby.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Šťastná, P.: *Pohodlná moderní obuv, Základní požadavky na zdravotně nezávadnou obuv*, Zlín, 17.5.2005, Univerzita Tomáše Bati, Technologická fakulta, [online] [cit. 2008-04-11] . Dostupný na [www: <http://www.sante-zdravotni-obuv.cz/cs/clanek/1/6/zakladni-pozadavky-na-zdravotne-nezavadnou-obuv/>](http://www.sante-zdravotni-obuv.cz/cs/clanek/1/6/zakladni-pozadavky-na-zdravotne-nezavadnou-obuv/)
- [2] ŽIDLÍK, A.: *Navrhování výrobku, konstrukce obuvi a galanterie. Konstrukce obuvi*. Fakulta technologická, Ediční středisko VUT Brno, 55-632-82, r.1982, s. 48- 52.
- [3] *Česká obuvnická a kožedělná asociace. Dobrovolná certifikace dětské obuvi a její zdravotní aspekty* [online]. [cit.2008-04-26]. Dostupný z [www: < http://www.coka.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=30 >](http://www.coka.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=30).
- [4] *iNovesta: Velikosti obuvi* [online]. [cit. 2008-04-16]. Dostupný z [www: < http://www.novesta.cz/cz/\\_velikosti.htm/ >](http://www.novesta.cz/cz/_velikosti.htm/)
- [5] *Ortopedie & Rehabilitace. Plocha noha* [online]. [cit.2008.04.25]. Dostupný z [www: < http://www.ortopedie-rehabilitace.cz/index.php?cmd=article&articleID=13 >](http://www.ortopedie-rehabilitace.cz/index.php?cmd=article&articleID=13)
- [6] KLEMENTA, J.: *Somatometrie nohy. Vývoj změn některých morfologických a funkčních znaků nohy, jejich příčiny, hodnocení a aplikace*. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1987, 14-045-88, s.18-25.
- [7] Tlapaková, Jana. *Na pomoc ortopedii I fyzioterapii. Medical Tribune CZ* [online]. 2007, no.16 [cit.2008-05-13]. Dostupný z [www: < http://www.medical-tribune.cz/archiv/mtr/145/4182 >](http://www.medical-tribune.cz/archiv/mtr/145/4182)
- [8] *ING corporation: Diagnostické přístroje* [online]. [cit.2008.04.19]. Dostupný z [www: < http://www.ingcorporation.cz/cs/pristroje-zarizeni/index.php >](http://www.ingcorporation.cz/cs/pristroje-zarizeni/index.php)
- [9] OSTRÝ, D.: *Ortopedická ambulance. Diagnosa* [online]. [cit.2008.05.03]. Dostupný z [www: < http://www.dostry.cz/podrobne/potize\\_ploche\\_nohy.htm >](http://www.dostry.cz/podrobne/potize_ploche_nohy.htm)

- [10] SVAJČÍKOVÁ, J.: *Metody hodnocení plantogramu u plochonoží. Přehled metod hodnocení plantogramu z hlediska diagnostiky plochonoží*. Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc, 2000, s.191
- [11] CLARKE, H., H.: *An objective method of measuring the height of the Longitudinal arch of the foot*. Res. Quart. IV, 1933, s.99.
- [12] Riegerová, J., Přidalová, M., Ulbrichová, M.: *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. Morfologie nohy a její hodnocení*. Olomouc 2006, ISBN 80-85783-52-5, s.178.
- [13] Dostupný z www: < <http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/main03.html> >
- [14] ILONA, K., KAREL, H.: *Optické metody měření 3D objektů*. Ústav automatizace a měřicí techniky, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2005/23, 14.04.2005 [online]. [cit.2008.05.21]. Dostupný z www: < <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05023/index.html#kap4> >
- [15] Dostupný z www: < <http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/main05.html> >
- [16] Dostupný z www: < <http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/main06.html> >
- [17] Dostupný z www: < <http://www.precision3d.co.uk/ortho.htm> >
- [18] Dostupný z www: < <http://www.corpus-e.com/res/lightbeam%20product%20data%20V6.pdf> >
- [19] Dostupný z www: < <http://www.precision3d.co.uk/custom.htm> >
- [20] Dostupný z www: < <http://www.precision3d.co.uk/Handheld.html> >
- [21] VORUM Research Corporation [online]. [cit. 2008.05.28]. Dostupný z www: < [http://www.vorum.com/Footware\\_Systems/footware\\_sy\\_yeti.asp?pageID=48](http://www.vorum.com/Footware_Systems/footware_sy_yeti.asp?pageID=48) >

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

mm	Milimetr - je délková jednotka, $10^{-3}$ neboli 1 tisícina metru.
NS	Normalizovaný standard.
tzv.	tak zvaný.
ml	Mililitr - je metrická jednotka objemu, rovná jedné tisícině litru.
PC	Osobní počítač (z anglického Personal Computer).
apod.	a podobně.
cm	Centimetr - je délková jednotka, $10^{-2}$ neboli 1 setina metru.
3D	je zkratka výrazu „trojdimenzionální“, „trojrozměrný“, a označuje svět, který je možné popsat třemi rozměry.
CCD	je elektronická součástka používaná pro snímání obrazové informace. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což v překladu znamená zařízení s vázanými náboji.
2D	je zkratka výrazu „dvoudimenzionální“, „dvourozměrný“ a označuje svět, který je možné popsat dvěma rozměry.
B-spline křivka	je aproximační křivka, která se často používá v CAD/CAM modelování ve 3D.
popř.	popřípadě
CAD	Computer aided design – 2D a 3D počítačové projektování.
CG	Zkratka CG pochází z anglického Computer graphics - Počítačová grafika je z technického hlediska obor informatiky, který používá počítače na syntetické vytváření umělých snímků.
TV	Televize
VRML	Virtual Reality Modeling Language - je grafický formát založený na deklarativním programovacím jazyce, který byl navržen především pro popis trojrozměrných scén obsahujících aktivní i pasivní objekty, použité například v aplikacích virtuální reality.



---

AutoCAD DXF	Drawing Exchange Format - jsou CAD soubory vyvinuté firmou Autodesk umožňující výměnu dat mezi AutoCADem a dalšími programy.
STL	Standard Template Library
CAM	Computer aided manufacturing - počítačem řízený výrobní proces.
KB	KiloByte - jednotku informace, obsahující 1024 bajtů; pro matení s tisícibajtovým kB byla nahrazena jednotkou kibiByte (KiB)
USB	Universal Serial Bus - je univerzální sériová sběrnice. Moderní způsob připojení periférií k počítači.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Plastové měřidlo pro měření délky a šířky nohou</i> [3].....	10
Obr. 2 <i>Měření nohou dotykovým přístrojem a) měřicí přístroj, b) délkové a výškové rozměry</i> [2] .....	10
Obr. 3 <i>Měření nohy</i> [4] .....	12
Obr. 4 <i>Zhotovení plantogramu</i> .....	15
Obr. 5 <i>Rozměry na plantogramu pro výpočet indexů chodidla <math>I_1 - I_6</math></i> .....	15
Obr. 6 <i>Podometr – Diagnostický přístroj</i> .....	16
Obr. 7 <i>Plochá noha</i> .....	17
Obr. 8 <i>Vysoká noha</i> .....	18
Obr. 9 <i>Normálně klenutá noha</i> .....	18
Obr. 10 <i>Sztriter – Godunov</i> .....	19
Obr. 11 <i>Vizuální škála</i> .....	19
Obr. 12 <i>Metoda segmentů</i> .....	20
Obr. 13 <i>Metoda indexu</i> .....	21
Obr. 14 <i>Hodnocení plantogramů dle “Clarkova úhlu „</i> .....	21
Obr. 15 <i>Stanovení úhlů chodidla</i> .....	22
Obr. 16 <i>Triangulační trojúhelník (1D triangulace)</i> .....	25
Obr. 17 <i>Problém viditelnosti u triangulačních metod (2D triangulace)</i> .....	26
Obr. 18 <i>Technika světelného vzoru (3D triangulace)</i> .....	26
Obr. 19 <i>Princip laserových 3D skenerů</i> .....	28
Obr. 20 <i>Zařízení Tritop a speciální značky</i> .....	29
Obr. 21 <i>FotoScan 3D</i> .....	32
Obr. 22 <i>3D model nohy</i> .....	32
Obr. 23 <i>3D Plantar scanner</i> .....	33
Obr. 24 <i>3D obraz plošky nohy</i> .....	34
Obr. 25 <i>FotoScan 3D Handheld Scanner</i> .....	35
Obr. 26 <i>Lightbeam scanner</i> .....	35
Obr. 27 <i>Yeti™ 3D Foot Scanner</i> .....	36
Obr. 28 <i>Proces skenování hrubá data</i> .....	36