

# **CAD/CAM systémy v obuvnickém průmyslu**

Petra Konečná

---

Bakalářská práce  
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Vyšší odborná škola ekonomická

akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra KONEČNÁ**

Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Obuvnická technologie**

Téma práce: **CAD/CAM systémy v obuvnickém průmyslu**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte a popište vývoj zadaného tématu za posledních 30 let.**
2. **Zjistěte jaká je současnost a novinky v této oblasti.**
3. **Provedte popis a srovnání jednotlivých CAD/CAM programů.**
4. **Formulujte závěry vyplývající ze získaných údajů.**

Rozsah práce:  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:  
**dle pokynu vedoucího**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Horáček**  
EXT - SOPHICS s. r. o.  
Datum zadání bakalářské práce: **7. října 2005**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. prosince 2005**

Ve Zlíně dne 4. listopadu 2005

Ing. Alena Dofková  
v zast. *děkan*



Ing. Hana Bačová  
v zast. *ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce by měla seznámit čtenáře s obuvnickými CAD/CAM systémy, jejich vývojem a historií, ale především se současným využitím CAD/CAM systémů v obuvnickém průmyslu. Pokusím se také upozornit na některé novinky v oblasti CAD/CAM systémů. V praktické části se pokusím představit přední programy převážně z oblasti technické přípravy výroby, které jsou momentálně na trhu a zhodnotit, které programy plní požadavky výrobců obuvi a kde jsou naopak slabá místa. Pokusím se navrhnout, jakých změn a vývoje by bylo potřeba dosáhnout.

Klíčová slova: CAD, CAM, 2D, 3D, digitalizace, skenování, konstrukce, CNC frézování,

## **ABSTRACT**

This thesis should present CAD/CAM programs in footwear industry, a little bit of their history and evolution, but mostly about the present situation. and I will also mention some of new tendencies. In practical part I will present the leading programs in each field of footwear CAD/CAM systems and evaluate how the programs used in the footwear industry meet the requirements of shoemakers. And what the developers should aim at.

Keywords: CAD, CAM, 2D, 3D, digitizing, scanning, construction, CNC milling,

## **Poděkování:**

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce a šefovi v jedné osobě panu Josefovi Horáčkovi za jeho ochotu (nejen) být mi vedoucím diplomové práce a dále i ostatním kolegům ve firmě Sophics s.r.o., kteří mi byli vždy ochotni poradit a kteří mě do této problematiky uvedli. Mé další díky putuje do Francie ke kolegovi Marcovi Delahoddovi, který mi byl vždy nápomocen, hlavně v mých začátcích ve firmě Sophics s.r.o., i nyní mi pomáhal psát o historii CAD/CAM systémů, které jsou jen těžko zjistitelné. Dále děkuji i panu Františkovi Horkovi za jeho oponenturu.

### *Motto:*

„Uvidíš-li jinde věci lepší, pravdivější a užitečnější, proč bys je rád nevyměnil za své, které nejsou tak hodnotné?“

*Jan Amos Komenský*

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD DO CAD/CAM V OBUVNICKÉM PRŮMYSLU</b> .....	<b>10</b>
1.1 CAD - PODPORA PROJEKTOVÁNÍ POČÍTAČEM.....	10
1.1.1 První CAD programy .....	10
1.2 HISTORIE VÝVOJE OBUVNICKÝCH CAD/CAM SYSTÉMŮ.....	10
1.2.1 První obuvnické programy .....	10
1.2.2 První PC aplikace .....	11
1.2.3 Využití grafických stanic (SGI, HP..).....	12
1.2.4 První obuvnický CAD v ČR .....	12
1.2.5 Další vývoj PC programů - 90. léta.....	13
1.2.6 Velký rozvoj 3D CAD aplikací.....	14
1.2.7 CAD/CAM a přelom století .....	15
1.3 POUŽÍVÁNÍ CAD/CAM V OBUVNICKÉM PRŮMYSLU .....	16
1.3.1 CAD v obuvnickém průmyslu.....	16
1.3.2 Výhody používání CAD/CAM .....	17
<b>2 2D CAD/CAM SYSTÉMY</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 Principy konstrukce obuvi na PC.....	19
2.1.1.1 Konstrukce pomocí ručně vytvořeného ZVSO.....	19
2.1.1.2 Konstrukce na 3D fyzickém modelu kopyta.....	20
2.1.1.3 Prostorová konstrukce s 3D fyzickým modelem kopyta .....	20
2.1.2 2D konstrukční program (Engineering) .....	21
2.1.3 Kalkulační program pro výrobu obuvi .....	23
2.1.4 Data management server .....	25
2.1.5 Řezací zařízení .....	26
<b>3 3D CAD PROGRAMY A JEJICH PODPORA</b> .....	<b>29</b>
3.1.1 Digitalizace kopyt .....	29
3.1.1.1 Digitalizace kopyt ručně .....	29
3.1.1.2 Digitalizace kopyt automaticky .....	30
3.1.2 Tvorba ortopedického a zakázkového kopyta.....	31
3.1.2.1 Digitalizace nohou (i kopyt) .....	31
3.1.2.2 Program na tvorbu ortopedického a zakázkového kopyta .....	32
3.1.2.3 Tvorba ortopedických stélek.....	34
3.1.3 Programy na design kopyta .....	34
3.1.4 Design obuvi ve 3D CAD systému .....	38
3.1.5 Design podešve .....	40
3.1.5.1 Opačný postup vytváření podešví.....	41
3.1.5.2 Příprava výroby forem podešví.....	42
3.1.5.3 Design podešve s LECTRA softwarem .....	42
3.1.5.4 Navrhování podešví ve 2D .....	43
3.1.6 Software na design podpatku .....	44
3.1.7 Výroba fyzických modelů kopyt.....	45
3.1.7.1 Frézování kopyt pomocí CNC strojů.....	45
3.1.7.2 Frézování podešví a podpatků pomocí CNC .....	46

3.1.7.3	RP - Rapid Prototyping (Printing) .....	47
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>CAD/CAM SYSTÉMY NA TRHU .....</b>	<b>51</b>
4.1	2D CAD/CAM SYSTÉMY NA TRHU .....	51
4.1.1	2D konstrukční programy na trhu .....	51
4.1.2	Kalkulační programy na trhu .....	52
4.1.3	Data Managementové programy na trhu .....	53
4.1.4	Řezací systémy .....	53
4.2	3D CAD/CAM SYSTÉMY NA TRHU .....	54
4.2.1	Digitalizace kopyt .....	54
4.2.2	Produkty a výrobci ortopedických CAD/CAM systémů .....	54
4.2.3	3D programy na design kopyta na trhu .....	54
4.2.3.1	3D Last System .....	55
4.2.3.2	Zhodnocení 3D Last Systému .....	58
4.2.4	Programy na design obuvi .....	59
4.2.4.1	Design obuvi v 3D grafickém programu .....	59
4.2.5	Programy na design podpatku .....	60
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>62</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>

## ÚVOD

Dnes už bychom jen těžko hledali firmu vyrábějící obuv, která by nepoužívala alespoň některý z CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) produktů. Tyto produkty v posledních letech doznali velkého vývoje v oblasti funkční i grafické. A tak co dříve bylo ideou, je dnes skutečností.

Rovněž díky rozvoji v oblasti osobních počítačů (PC), jsou dnes i graficky náročné CAD programy provozované převážně na PC mnohem dostupnější, díky grafickému rozhraní je snadné je ovládat, jsou rychlé při výpočtech. Ráda bych se však ohlédla k začátkům, kdy se programy ovládaly ještě přes stavový řádek. Nebyla dostupná grafika, opravy dat byly prováděny v textovém editoru a výpočty byly zdlouhavé.

Ale především bych tuto práci ráda pojala jako přehled (snad do značné míry objektivní) současných obuvnických CAD/CAM systémů (se zaměřením na CAD systémy), jejich možností a funkcí a uvedla přední výrobce a dodavatele těchto systémů. A tím snad pomohla orientovat se, nebo dozvědět se něco nového v této oblasti těm, kteří se o obor z rozličných důvodů zajímají.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ÚVOD DO CAD/CAM V OBUVNICKÉM PRŮMYSLU

## 1.1 CAD - Podpora projektování počítačem

### 1.1.1 První CAD programy

Podpora projektování počítačem (CAD = Computer Aided Design) významně zvýšila rychlost tvorby nejen průmyslových výrobků, ale i projektů budov a interiérů. Myšlenku použití počítače při projektování poprvé předvedl vědecké komunitě v šedesátých letech Ivan Sutherland na programu tzv. Sketchpad (skicář). Program umožňoval poprvé kreslit grafiku na stínítku pomocí nástroje podobného peru místo pracného vkládání čísel z klávesnice. Ted Nelson jej nazval ve své knize z roku 1977 *The Home Computer Revolution* „nejdůležitějším programem, který byl dosud napsán“.

Rozvoj počítačové grafiky otevřel dveře mnohým počítačovým aplikacím, včetně podpory projektování. CAD je přirozenou syntézou přesnosti a výpočtových možností počítače s grafikou výkresů a modelů. Ačkoliv CAD mohlo najít použití u tisíců lidí, zůstalo v důsledku své vysoké ceny v prvních patnácti letech výsadou sálových počítačů velkých firem.

K velké změně došlo v osmdesátých letech, když firma Autodesk uvedla program AutoCAD. Zakladatel firmy John Walker věřil, že program se uplatní nejen svou relativně nízkou cenou, ale též schopností implementace na levných počítačích. Velký úspěch programu potvrdil jeho předpoklady. Když AutoCAD přivedl projektování na novou a vyšší úroveň, zůstala ještě některá omezení. První z nich je malá názornost výstupů. Druhým omezením systémů CAD je komplikovaná manipulace s objekty.

## 1.2 Historie vývoje obuvnických CAD/CAM systémů

### 1.2.1 První obuvnické programy

První obuvnický program byl vytvořen firmou Camsco Inc. v roce 1973. Tento program byl 2D a nazýval se **Apex**, jednalo se o program na stupňování dílců. V programu bylo nutné zadat koordinační body dílců, které byly zaznamenávány na děrné štítky, výsledky stupňování byly posílány na plotter (zatím nebyl program na tvorbu dílců - dílce musely být vytvářeny manuálně). Camsco firma založená r. 1971 Ronem Martellem, která byla

koupena firmou Sulzer Brother Ltd. ze Švýcarska v roce 1978 a následně v roce 1983 byla prodána firmě Gerber. V té době se s programem Apex pracovalo na HP stanicích a měl základní dvoubarevnou grafiku. V té době bylo také možno **digitalizovat kopyto** (zatím bez grafiky) a **rozvinout do 2D** formy. Grafika již byla použita v programu na tvorbu dílců a stupňování, jehož možnosti byly však stále značně limitované.

Firma USM (United Shoe Machinery) se v polovině 80. let rozhodla investovat do oblasti CAD/CAM ve formě **podpory** pro jejich **automatické šicí stroje** ACS (Automatically Controled Stiching machine), které byly programované pomocí děrných štítků. Na počátku 90. let stroj nahradil The Automatic Join and Sew (AJS později MPCS), díky rozvoji počítačů a mikroprocesorů všechny ovládací prvky byly zabudovány do šicího stroje. V té době firma USM měla také CAD systém. Měla však značně omezené funkce a jel pouze na stanicích. Digitalizovali se ručně vytvořené dílce a bod pro stupňování musel být označen při digitalizaci. Celý proces ještě nebyl doplněn grafikou. Případná korekce byla možná pouze v textovém editoru. Tyto systémy nebyly však kvůli svým omezeným možnostem v obuvnickém průmyslu velmi rozšířeny.

### 1.2.2 První PC aplikace

V roce 1979 se lidé z firmy Camsco spojili a vytvořili novou firmu Microdynamics s Ronem Martelem jako generálním ředitelem. Jelikož měli smlouvu ohledně „nekonkurování“ s Gerbrem po celých 6 let, přežívali do roku 1985 výrobou a prodejem elektronických čipů firmě Pfaff pro jejich šicí stroje. Mezitím vyvíjeli pokrokovější CAD/CAM systémy, jak pro obuvnický, tak pro oděvní průmysl. Jejich první obuvnické systémy byly představeny na veletrhu IMS v Pirmasensu (Německo) v květnu **1985**. Tento obuvnický software se jmenoval **FDS** a pracoval na **IBM PC/XT osobních počítačích**, což byl velký obrat v oboru.

Italská společnost **Teseo**, založena r. 1988 Giannem Gallucciem následovala a představila obuvnický CAD program, který byl provozován na **PC** a tím patřila mezi první firmy mající PC CAD program.

### 1.2.3 Využití grafických stanic (SGI, HP..)

Dalším zlomem v oboru byla 90. léta. Vznikem a rozvojem grafických počítačů firmy „Silicon Graphics Inc.“ (SGI) z Kalifornie se rozvíjely možnosti a uplatnění obuvnických systémů.

Kolem roku 1985 došlo k dohodě firem USM a Computer Design Incorporated (CDI) vytvořit **CAD program**, který pojede na **SGI UNIX stanicích**. USM poskytla jádro programu pro stupňování a CDI poskytla podklady pro grafické programování. Výsledkem byl program „Pattern Engineering 1“ (PE1). Jméno CRISPIN (název firmy) bylo navrženo firmou USM, jelikož svatý Crispin je patronem ševců. Nový systém, který obsahoval 2D vizualizaci a 2D engineering byl poprvé prezentován na veletrhu 1985 v Pirmasensu. Od roku 1986 program podporoval nový **vyřezávací stroj Wild TA10** vyrobený firmou Weiss.

Téměř současně se firmy **Clarks** z Anglie a **Bat'a** z Kanady rozhodly vytvořit vlastní **2D a 3D obuvnické CAD/CAM aplikace**. Obě jely na stanicích. Pro Baťu programy vyvíjí Cimtech, který vznikl jako speciální divize Bata Engineering v roce 1980, ale oficiálně je založena v roce 1985. Výsledkem jejich práce byl slušný 2D program na tvorbu dílců a stupňování. Oba programy byly schopny vytvářet **design ve 3D, barevný render** (zatím bez textur), rozvinout kopyto do 2D a stupňovat.

Firma **Cimtech** se poprvé na trhu objevila na veletrhu IMS 1985 a byla koupena firmou Microdynamics v listopadu 1987. Obě firmy: Clarks a později i Cimtech používaly pro své aplikace 3D jádro pro jejich software z firmy NC Graphics v Cambridge (Velká Británie).

### 1.2.4 První obuvnický CAD v ČR

V první polovině 80. let se pozdější zakladatelé ClassiCADu podíleli na zavádění amerického systému APEX v tehdejší národní podnik Svit Gottwaldov, který bylo nutno přizpůsobit domácím podmínkám. Skupina nadšenců z projektu APEX později své znalosti zúročila při vývoji vlastního CAD systému, který byl pod názvem SvitCAD uveden do provozu v roce 1988. Byl to vůbec první český CAD systém pro obuvnický průmysl, navíc určený k provozování na standardních osobních počítačích s operačním systémem DOS, což bylo tehdy výjimečné i v celosvětovém měřítku.

Na jaře roku 1990 skupina 6 spoluautorů systému SvitCAD opustila oddělení Aplikované kybernetiky národního podniku Svit, aby založila společnost **ClassiCAD**.

Již počátkem následujícího roku představila společnost ClassiCAD nový systém pro konstrukci a stupňování obuvi CAD-Cobbler, který se v dalších letech stal standardem pro počítačové zpracování návrhů a modelů obuvi a nejrozšířenějším CAD systémem v celém tehdejší československém obuvnickém průmyslu. K nebývalému uplatnění tohoto a dalších systémů ClassiCAD přispělo významnou měrou využití ekonomicky přístupného hardwaru, zejména revoluční nahrazení nákladného a choulostivého laserového řezače levným a nenáročným nožikovým plotterem. Konstrukční a stupňovací systém byl postupně doplňován dalšími technologickými systémy, které nevratně změnilly charakter a efektivitu přípravy obuvnické výroby.

### 1.2.5 Další vývoj PC programů - 90. léta

Společnost Atom+Vicam z Rakouska byl založena roku 1984 a zkrachoval roku 1986. Následně byla založena společnost Atom-Vicam, která do roku 1993 vyvíjela 2D obuvnický software, který jel na PC. Firma **ProCAM** navázala na jejich produkt, získala zákazníky Atom-Vicam-u a zlepšila jejich PC 2D program.

**Lectra** z Francie pronikla na trh se svým prvním obuvnickým programem v polovině 90. let s jejich vlastní stanicí a vlastním operačním systémem. Tento produkt přestali vyvíjet v roce 1992 a rozhodli se prodávat nový PC program, zastoupený 7 francouzskými firmami, které založily RomansCAD projekt.

'**CRISPIN Systems**' již pod **BUSM** (British United Shoe Machinery) přesunul svůj vývoj roku 1988 do Leicesteru. Firma v té době neměla dobré vyhlídky, došlo tak ke spojení s firmou '**Microdynamics**'. Novým požadavkem bylo vytvořit *shell based system* – obuvnický systém, který používá základnu. To dalo vznik nové generaci programu – PE2. Nyní místo původního stupňování jednotlivých dílců zvlášť, se stupňuje celá základna (*shell*) – což zaručuje, že vystupňované dílce jsou ve vzájemné shodě. Definoval se střed stupňování a definovaly se pravidla stupňování.

V roce 1994 byla založena firma **ProCAM** pány M. Gruberem a S. Vazalem. V následujícím roce byl uveden na trh DIMENSIONS!, jedná se o obuvnický CAD vyvinutý a provozovaný na PC, vývoj programů vedl H. Popovic – bývalý ředitel Vicamu. Další produkty firmy byly PADS (Pattern Design CAD-System) nebo ALCUT

(Automatic Die-Less Leather Cutting & Layout System) se staly standardem v obuvnickém průmyslu po několik let. V roce 1998 PROCAM spolupracuje s Microsoftem. DIMENSIONS! při konstruování dílců v programu vychází ze základny (shell) vzoru.

### 1.2.6 Velký rozvoj 3D CAD aplikací

Přibližně od roku 1990 dochází k velkému rozvoji **3D CAD**, pomocí nichž lze vyrábět přesnější vzory, redukovat množství prototypů, které nejdou do výroby. Na přelomu tisíciletí umožňují CAD systémy obuvnickým firmám uvést nové vzory na trh již v několika měsících.

Belgická firma **IDEAS S.A.** byla založena roku 1989 doktorem medicíny Stéphanem Hubertem. Od počátku firma vyvíjela technologii pro obuvnický průmysl a pro výrobce zakázkové i ortopedické obuvi.

Produkty, na kterých pracují již od založení jsou, digitizéry pro měření různých částí těla, CAD/CAM software pro modelování kopyt, stélek, ortopedických pomůcek a obuvi, Numerical Command Milling Machines (NCMM) pro výrobu modelů kopyt, stélek a ortopedických pomůcek a obuvi. Dnes jsou významnými producenti a dodavateli tohoto softwaru i hardwaru, obchodující s více než 15 státy.

Společnost **Vorum** byla založena roku 1989 Carlem Saundersem, kdy se spolupodílela na vývoji prvního komerčního CAD/CAM systému pro ortopedickou obuv. Systém byl vyvíjen na základě studií, které byly prováděny již v předešlých deseti letech. Poprvé byl systém představen roku 1983 na Mezinárodním sdružení pro ortopedii – světový kongres v Londýně. Nyní firma produkuje software i hardware pod značkou CANFIT-PLUS a má více než 600 instalací a 250 zákazníků po celém světě a stala se předním dodavatelem CAD/CAM v oboru ortopedické obuvi.

Dříve divize firmy Clarks Shoes, od roku 1996 jako samostatná společnost **CSM3D International Limited** vyvíjí **Shoemaster CAD/CAM** software, spolupracuje s firmou Horma 2000 a vyvíjí software na modelování kopyta. Výsledkem této spolupráce je software Shoemaster Forma - software na modelování kopyta a tím doplňuje řadu produktů od návrhu obuvi, vývoj až po výrobu.

V roce 1996 Roberto Carlone založil firmu **Newlast**, která vyvíjela obuvnické stroje s novými technologiemi. Firma spolupracuje s modelářema kopyt a obuvníkama, aby zjistila co potřebují. Tato snaha dala vznik produktu Easylast System, řadu produktů, která integruje CAD/CAM programy na modelování kopyt a design obuvi, podpatků, vyřezávání i CNC (computer numerical control = číslicové řízení počítačem) výrobu. V tomto zastoupení programů vyvíjí firma své produkty i dnes.

### 1.2.7 CAD/CAM a přelom století

Společnost **Elitron** založena r. 1995 v Monte Uranu (Itálie) panem Giuseppe Gallucciem za účelem vytvořit jednoduchý, nový a originální CAD/CAM program pro obuvnickou a kožedělnou výrobu. Díky zkušenostem z oboru již roku 1996/7 vznikl software na design obuvi a kožených výrobků. Vyvinuli také první stroj na automatické řezání vláknité lepenky EliCUT P1. Roku 1998/9 vyšli na trh s EliCUT K1, což byl systém na řezání usně oscilujícím nožikem. Čímž výrazně zvýšili prodej.

2000/1 přišli na trh s novými technologiemi (Ultra-sound, water jet) a Elitron značka se rozšiřuje po celém světě. Pobočka Elitron Sistemas je založena v Elda ve Španělsku, aby lépe zabezpečili místní trh.

V této době společnost **Teseo** rozšiřuje svoji působnost. Další oblastí činnosti je vývoj řezacích systémů usně a tvrdších materiálů, jako je vláknitá lepenka, bakelit aj. Svoji působnost společnost postupem času rozšířila z obuvnické a kožedělné oblasti na další odvětví jako sedlářství, oděvnictví a výroba nábytku. Dnes již má Teseo řádově 800 zákazníků, kteří používají jejich CAM řezací systémy a více než 1000 zákazníků CAD aplikací ve 42 zemích světa.

V dubnu 1999 se firma BUSM rozhodla koupit 'Microdynamics' od Gerber Technologies. A tak se 'CRISPIN Systems' a 'Microdynamics' přejmenovali na '**CRISPIN Dynamics**'

Produkty Microdynamicsu jsou vyvíjeny jako **FDS** řada zahrnující výkonný 3D design program a konstrukční program. V květnu 2000 byla uveden na trh 3. generace 2D programu: Tempus PE již na PC/MS Windows, ale zároveň byl kompatibilní s novější SGI stanicí. Nový řezací systém 'PatternCut 2', díky tomu, že byl napsán v programovacím jazyku Java, jej bylo možné spustit na SGI, IRIX, PC (OS2, Windows 95, 98, NT4, Windows2000 a Linux).

Roku 2003 ProCAM uvedla na trh GDM - program na dokumentaci výrobků: Stylemanager - produkt data management software, který využívá standardní data-base jako Microsoft, Oracle, IBM, aj., dalším produktem je kalkulační program - PROCOST. Tyto systémy jsou používány i v textilním průmyslu. DIMENSIONS! – je zdokonalený 2D/3D CAD, již od roku 1995 se po několik let stal standardem mezi obuvnickými programy.

V únoru 2000 se stal CRISPIN Dynamics součástí společnosti Texon International Plc. a vznikala programová řada CADSuite, vše již na PC.

Následovaly finanční potíže Taxonu a v prosinci 2003 se management Crispinu rozhodl odkoupit Crispin Systems a tak vznikla spol. s ručením omezeným **Crispin Systems Limited**. Firma pokračuje ve vývoji programové řady CADSuite obsahující ShoeDesign (3D), LastMaker (3D), ShoeCost (kalkulační program) a Engineering (konstrukční program).

### 1.3 Používání CAD/CAM v obuvnickém průmyslu

Tvorba technické dokumentace jako součást technické přípravy výroby představuje činnosti, které se v minulosti a ještě někdy i v současnosti vytvářejí klasickým „ručním“ způsobem. Ale konkurenční tlak nutí výrobce rychle se přizpůsobovat požadavkům trhu zaváděním nových výrobků a urychlením inovačních cyklů, byl tento tradiční způsob přípravy výroby nahrazen širokým využitím výpočetní techniky a zvláště pak počítačové grafiky CAD (Computer Aided Design) a následné výroby CAM (Computer Aided Manufacturing). To umožnilo výrazně zkrátit fáze konstrukční přípravy výroby a celou tuto fázi výrazně zefektivnit. Dnes už existuje řada nejrůznějších systémů pro počítačovou podporu konstruování i ostatních fází výroby.

#### 1.3.1 CAD v obuvnickém průmyslu

Počítačové podpoře konstruování jsou určeny systémy CAD (Computer Aided Design). Tyto systémy využívají programové vybavení, které umožňuje dialog mezi konstruktérem a počítačem. Vstupní hodnoty se zobrazují graficky, geometrický tvar se upravuje, propočítávají se jednotlivé varianty, optimalizuje se řešení, připojují se speciální výpočty, je umožněn návrat na předchozí stavy, mezivýsledky se zobrazují přehlednou grafickou



formou, systém programů uživateli napovídá a podporuje jeho práci k dosažení co nejlepších výsledků. Po skončení návrhu se tiskne, kreslí dokumentace.

CAD systémy využívají při práci s grafickou informací prostředků počítačové grafiky. Pojem počítačová grafika je obecně označováno zpracování grafické informace pomocí počítače. Počítačová grafika je realizována příslušným programovým vybavením (software) s využitím odpovídajícího technického vybavení (hardware) provádí zobrazení těles a součástí v různých metodách promítání, příp. zajišťuje výpočty a tvorby grafů, diagramů, ploch atd.

### 1.3.2 Výhody používání CAD/CAM

Používání CAD/CAM systémů se podařilo výrazně zkrátit fáze konstrukční přípravy výroby a výroby modelů a tak celou fázi výrazně zefektivnit. CAD/CAM v obuvnickém průmyslu umožňuje výrobu obuvnických kopyt, navrhování a stupňování vzorů svršků obuvi, výrobu forem podešví, případně vysekávacích nožů. CAD/CAM systémy jsou v současnosti vyvíjeny a provozovány primárně na platformě PC. Postupem času se CAD/CAM systémy přesunuly z prostředí pracovních stanic na platformu PC.

Dnes máme 2D (2-dimension neboli 2-rozměrné) a 3D (3-dimension neboli 3-rozměrné) systémy CAD/CAM obuvnických programů, které mezi sebou komunikují a mohou sdílet/používat stejná data.

CAD/CAM systémy byly v obuvnickém průmyslu poprvé představeny v 70. letech 20. století. Byly používány na stupňování vzorů, což výrobcům umožňovalo stupňování na základní úrovni. Nyní jsou CAD systémy vyvíjeny v mnohem širší škále funkcí, automatizují rutinní procedury, zlepšují čas a efektivitu, přičemž je minimalizována možnost chyby. CAD/CAM systémy dnes pokrývají všechny aktivity napříč obuvnickým průmyslem, od modelování kopyt začínaje, designem obuvi, konstrukcí a stupňování dílců a kalkulací konče.

#### **CAD/CAM software umožňuje:**

1. Vytvářet 3D data kopyta z fyzického kopyta skenováním/digitalizací,
2. Vytvářet 3D designy obuvi v kvalitě pro reklamní použití i pro výrobu fyzického modelu,
3. Vytvářet 2D vzory a šablony (možnost je vytvořit i z 3D designu),

4. Vytvořit výrobní dokumentaci,
5. Vytvořit výrobní kalkulaci konečného výrobku, případně jen části výroby daného vzoru.

### **Nejnovější pokroky v oblasti počítačů versus CAD**

- Grafická výkonnost,
- Programy jsou vyvíjeny tak, aby byly intuitivní, graficky názorné a jednoduché k naučení,
- 3D systémy umožňují interaktivní pohyb a práci s objektem,
- Možnost pokrývat 3D objekty texturou,
- 3D objekt rozvíjet do 2D roviny.

### **Výhody používání CAD/CAM ve výrobě jsou:**

- Snadná a rychlá výroba modelů obuvi a jejich variací,
- Možnost znovu použít část z již vytvořeného designu/vzoru,
- Možnost jednoduché obměny u již vytvořeného vzoru,
- Skupinové stupňování kopyt i vzorů,
- Zdokonalené možnosti dekorace návrhů,
- Realistické zobrazování,
- Rychlé a efektivní vytvoření forem z počátečního návrhu, aj.

Pomocí CAD/CAM systémů může výrobce obuvi maximálně zkrátit výrobní cyklus a cestu výrobku na trh a tak zvýšit svůj podíl na trhu i rentabilitu. Dále síla a flexibilita softwaru přináší nové možnosti a kreativní postupy, které tradiční postup návrhu obuvi nedovolují.

## 2 2D CAD/CAM SYSTÉMY

### 2.1.1 Principy konstrukce obuvi na PC

Základní vzor svršku obuvi (**ZVSO**) představuje základní tvary součástí a dílců konstruovaného svršku ve vzájemné sestavě. Ze základních tvarů se potom konečný tvar součástí a dílců získá realizací konstrukčních úprav jednotlivých prvků (záložek, přídavků, ubírání), které jsou potřebné pro technologii jejich opracování a spojování. ZVSO je při použití CAD systémů soubor dat, které určují jednotlivé body základních a odvozených křivek uložených v paměti počítače.

Tyto možnosti tvoří základ pro automatizaci předvýrobních etap obuvi (CAD) s následným využitím dat pro přímé řízení technologických procesů (CAM). Tyto metody jsou v současné době rozvinuté a využívají se v široké míře, jak pro konstrukci, tak i pro další činnosti jako jsou řezání šablon, dílců, kalkulace spotřeby materiálu, cenové kalkulace a grafické výstupy ve tvaru technické dokumentace (výkresy, tabulky apod.).

Základní principy automatizace činnosti při konstrukci svršku obuvi vychází z praktických postupů klasické konstrukce. Základním mezistupněm pro automatizovanou konstrukci je ZVSO (základna), kde jsou zakresleny jednotlivé hraniční linie nebo konstrukční přímky. Na základě toho se potom určuje konečný tvar všech dílců a součástí svršku s uplatněním technologických záložek, přídavků a ubírání pro vzájemnou montáž a opracování.

Z hlediska modelářské činnosti nepředstavuje uvedený přístup zásadní změny ve vlastní konstrukci. Jedná se pouze o změnu použité techniky – nástrojů, kterými se stejné konstrukční postupy realizují. Modelář – konstruktér používá nové pomůcky jako jsou PC, obrazovka (display), klávesnice, tablet, myš. Počítačová technika ulehčuje a zrychluje práci, ale v žádném případě nenahradí zkušenosti a vědomosti při konstrukci vzoru obuvi. V podstatě se jedná o přesunutí většiny práce konstruktéra na výpočetní techniku a ne o kompletní automatizaci při konstrukci vzoru obuvi.

#### 2.1.1.1 Konstrukce pomocí ručně vytvořeného ZVSO

U této metody se pro vstup do počítačového systému vyžaduje předem vypracovaný ZVSO podle ideového návrhu, nebo je možné použít základnu, do které pomoci počítačového systému vytvoříme dělicí linie podle ideového návrhu. ZVSO (základna) se

vytvoří podle předcházejících klasických metod. Tyto vstupní informace se ZVSO (základny) přeneseme do počítačového systému pomocí 2D digitizéru, kde jednotlivé linie samostatně přeneseme do paměti počítače. Na počítačovém systému se potom uskutečňuje interaktivní konstrukční příprava výroby na úrovni 2D prvků jednotlivých součástí a dílců.

### **2.1.1.2 Konstrukce na 3D fyzickém modelu kopyta**

U této metody se jako základní vstupní prvek používá fyzický model kopyta, na povrch kterého jsou potom zakresleny základní linie vzoru svršku. Pomocí 3D digitizéru se snímají jednotlivé prostorové křivky určující povrch kopyta i základní linie vzoru svršku. V další fázi je potom digitalizovaný povrch kopyta doplněný liniemi návrhu vzoru a rozvinutý do roviny (2D). Po částečné úpravě tak získáme digitalizované údaje ZVSO.

Tato metoda je taky přizpůsobena a vychází z klasických konstrukčních metod, takže mění prostorové prvky do rovinného systému a v této úrovni se potom provádí vlastní konstrukce a další následující činnosti.

### **2.1.1.3 Prostorová konstrukce s 3D fyzickým modelem kopyta**

Prostorová konstrukce je prováděna v příslušném 3D programu. Tato metoda již od počátku (při návrhu kopyta, tvorbě ideového návrhu vzoru i při vlastní konstrukci ZVSO a jednotlivých dílců a součástí svršku) pracuje s prostorovými (3D) prvky.

Celá konstrukce je tedy interaktivně prováděna v prostorovém 3D vyjádření. Dílce a součásti svršku lze dle potřeby převést z prostoru (3D) do rovinného tvaru (2D) a opačně, systém umožňuje i zpětné zobrazování z 2D do 3D (reverzibilitnost systémů).

**Z hlediska technické přípravy výroby zabezpečuje konstrukční systém následující činnosti:**

1. konstrukční příprava vzoru,
2. vystupňování základního vzoru do velikostního sortimentu,
3. automatické polohování dílců (do zvoleného rozměru) a tvorbu řídicích dat pro kreslení/řezání,
4. přípravu a vykreslení sestavy dílců ve formě zákresu,
5. výstup požadovaných informací do jiných CAD nebo databázových systémů.

Protože systém výrazně zjednodušuje a urychluje tyto činnosti, jeho efektivní využití předpokládá precizní a odpovědnou práci modeláře.

### 2.1.2 2D konstrukční program (Engineering)

Základem pro práci v programu je **ZVSO**, jehož součástí jsou hlavní linie vzoru obuvi primárně digitalizované, nebo vytvořené v programu. Ostatní linie jsou odvozené z linií hlavních – offsetové.

Dílce se pak vytváří výběrem linií hlavních nebo offsetových, přičemž je možné mezi jednotlivými úseky vkládat rohové modifikátory – rádius, kosení a současně je možno do dílce vkládat technologické značky, které jsou nutné pro přípravu a montáž obuvi (bodce, otvory pro značení aj.).

Protože se při stupňování stupňují pouze linie základního vzoru svršku (ZVSO), je tím zaručeno, že velikost záložek pro šití se stupňováním nemění.

#### Možnosti konstrukčních 2D CAD systémů:

**Vstupní data** (linie základního vzoru svršku) mohou být digitalizována pomocí 2D digitizéru, nebo je možné data importovat ve standardním formátu DXF, IGES aj., nebo importovat ze 3D programu data rozvinutá do roviny. Vstupem případně může být i obrázek (zeskenovaný 2D dílec), který je v systému převeden na linie (metoda zvaná tracing). Návrhář pak může v programu linie vzoru libovolně dokreslit, upravit pomocí myši. Vytvoří se tak základna vzoru, ze které vycházíme při tvorbě dílců.

**Z digitizérů** je možné použít jakýkoliv, který podporuje „Wintab“ standard, doporučujeme CAIComp, DrawingBoard 3. řady.

Následuje **vytváření dílců**, přičemž využíváme řadu užitečných funkcí, jako jsou offsetové linie, variabilní offsetové linie, zrcadlení linií podle středové osy, vytváření bodců, kosení, rádiů. Následuje definování dílců, kdy vybereme linie dílce a přiřadíme jméno ke každému dílci.

Pro přehlednost a snadnou orientaci při práci je výhodou „**správce dílců**“, kde jsou zobrazeny jména dílců, při jejich vybrání se dílec zobrazí, je možno zde pracovat s hladinami (layery), což umožní uživateli vytvořit skupinu dílců/linií do jedné skupiny, kterou je možno zobrazit/zneviditelnit samostatně.

**Dílce** se také mohou **editovat** i vyměňovat za již existující (z jiného vzoru). Nebo lze u již vytvořeného vzoru vyměnit jednu linii dílce za novou, přičemž se obnoví tvar dílce i tvar dílců sousedních. Variabilita práce je opravdu veliká. Komfortní kontrola všech fází tvorby vzoru přímo na obrazovce (standardní zobrazovací funkce, zooming, měření vzdáleností a délek atd.)

**Stupňování vzoru**, jehož základem je vystupňování linií základního vzoru svršku, přičemž ostatní linie (offsetové) se jen přizpůsobí základním liniím. Stupňování může být uskutečněno na základě geometrického nebo aritmetického způsobu stupňování s možností libovolného přizpůsobení stupňovacích pravidel dle požadavků zákazníka. Můžeme použít francouzské, anglické i americké stupňování. Jednotlivé díly jsou stupňovány dle parametrů v tabulce, které může uživatel individuálně měnit. Jakmile jsou zadána pravidla stupňování, samotné stupňování je provedeno okamžitě, což umožňuje přímou kontrolu na monitoru. Jestliže se objeví nějaké nesrovnalosti, konstruktér ihned může změnit stupňovací tabulku a vystupňovat znovu. Je možné stupňovat i tak, že některé části pro několik velikostí zůstanou konstantní tzv. „Group Grading“, to se využívá pro ty dílce, které jsou v několika velikostech stejné např. tužinka.

Samozeřejmostí jsou přímé **výstupy** na různé druhy kreslicích a vyřezávacích zařízení (HPGL/WILD plotter, nožkový vyřezávač, laser, frézka). Vyřezané šablony mohou být označovány samolepicími etiketami generovanými systémem, které obsahují kompletní informaci o šabloně včetně obvodu pro výrobu nože. Možnost výstupu dat ve formě standardních formátů jako je DXF, IGES aj. Výstupní formáty umožňují také návazné zpracování dat kalkulačními CAD systémy nebo databázovými programy.

Pro **vyřezávání šablon** je výhodné použít efektivní automatické polohování dílců pomocí Pattern Assessment. Dále programy mají často základní kalkulační funkce na výpočet efektivitu/odpadu dílců. Standardní je také možnost vytvoření základní **technologické dokumentace** vzoru (tiskové sestavy informací pro výrobu nožů a kalkulace, tvorba obuvnického zákresu).

Některé firmy vytvořily **Viewer** (zobrazovač), program, který je zdarma a většinou stáhnutelný z internetových stránek firmy. Tento progránek umí soubory z konstrukčního programu prohlížet a jsou v něm výstupy pro plotter a katr. Je to z toho důvodu, že konstrukce jsou často prováděny jinde než výroba, aby soubor mohl být poslán a výrobce si nemusel kupovat celý konstrukční program, když potřebuje pouze dílce vyřezat.

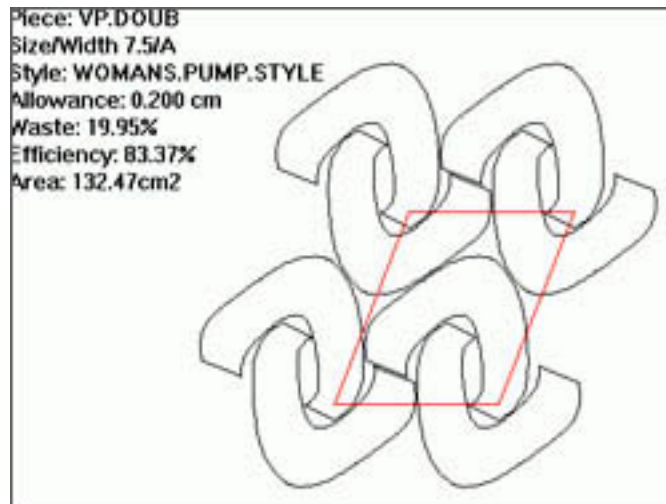
Jedním z nových **trendů** je možnost přímého spojení s **databázovým programem**, který umožní uložení dat, která jsou přístupna spolupracovníkům kdekoliv na světě dle udělených práv. Možnost interaktivní diskuze (konference) s možností interaktivního zobrazování poznámek a označení. Také se objevuje tendence spojování 2D konstrukčního programu a 3D programem na design obuvi, jako je tomu např. u programu Dimensions! [1] od formy ProCAM, nebo Shoemaster Power od firmy CSM3 International [2].

### 2.1.3 Kalkulační program pro výrobu obuvi

Kalkulační program **umožňuje** vypočítat kalkulaci celé výroby, zahrnuje všechny stupně produkce, spotřebu materiálu a její cenu, komponenty, čas operací a jejich cenu, dále i kalkulace pracovních sil, celková cena je po každém dílčím výpočtu aktualizována. Program se vyznačuje velkou flexibilitou, lze používat jen ty kalkulační funkce, které potřebujeme.

**Vstupem** do programu mohou být data dílců z konstrukčního obuvnického programu, z 2D digitizéru, nebo z jakéhokoliv konstrukčního programu ve formě DXF.

Po zadání grafických dat dílce dostaneme jejich přesnou čistou výměru. Před použitím automatických polohovacích algoritmů je potřeba definovat typ a rozměr použitého materiálu, příp. definovat nepoužitelný okraj materiálu a odstup mezi obrysy dílců při dorážení (buffer). Lze také využít možnosti nastavení úhlu natočení dílců při polohování do syntetického materiálu (s nebo bez pootočení vedlejšího dílce o 180°). Následně je skladnost každého dílce vzoru automaticky spočítána algoritmem (**Pattern Assessment**), který umožňuje automatické stanovení tzv. mezidílcového odpadu (modelářské výměry).



Obr. 1 - Pattern Assessment

Následují další možnosti **automatického a poloautomatického polohování** a tak snadno a rychle dostaneme informaci o procentu využití materiálu a velikosti odpadu.

Polohovací CAD systémy umožňují přesné stanovení topologie dílců v různých typech plošných materiálů (obecné tvary, pásové a tabulové materiály). Program disponuje několika automatickými algoritmy, které použije k výpočtu a vybere ten s nejlepším výsledkem. Pozici prvního nebo prvních dvou dílců v plošném materiálu je také možné stanovit ručně s automatickým dopolohováním. K jednomu dílci můžeme mít hned několik výpočtů, musíme určit ten, který bude započítán do celkové kalkulace.

**Polohování** dílců do **usně** může být vypočítáno pomocí následujících metod: paralelogram, čtvercová metoda, disková metoda nebo „obtažená guma“, případně kombinace některých dvou z předešlých metod.

Kalkulační program spravuje vlastní **materiálovou databázi a databázi komponentů**, která může být vytvořena přímo v programu nebo ze standardních databází. Z databáze přiřadíme ke každému dílci materiál. Dílce, které budou ze stejného materiálu, můžeme polohovat jako skupinu do jednoho materiálu. Cena materiálu, počet dílců a výsledek polohování určí celkovou cenu potřebného materiálu.

Do **celkové ceny výrobku** se zahrnují i použité komponenty, opatky, tužinky, stélky, podešve, ale také cena práce jednotlivých operací i některé další položky. Uživatel může libovolně určit, které položky do kalkulace zahrne. Lze snadno provést kalkulace pro celý velikostní/šířkový sortiment vzoru. Ceny materiálů a komponentů lze zadávat v různých



měnách, které jsou automaticky přepočítávány, dle aktuálních kurzů, na měnu, kterou jsme určili a ve které bude vypočítána konečná cena výrobku.

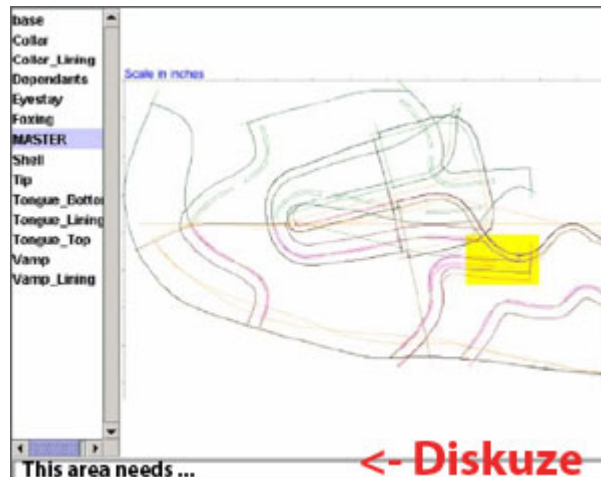
Výsledkem je podrobná kalkulace, kterou můžeme vytisknout, zálohovat v počítači, nebo **výstupním formátem** je standardní formát CVS (The Comma Separated Value), jedná se o textový výstup oddělený středníkem, který umí načíst tabulkové procesory.

Novinkou v této oblasti je výstup do XML (Extensible Markup Language) což je značně univerzální textový formát, který lze při vhodném použití prohlížet v internet browserech a na všech platformách windows, linux aj.

**Grafické tiskové výstupy** (skladba dílců v materiálu) na tiskárnu nebo plotter, které mohou sloužit i jako technologický podklad pro manipulaci, k dosažení maximálního využití materiálu. Pomocí kalkulačního CADu tak můžeme dostat přesné podklady pro objednávání materiálu, kalkulaci materiálových nákladů a vlastní manipulaci.

#### 2.1.4 Data management server

Tento server shromažďuje vytvořené vzory, organizuje kolekce, vyhledává dle zadaných parametrů, zobrazuje vyhledané dílce/vzory. Server umožňuje vstup na základě přístupových práv s možností vytvořit skupiny uživatelů (konstruktéři, obchodníci, aj.) a podle potřeby **určit** jejich **práva** (pouze prohlížet, prohlížet a ukládat, atd.). Možnost interaktivních dotazů (chat) zjednodušuje zobrazení jmen připojených uživatelů. Je také možné účastnit se „**konference**“ mezi uživateli (připojených odkudkoli) s možností zvýrazňovat části vzorů a diskutovat nad nimi v reálném čase. Možnost přístupu jednoduše z **browseru**, kde jednotlivé dílce a vzory mohou být zobrazovány jako SVG soubory. *SVG je speciální webový formát pro dvojrozměrné vektorové obrázky.*



Obr. 2 – Data Mangement server - konference

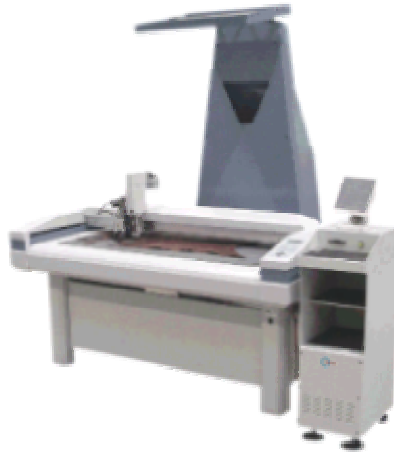
Program automaticky vytváří a uchovává informace k jednotlivým vzorům: jméno vzoru a autora, pro jakou sezónu byl vzor vytvořen, historie editace vzoru a kým byla provedena, přičemž starší verze vzoru jsou uloženy a přístupny k použití. Informace ke vzoru dále obsahuje referenční číslo, systém stupňování, jméno programu, ve kterém byl vzor vytvořen, informace o statusu dokumentu číst/zapisovat aj.

Další možnosti jsou stáhnout instalace programů a jejich update, výsledky testů verzí, možnost školení „po síti“, podpora, kontakty, ..

Databázový server umožňuje bližší kontakt mezi vedením firmy a zahraničními spolupracovníky/výrobci a tím napomáhá významně ulehčit a zefektivnit týmovou práci.

### 2.1.5 Řezací zařízení

Vyřezávací stůl usně **SPC-ULTRA - S** je maximálně flexibilní nástroj pro vyřezávání dílců z usně, což zjednodušuje vyřezávací proces, bez potřeby vyrábět vysekávací nože, což snižuje provozní náklady. Vstupem jsou data z 2D konstrukčního/stupňovacího programu, můžeme použít i některý z polohovacích programů. Na jakékoliv změny ve tvaru nebo polohování dílce můžeme interaktivně reagovat, bez nutnosti měnit vysekávací nože.



*Obr. 3 - Vyřezávací stůl usně*

Výhody systému:

- Oscilující nožik, tangenciální nožik, dvojitý razník, pero jako standardní vybavení.
- Výkonné vakuum pro držení materiálu
- Integrovaný výkonný počítačový systém
- Integrovaná průmyslová doteková obrazovka (touch screen)
- Projektovací systém
- Ultra odrazivé mylar zrcadlo
- Možnost využít floppy disku nebo LAN sítě pro přenos dat

### ***Zünd LC-2400 Optima***

Základní vyřezávací stůl určený pro vyřezávání vzorů z usně, čímž snižuje provozní náklady. Řezací stůl LC-2400 Optima je vyvinut pro potřeby obuvnického průmyslu, pomocí jehož můžeme snadno reagovat na změny vzoru v programu a tím šetřit provozní náklady. Řezací stůl je vybaven vysoce výkonným vakuovým systémem a sklápěcí pracovní deskou pro snadný přístup.

### ***WaterCut***

WaterCut byl původně vyvinut pro obuvnický a galanterní průmysl, jako interaktivní, polohovací a řezací systém na useň, ale je vhodný i pro jiné obory a podobné materiály pracující s řezacími zařízeními. Rychlý a efektivní nástroj pro polohování (umístění na

vyřezávanou plochu) a řezání vašich dílců. Dovoluje na jednom stroji řezat i polohovat současně. Vstupy standardní data: DXF a HPGL aj.

Program je exkluzivně vyvíjen pro firmu Delahaye (Francie), výrobce vodního paprsku.

### 3 3D CAD PROGRAMY A JEJICH PODPORA

#### 3.1.1 Digitalizace kopyt

##### 3.1.1.1 Digitalizace kopyt ručně

Pro menší firmy je nejdostupnějším řešením použít ruční digitizér, je dostupný, přesný a univerzální. Pro ruční digitalizaci je důležité, aby kopyto bylo dobře upevněné do fixačního zařízení, aby nedošlo během digitalizace k pohnutí kopyta. Použijeme příslušný program, kde digitalizujeme nejdříve referenční body (na patě, na špičce a na vrcholu nártu kopyta). Referenční body definujeme vždy ve stejném pořadí, abychom definovali polohu kopyta v prostoru, čehož využijeme, pokud s kopytem v průběhu digitalizace pohneme.



*Obr. 4 - Microscriber*

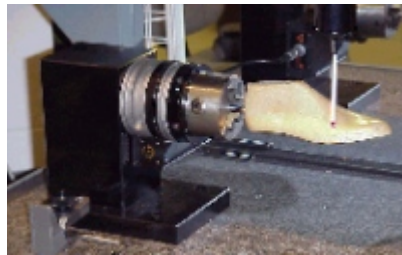
Dalším krokem je digitalizace hlavních linií kopyta: hrana kopyta, přední dělicí linie, patní linie, horní hrana kopyta. Povrch kopyta digitalizujeme tak, že jezdíme hrotem digitizéru po povrchu kopyta, kde jsou zaznamenávány body v prostoru (na povrchu kopyta). Musíme dbát, abychom žádnou oblast kopyta nevynechali a rovněž je důležité dodržovat rovnoměrnou hustotu. Je možné digitalizovat i značky na kopytě, nebo linie návrhu.

Konečným výsledkem digitalizace je „mrak bodů“ v prostoru, tato data se po ukončení digitalizace zpracují, vyhladí případné nerovnosti způsobené lidským činitelem. Celkový proces je mírně náročný na zručnost a proces trvá asi 15 - 20 minut, ale náklady na toto zařízení jsou v porovnání s laserovými nebo jinými automatickými scannery poměrně

nízké. Zpracovaná data kopyta lze následně použít ve 3D programech na design obuvi nebo design kopyta. Program by měl mít možnost exportovat standardní (DXF, IGES) 3D soubory.

### 3.1.1.2 Digitalizace kopyt automaticky

Automatický dotekový digitizér kopyta po upevnění kopyta digitalizuje celý povrch kopyta bez potřeby zásahu člověka. Jedná se o typ *DF- 1* od firmy *TRL* (Německo) [22].



Obr. 5 - Dotekový digitizér

### CNC (computer numerical control) skener kopyt

Automatický skener kopyt je určený převážně na čtení a ukládání dat povrchu kopyta.

**Zařízení:** Některé CNC scannery jsou zároveň v kombinaci s CNC obráběním, jako např. *OFM-D* od firmy *TRL* (Německo) [22]



Obr. 6 - CNC scanner

Novodobým **bezkontaktním digitalizačním systémem**, který je vybavený optickým senzorem a má velmi vysokou rozlišovací schopnost je např. **NL·DIGISCAN** od firmy Newlast [31] . Stroj umožňuje skenování fyzických modelů ze dřeva, sádry, umělé hmoty, pryskyřice, usně atd.), čehož výsledkem je vytvoření digitálního souboru, který obsahuje všechny části a celý povrch kopyta. Systém umožňuje mnoho způsobů skenování (nastavení: rotace modelu nebo skenovacího zařízení, úhel skenování, pohledy skenování, spirálové skenování nebo po částech, aj.) Nastavení napomáhá při digitalizaci složitějších modelů.

Pro digitalizaci jsou důležité pohyby, které jsou kontrolovány novým a výkonným systémem EASYLAST2001™ Numerical Control, který je na platformě Windows.

Zdigitalizované soubory mohou být poslány a otevřeny v programu do 3D programu na design kopyta na úpravu vzhledu kopyta nebo přímo do 3D programu na design obuvi.

### **3.1.2 Tvorba ortopedického a zakázkového kopyta**

Mezi nejpokrokovější metody v oblasti modelování kopyt nejen pro ortopedické účely, ale také pro vytváření kopyt „na míru“ je skener nohy. Pomocí skeneru může skenovat nohu až do výše lýtky, čímž obuv na takto vytvořeném kopytě dokonale padne a poskytne nositeli maximální komfort. Data ze skeneru v podobě mnoha bodů sejmutých z povrchu nohy, jsou následně zpracována v programu na výrobu kopyta tak, že vznikne výsledný optimalizovaný povrch a tvar kopyta.

#### **3.1.2.1 Digitalizace nohou (i kopyt)**

**Yeti 3D Foot Scanner** je přesný optický skener, který skenuje lidskou nohu, ale lze skenovat i již hotové kopyto nebo dokonce odlitky nohou. Získaná data lze zpracovat v CANFIT-PLUS FootWare System a tím významně zvýšit produktivitu práce konstruktéra kopyt.



Obr. 7 - Yeti 3D Foot Scanner

Základem Foot Scanneru je osm (nastavitelných) kamer a čtyři lasery, tím je získána velká rychlost a velká hustota dat. Skener je také možno použít na pouhé měření nohou, pro tento účel se používá standardní datový formát. Detailní informace o povrchu a rozměrech pacientovy/zákaznickovy nohy lze pořídit při plném, částečném zatížení nebo bez zatížení. Digitalizace se doporučuje provádět tak, aby hlezenní kost byla v přirozené pozici – podobně, jak je tomu při manuálním odlévání. Výhodou zde je možnost přidržit rukou tuto oblast hlezenního kloubu (případně přední část nohy).

Naskenovaná data jsou zpracována v příslušném programu, čehož výsledkem je přesný obraz a komplexní informace o měření/rozměrech. Zařízení pracuje s přesností +/- 0,5 mm.

Výsledná data (s vysokým rozlišením) lze otevřít a dále pracovat v 3D CAD/CAM programu na design obuvi.

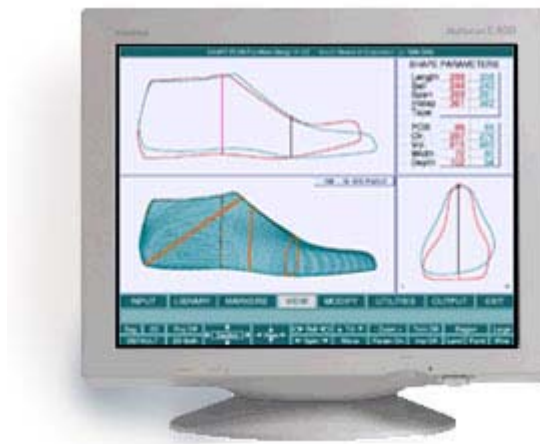
### 3.1.2.2 Program na tvorbu ortopedického a zakázkového kopyta

**CANFIT-PLUS<sup>TM</sup> Yeti Shape Builder** program zpracuje naskenovaná data a zobrazí spolu s naměřenými rozměry nohy v několika pohledech. Takto zrekonstruovaná data nohy můžeme dále modifikovat dle požadavků zákazníka v programu **CANFIT-PLUS<sup>TM</sup> Footware Advanced Design**. Díky vysokému rozlišení Yeti skeneru nohy je možné digitalizovat i kopyta. 3D pohled zobrazí důležité hrany kopyta. A tak můžeme data takto naskenovaného kopyta použít v jednom z předních softwarů na design obuvi.

**CANFIT-PLUS<sup>TM</sup> FootWare<sup>TM</sup> Advanced Design** Program je výborný nástroj pro kvalifikovaného modeláře kopyt, který významně zvýší produktivitu práce.



Lze snadno a rychle vytvořit kopyto na míru i pomocí databáze kopyt. Při tvorbě zakázkového kopyta software pracuje s 3-rozměrným obrazem zákaznickovy nohy, s otiskem nohy (vždy při plném zatížení) i s požadavky zdravotního obouvání.



Obr. 8 - CANFIT-PLUS<sup>TM</sup> FootWare<sup>TM</sup>

Po naskenování a vložení otisku nohy má modelář možnost nechat systém vybrat kopyto, které daným datům nejvíce odpovídá, nebo může sám vybrat z databáze již existujících kopyt, nebo má možnost dotvořit naskenovaná data. S vybraným kopytem lze samozřejmě také pracovat tak, aby odpovídalo zákaznickově noze.

Program má knihovnu s protetickými tvary, které mohou být dle potřeby stupňovány. Tato knihovna může být rozšiřována samotným pediatrem, který si doplní vlastní tvary.

Software nám umožňuje následující modifikace:

- výplň klenby
- zadní výplň
- postavení přední části nohy
- postavení zadní části nohy
- zvětšení nártní opory
- vytvoření hluboké misky podpatku
- vytvoření odpružení paty atd.

FootWare<sup>TM</sup> může případně pracovat pouze s otiskem nohy, potřebnými rozměry a s databází kopyt bez nutnosti naskenované nohy. Pro tyto účely je možné použít pouze 2D

tablet pro digitalizaci otisku nohy a mít k dispozici databázi kopyt, což může být ekonomicky výhodnější varianta. Výsledná data jsou poslána k výrobě modelu, který je obráběn z polyetylenu nebo dřeva.

### 3.1.2.3 Tvorba ortopedických stélek

Pomocí 3D automatického skeneru nohy **SoleScan 2000** od firmy **ARCH Crafters** [17], kteří jsou majitelé licence od Amfit, Inc. [16]. SoleScan 2000 je první dostupný skener, který kombinuje optické skenování s kontaktním, je primárně určený pro získávání dat pro zpracování v programu CustomComfort insoles. SoleScan 2000 není drahý a tak si jej může dovolit jakákoliv firma na výrobu zakázkové obuvi a stélek nebo jakékoliv lékařské ortopedické zařízení.

Digitalizovaná data jsou ve formě trojrozměrné mapy bodů reprezentující povrch nohy při plném zatížení a při částečném zatížení. Data jsou zpracována jako trojrozměrná stélka a to za účelem vytvoření stélky „na míru“, což zaručí maximální komfort. Při tvorbě takové stélky, v programu CustomComfort insoles, vycházíme opět z digitalizované nášlapné části nohy. Tato data se upraví v příslušném CAD/CAM programu, kde se vyhladí a přidá se potřebná podpora klenby a miska pro patu. Pro ortopedické účely je možno vytvořit např. vyztužení pro vbočený a vybočený palec. Program CustomComfort insoles není nezbytně nutné vlastnit, je možné poslat data nohy přes internet do ARCH Crafters centrální výroby (Santa Clara, Kalifornie), kde jsou data zpracována a následně je vyrobena zakázková stélka.

Tyto vkládací stélky se vyrábí např. ze zhuštěného EVA a jsou pokryty omyvatelným nánosem. Takto upravené jsou velmi odolné.

### 3.1.3 Programy na design kopyta

Vývoj CAD systémů je zaměřen na možnosti snadné modifikace i interaktivní práce s tvarem kopyt, což je využíváno pro výrobu ortopedické obuvi, pro obuv vyráběnou na míru a samozřejmě i pro sériovou výrobu.

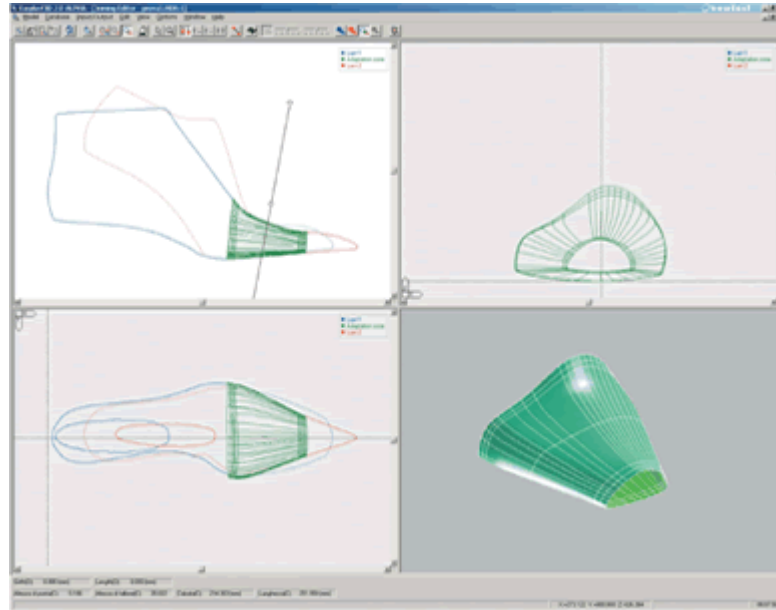
Program na výrobu kopyt by měl mít možnost **standardních vstupů dat** a to IGES, STL, DXF, případně Ideas a Vorum aj. Digitalizace kopyta je provedena mimo program, kdy jsou data do programu importována a zpracována. Některé programy však umožňují

digitalizaci přímo v programu např. pomocí ručního digitizéru – Microscriber [36], pomocí něhož vytvoříme “oblak dat“, který je v programu zpracován do interních dat.

Dnes již přední výrobci CAD softwarů vyvinuly programy v rozhraní **OpenGL**, což v praxi znamená, že s objektem (kopytem) můžeme manipulovat (pohybovat, rotovat), přičemž dochází k interaktivnímu překreslování. To je samozřejmě pro práci pohodlnější, než když kopyto bylo dříve možno vidět a pracovat s ním jen v předdefinovaných pohledech. Ale nejdůležitější je samozřejmě funkčnost programu. Program na výrobu kopyt by měl mít tyto základní funkce nebo operace, které se běžně při ruční výrobě kopyt používají.

*Pozn.: OpenGL je otevřené, víceplatformové softwarové rozhraní určené pro práci především s trojrozměrnou grafikou. Původní vývoj firmy Silicon Graphics, dnes víceméně otevřené rozhraní licencované i pro prostředí Microsoft Windows. Jedná se o kvalitní softwarovou knihovnu pracující se 2D a 3D objekty, která přebírá z aplikací základní úkoly (příkazy pro manipulaci a vykreslování objektů) a provádí pokročilé techniky, jako je mapování textur, stínování a rendrování. Pro vysocevýkonnou funkčnost vyžaduje hardwarovou spolupráci. Přímou konkuruje s DirectX od firmy Microsoft.*

Možnosti **změny tvaru kopyta** jsou následující: změna výšky podpatku, zdvih špice, změna tvaru patní křivky, změna tvaru nártní křivky, změna tvaru obvodové linie stélky. Pro potřeby modelování kopyta je možné jej rozdělit pomocí uživatelem definovaných rovin. Známý je příklad z praxe, kdy zadní partie kopyta zůstává stejná (standardní) a my modelujeme pouze přední část – špičku kopyta. Tuto část lze použít z jiného kopyta, je to funkce zvaná (toe swap = výměna špičky). Pro tuto potřebu definujeme řezací roviny a zapoložujeme spojované části kopyta s ručním i automatickým vyhlazením přechodových částí. Tímto způsobem lze přetvořit i klasické kopyto na kopyto pro vysokou obuv.



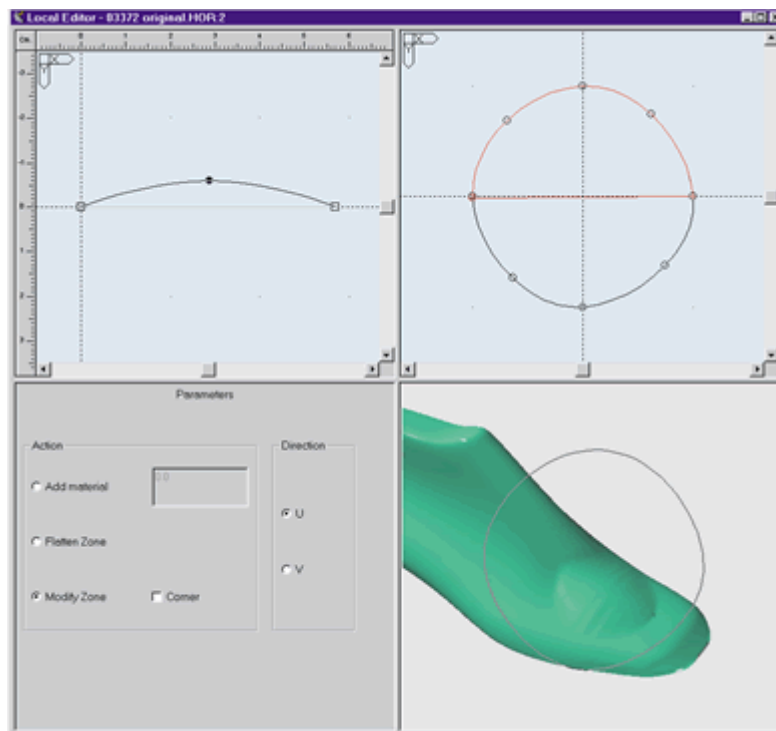
Obr. 9 - Toe swap - výměna špičky

**Používání šablon** je v programu praktikováno tak, že použijeme digitalizovanou šablonu (patní křivky, nártní křivky, spodní podélný profil, profil špiče, šablonu stélky nebo šablony profilu). Tuto šablonu přiřadíme na příslušné místo a křivky kopyta jsou jednoduše automaticky změněny. Šablony jdou také z daného kopyta vytvořit a exportovat do 2D programu.

Velkou výhodou programu je rychlá **změna rozměrů a parametrů kopyta**. Základní rozměry kopyta, jako je přímá délka kopyta, obvod prstních kloubů, výška paty, aj. by měly být k dispozici spolu s kopytem, jako jeho základní údaje. Tyto rozměry by měli jít jednoduše měnit zadáním nových rozměrů a tím, samozřejmě, měnit jeho tvar.

Jednou z možností přípravy dat kopyta na výrobu je ubírání materiálu ve spodní části kopyta pro podbití plechem např. v patní části.

Mezi novější funkce, které se v programech objevují a byly přidány pro potřeby výroby obuvi na zakázku nebo ortopedické obuvi, je lokální modifikace neboli „patch modification“ (záplata). Kdy uživatelem zvolené oblasti kopyta přiřadíme parametry „vyboulení“.



Obr. 10 - Lokální modifikace kopyta

Dalším z novějších trendů je podpora používání (**wall last**), což je kopyto s téměř kolmým okrajem boku přední části. Tato funkce je odpovědí na požadavky trhu a na módní trendy. Konečný tvar kopyta docílíme rychle a přesně. Je tak možné na kopytě vytvořit design obuvi dříve, než kopyto fyzicky existuje, jelikož vychází ze stejného datového zdroje v CAD systémech.

Základní a stěžejní funkcí programu je **rozvinutí kopyta do 2D formy**. Jelikož jejich obrys posíláme třeba do 2D programu na výrobu dílců, na kvalitě této 2D formy pak závisí i následně vytvořené dílce. Pokud máme originál fyzického kopyta, které je digitalizováno v programu, můžeme si prakticky ověřit kvalitu rozvinutím kopyta do 2D formy tak, že 2D formu vytvořenou v programu vyřezeme např. na plotteru, následně z usně, sešijeme na stroji (cig-cag) a tím vytvoříme zkušební sáček, který by měl přesně sedět na kopytě. Teoreticky by tato metoda měla být přesnější než ručně vytvořená forma.

Další velmi důležitou funkcí je **stupňování**. Protože existuje více způsobů stupňování kopyt: Anglické, Francouzské, Americké atd. musí být i tato funkce univerzální. Proto se využívá způsob stupňování dle tabulky, kterou vypíše uživatel dle potřeby. Dále by mělo být možné porovnat (vystupňovaná) kopyta tak, že dojde k seřazení kopyt dle zvoleného bodu/místa.

**Výstupy dat**, by měly být alespoň standardní IGES, STL a výstup pro CNC stroje, pokud používáme program na navrhování obuvi ve 3D, toto kopyto by mělo jít do daného programu exportovat. Dalším výstupem z programu jsou 2D šablony (DXF nebo IGES).

### 3.1.4 Design obuvi ve 3D CAD systému

V oblasti výroby obuvi pocítujeme stále větší kompetitivní tlak na vývoj a výrobu obuvi se stále kratšími výrobními cykly. Cykly od zpracování 2D konceptů návrhu interních designérů, projekt managerů, pracovníků marketingu do 3D modelů jsou časově náročné a málo přesné. Oproti dřívějšímu způsobu práce, kdy se do Asie posílaly 2D návrhy, kde jsou přepracovány/interpretovány a vyrobeny 3D modely, které jsou posílány zpět.

Přičemž dnes se již posílají 3D digitální prototypy (Viz. kap. 3.1.7.3), aby bylo zřejmé, jak přesně má požadovaný výrobek ve finále vypadat. Díky CAD systémům dosahují firmy lepších modelů/designů, větší přesnosti modelů/designů, a lepší komunikaci a významně se zkracuje doba výrobních cyklů modelů.

Vycházíme z předpokladu, že program na navrhování obuvi ve 3D by měl mít postup práce navrhování v programu podobný (pokud možno) jako při ruční práci. (Pozn. Program je pouze nástroj designéra, proto by se měl podříditi program potřebám designéra.) Nezbytná je komunikace mezi vývojovým centrem programu a jeho uživateli a jeho snaha vyjít vstříc přáním a žádostem jejich uživatelů.

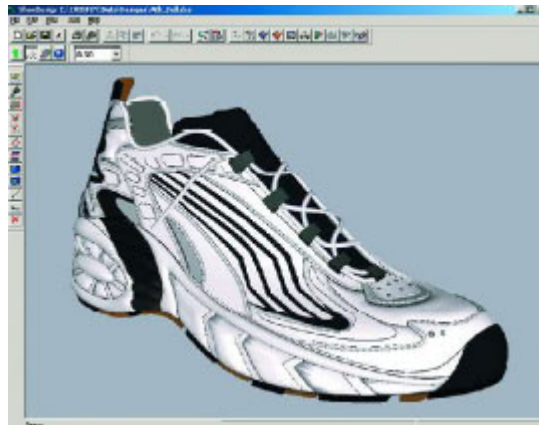
Další základní předpoklad 3D programu na design obuvi je jeho komunikace mezi 3D a 2D „moduly“. **3D design** (spolu s kopytem) musí být snadno **rozvinutelný do 2D** formy. **Export dat** ve formě standardizovaných dat (DXF, IGES, tec.) umožňuje zpracování dat (vytvoření dílců) ve 2D programu. Také není neobvyklé, že je možno vytvořit nášlapnou část podešve ve 2D programu a importovat ji do modulu na tvorbu podešve, kde se dotvoří design (kde se rozvine do prostoru, přiřadí se barevnost atd.)

Většina předních programů na 3D design obuvi umožňuje **pracovat/navrhovat ve 3D i 2D**, což vede k výraznému zlepšení komunikace, až po realizaci modelu a následné produkci. Tím se zkracuje výrobní cyklus, zmenšuje se množství „nepovedených“ modelů, snižuje se nutnost cestovat pro ověření designů a způsobů jejich realizace. Přichází také nová tendence - možnost konstrukce 2D dílců přímo ve 3D programu.

Abychom mohli navrhovat ve **3D** potřebujeme **kopyto** (ve formě datového souboru), které jsme buď digitalizovali, nebo vytvořili v programu na tvorbu a editaci kopyt, nebo importovali z jiného datového zdroje (např. ve formě IGES). Případně může být možnost digitalizovat kopyto přímo v programu pomocí ručního digitizéru (Microscriber). Také v programu mohou být základní funkce na modifikaci kopyt.

**Navrhování v programu** probíhá tak, že na povrchu kopyta vytváříme linie vzoru, ze kterých jsou následně vytvářeny dílce tak, že jim definujeme tloušťku, barvu, lesk, příp. použijeme texturu. Textura je obrázek ve formátu GIF nebo JPG a tento obrázek je mapován na požadovaný dílec. Takto vytvořené dílce mají vizuální funkci – výsledný vzor se velmi blíží vzhledu skutečné boty, což se využívá při reklamě, dokumentaci i pro tvorbu modelů.

Program rozvine kopyto spolu s 3D liniemi do 2D, tyto linie můžeme použít ve 2D programu na vytváření dílců. Vizualizaci dotvoří možnost importovat podešev ve formě STL, IGES příp. jiného datového formátu, přičemž můžeme zvolit barvy v programu. Je možné podešev v programu vytvořit od základní až po složitou sportovní podešev, s mnohými částmi.



*Obr. 11 – Sport shoe in CAD*

Výsledkem práce v programu je komplexní, realistický, velmi detailní design obuvi (rozličných stylů) pomocí křivek, povrchů, textur a detailů (šněrování, zipy, přezky atd.) s možností vytvořit vizuální 3D modely, 2D obrázky/fotky, rozvinout design do 2D s maximální přesností a dále s možností design exportovat ve 3D do známých datových standardu (IGES, DXF, STL – pro vytvoření 3D fyzického modelu).

Kopyto s liniemi návrhu rozvinuté do 2D může být posláno do 2D programu pro vytvoření dílců.

### 3.1.5 Design podešve

Jelikož v tomto oboru je na trhu jeden významný CAD systém na vytváření designu podešve, jehož funkčnost a profesionalita je výrazně před konkurencí, představím vám přímo tento systém. Jedná se o systém **Power Solusion** od firmy **Delcam**, který si tento náskok před konkurencí vytvořil i díky tomu, že vyvíjí software nejen pro obuvnický průmysl, ale i pro jiné odvětví, např. design výroby hraček, průmyslových výrobků aj. V obuvnickém průmyslu tento systém používají mnozí přední výrobci sportovní obuvi pro výrobu forem podešví.

Systém Power Solusion se skládá z několika modulů, které lze podle potřeby uživatele kombinovat. Síla CAD systému spočívá v **možnostech modelování**, které jsou kombinací trojrozměrného modelování, modelování povrchu, modelování pomocí trojúhelníků, dále jsou k dispozici reversibilní (zpětné) možnosti modelování a mnohé dekorativní nástroje.

Program podporuje řadu vstupních standardních formátů včetně DXF. Program umožňuje vytváření designu podešve na základě 2D náčrtku. Modely mohou vznikat jako 2D návrh nebo dokonce náčrt. Tento návrh je pomocí PowerSHAPEu (podmodul Power Solution systému) rozveden, je vytvořeno tělo podešve a hlavní křivky, dále dělicí linie, vstřikovací kanálky a další části formy. Program vytváří **spojitost mezi 2D návrhem a 3D modelem**. Samozřejmě je možné vycházet při návrhu z 3D importovaných dat.

Automatické segmentování povrchů a inteligentní kurzor pro rychlou konstrukci a analýzu jsou nástroje, které usnadňují práci v programu. Velkou předností jsou **modifikační funkce** a různé typy deformace tvarů. Pro potřeby modelování je k dispozici knihovna standardních a uživatelem navržených součástí a šablon. Program obsahuje další nástroje pro snadné modelování, jako jsou popisky, automatické měření rozměrů, pracovní hladiny, šrafování, symboly, náčrtky, aj.

### Vytváření ozdob a reliéfů

Funkce **embossing** umožňuje vytvořit reliéfy z původně 2D obrázku/návrhu, který se vyzdvihne dle zvolených parametrů do prostoru. A tak je možné jednoduše a rychle vytvořit loga nebo různé profily a ozdoby, což by pomocí standardních 3D nástrojů bylo



velmi časově náročné. Loga, nášlapné vzory a jiné tvary mohou být snadno aplikovány k povrchu podešve.

Funkce **morphing** umožňuje „deformovat“ hladké povrchy předmětu do různých tvarů povrchů. Pro deformaci lze použít pravidelné tvary jako jsou proužky, lemovací tvary, žebra, nebo nepravidelné výstupky, hrboly aj.

Realistické **zobrazení**, možnost používat textury. Rychlé a snadné vytvoření forem z vytvořených designů.

Je umožněno skupinové **stupňování** (pro více velikostí některé prvky mohou mít stejnou velikost), vhodné vzhledem k omezení velikostní škále některých komponentů, jako jsou loga a jiné ozdobné prvky. Individuální elementy designu mohou být vystupňovány do různých velikostí a začleněny zpět do designu.

Snadno lze vytvořit série **variací**, nebo použít část z již vytvořeného designu, dle potřeby.

Výstupní standardní formáty včetně IGES, STL, DXF. Výstupy na plotter a tisk.

Uživatelské rozhraní je jednoduché, přičemž poskytuje velké možnosti správy jednotlivých entit.

### ***3.1.5.1 Opačný postup vytváření podešví***

Vzhledem ke stále většímu tlaku na rychlost vytváření vzorů reagujících na požadavky trhu a na módní trendy, přicházejí další možnosti ve výrobě podešví. Jedná se o opačný postup vytváření podešví, který nám umožňuje fyzickou podešev nebo ručně vytvořený model jednoduše a rychle konvertovat do CAD programu, kde lze model modifikovat, nebo přímo poslat do CNC stroje na obrábění. Tento postup je prováděn pomocí modulu: **CopyCAD reverse**, který pomáhá snímat a pracovat s zeskenovanými daty, v našem případě modely podešví i hotovými výrobky. CopyCAD reverse je velmi využívaný a efektivní modul, umožňuje spojovat jednotlivé skeny, vytvořit nové linie, editovat tyto linie a tvary, doplňovat o chybějící data při skenování a vyhlazovat.

V modulu lze snadno pracovat s částmi několika podešví, kombinovat je a tak vytvořit novou podešev. Přidáním nových linií do drátového modelu (zeskenovaných dat) můžeme upravit geometrii modelu nebo také definovat pomocí linií oblasti pro následné obrábění.

[12]

Pomocí CopyCADu je možné digitalizovat jen několik profilů a vytvořit tak základní model, který je možné poslat do **PowerSHAPEu** (podmodul Power Solution systému) pro dokončení modelu.

*Poznámka: CopyCAD a PowerSHAPE není pouze obuvnický software, slouží také pro modelování průmyslových výrobků.*

### 3.1.5.2 Příprava výroby forem podešví

Firma Delcam představila modul, pomocí něhož lze snadno vytvořit formu podešve. Vycházíme z CAD modelu podešve, uživatel zvýrazní profily obrysů podešve a tím rozdělí povrch formy. Pak pomocí modulu dotvoří vnitřní prostor formy.

Program se vyznačuje značnou flexibilitou, např. rám (prostor mezi svrškem a krajem podešve) může být nadefinován kolem podešve ve stejné nebo variabilní tloušťce.

Jakmile je design podešve hotový, může být poslán na obrábění např. pomocí **PowerMILL**. [25]



Obr. 11 – Konstrukce formy podešve

### 3.1.5.3 Design podešve s LECTRA softwarem

**LECTRA** má také software na design podešví: **RomansCAD Software (RCS) Sole**, přestože není tak komplexní jako Power Solution, poskytuje dobrý standard, umožňuje poměrně dost možností modelování i práce s daty.

Program umožňuje vytvářet podešve a podpatky všech typů, vychází z **dat kopyta**, čímž je dosažena maximální přesnost, nebo můžeme vycházet z linií **technického návrhu**. Pomocí programu můžeme vytvořit různé plochy o různých tloušťkách. Pro vytvoření realistického designu podešve je možno použít textury, loga a případně obrázky, které je možno přetvořit pomocí programu do reliéfu, případně již vytvořený 3D objekt importovat a včlenit do designu podešve.

Lze použít standardní **stupňování**, nebo lze stupňovat s vlastním nastavením, lze tak vybrat osy stupňování (2 nebo 3 osy), nebo lze některé části nechat stejné (pro několik čísel) , nebo lze tyto dvě podmínky zkombinovat.

Pokud máme fyzický model podešve nebo podpatku a chceme jej dostat do digitální formy, můžeme jej pomocí programu digitalizovat, pomocí např. ručního digitizéru (Microscribe). Pro tvorbu nebo úpravu tvaru podešve můžeme použít např. 2D linie z technického návrhu.

Možnost kontroly návrhu dříve, než vznikne fyzický model. Zobrazení je maximálně realistické, možnost rotace, snímání obrázků. Výstup dat podešve ve standardních formátech (IGES, STL atd.) je důležitý pro vytvoření prototypů a následně forem.

[13]

#### **3.1.5.4 Navrhování podešví ve 2D**

Podešve je také možné navrhovat a konstruovat ve 2D programu, např. v **ElitronCad 2D soles** od firmy Elitron. Jedná se o navrhování převážně podešví, které jsou následně vysekávány z usně nebo syntetického materiálu. Díky mnohým konstrukčním funkcím se stal užitečným nástrojem na design podešve. Vstupními daty do programu mohou být digitalizovaná 2D data, importovaná 2D data. Program může obsahovat modul na 2D skenování a zpracování těchto dat.

Konstrukce podešví zahrnuje modelování pomocí parametrických funkcí, šablon a jiných nástrojů. Parametrickými funkcemi lze měnit rozměry i design vzoru, dílce vycházející ze základního vzoru tak mění svůj tvar. Stupňování dle parametrů zadaných uživatelem, pro několik velikostí najednou.

Program umožňuje optimální rozvrstvení dílců v materiálu pro řezání/vysekávání.

Spotřeba materiálu je následně vypočtena. Výsledkem práce v programu je i tvorba podkladů pro výrobu vysekávacích nožů.

Program vytváří mnoho různých záznamů a informací o vzoru a jeho variacích, informace o spotřebě materiálu, seznam základních vzorů a umožňuje tisk vzoru.

### 3.1.6 Software na design podpatku

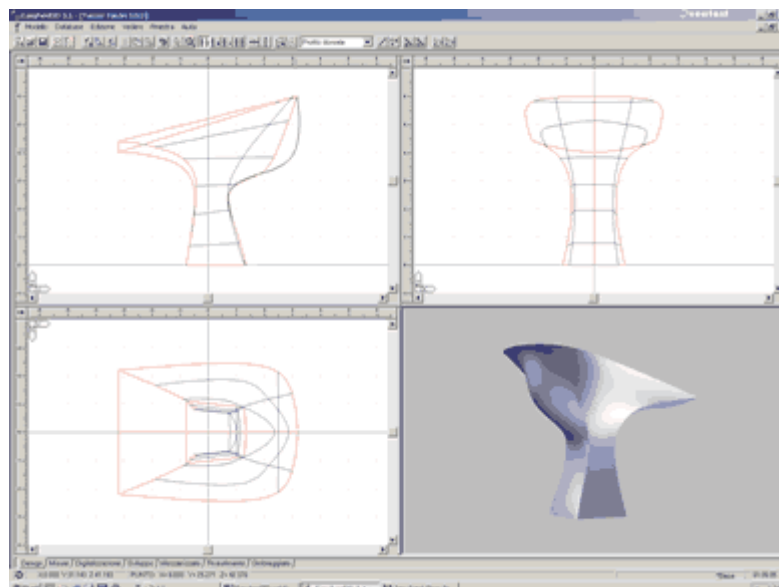
3D program pro parametrickou a interaktivní tvorbu a editaci podpatku.

**Vstupem** pro tvorbu podpatku může být import profilů kopyta z programu na design kopyta. Dalším vstupem může být zdigitalizovaná patní část stélky.

Program umožňuje datový vstup profilů a šablon, pomocí něhož můžeme modelovat tvar podpatku. Tyto šablony mohou být vytvořeny pomocí digitizéru ve 2D, nebo zdigitalizované pomocí Microscriberem.

Vytváření a **modelování podpatku** je umožněno intuitivní cestou. Podpatek je tvořen 3 – 4 plochami, které mohou být symetrické i nesymetrické.

Program podporuje kreativitu návrháře, nabízí množství editačních a tvořících nástrojů, takže designér může vytvořit potřebný tvar, má k dispozici různé křivky a tvary. Pomocí importovaných 2D profilů je možné pracovat ve 3D a tak vytvořit jakýkoliv podpatek. Dále je možné modelovat podpatek definováním základních parametrů nebo změnami tvarů křivek. Program umožňuje vytváření i jednoduchých podešví. Výsledek je okamžitě zobrazen a tak může být rychle zkontrolován. Nástroje a možnosti programu značně urychlují čas potřebný k vytvoření modelu podpatku. Tomu napomáhá i vnitřní databáze v programu, která umožňuje spravovat a vyhledávat podpatky na základě jejich parametrů.



Obr. 14 - Modelování podpatku

**Stupňování** je definováno pomocí konstantních přírůstků spolu se speciálními pravidly, které jsou však upravitelné dle potřeb uživatele. Například lze ponechat stejnou velikost patníku pro 2-3 velikosti. Program podporuje různé druhy CNC obráběcích strojů a také umožňuje vypočítat dráhy nástroje. Je možno použít různé druhy nástrojů a obráběcích technik. Program zobrazí 3D simulaci tvorby cest pro vybraný stroj. Program také umožňuje vytvořit datový výstup profilů podpatku.

### 3.1.7 Výroba fyzických modelů kopyt

#### 3.1.7.1 Frézování kopyt pomocí CNC strojů

CNC stroje obsahují CAM software, který obsahuje různá nastavení a vypočítá cesty nástroje. Možnost nastavení kvality povrchu a rychlosti obrábění. NC stroj je možno ovládat i v rámci LAN sítě. Pomocí obrazovky - kontrola velikosti materiálu pro výrobu kopyta. Důležitá je kvalita obrábění v oblasti špice a paty, kde je kopyto uchyceno.

Některé CNC obráběcí stroje obsahují i zařízení na digitalizaci kopyta. [18]

Tento stroj **FX-CNC-3** může obrábět tři páry kopyt najednou. Stroj se skládá ze skenovacího systému, NC obráběcího systému, elektrického systému a hydraulického systému. Stroj může obrábět poprvé nahrubo (velké kusy přebytečného materiálu), podruhé nahrubo a zakončí jemným obráběním. Velká efektivita a přesnost stroje. [19]



Obr. 15 - CNC frézování kopyta

**NewLast** stroj č. **NL·MODIF** na hrubé obrábění a konečnou úpravu modelu kopyta zcela automaticky v jedné operaci. Tento stroj integruje všechny obráběcí a dokončovací práce s absolutní přesností. Je možné vybrat z módu hrubého obrábění, konečné úpravy, nebo obě operace. Kopyta mohou být vyráběna z polyetylenu, dřeva, obráběcí hlava má velkou obráběcí schopnost, lze tedy použít větší kvádr materiálu, než konečné kopyto.

Stroj je vybaven novým nc (numerical control) softwarem EASYLAST2001™ s WINDOWS operačním systémem.

### 3.1.7.2 Frézování podešví a podpatků pomocí CNC

**NL-SDTS** frézovací stroj firmy **Newlast** na výrobu složitějších výrobků, jako jsou modely podešve a podpatku. Jedná se o digitální stroj řízený pomocí 840D Siemens CNC, který zaručuje vysokou přesnost obrábění. 4 číslicově řízené interpolační osy, které zaručují pohyby a rotace pracovního stolu a hřídele. Elektrická hřídel umožňuje velkou rychlost rotace, proto je zde také zabudován systém chlazení.

Ergonomický tvar stroje umožňuje operátorovi kontrolovat jak pracovní oblast, tak zatížení nástroje. Newlast produkty jsou certifikované a zaručují maximální bezpečnost.



Obr. 16 - CNC frézování podešví

### 3.1.7.3 RP - Rapid Prototyping (Printing)

Poměrně nová technologie, která se stala synonymem pro produktivitu a kvalitu povrchu. Tato technologie je zastoupena firmou Objet [21] a produktem *Eden500V* je největší z řady Eden 3D Printer (Rapid prototyping system), který je založený na PolyJet™ technologii. Na obou osách X a Y podporuje rozlišení 600 dpi, což zaručuje výbornou kvalitu, přesnost při výrobě 3D modelů ve velmi dobrém čase. Toto zařízení je vhodné do všech kanceláří bez potřeby speciálního zázemí.

Technologie rapid prototyping (RP) je založena na tom, že tisknoucí hlava (print head) má 1536 trysek, které jsou velmi malé a jsou těsně u sebe, protéká jimi polymerová pryskyřice (photopolymer resin), čímž vznikají tenké a husté vrstvy, materiál okamžitě tvrdne při vystavení se UV záření. Tento proces vytváří maximálně přesný a velmi hladký povrch bez potřeby jakékoliv konečné úpravy.

Použití PolyJet™ technologie zaručuje velmi tenké vrstvy. Rozměry vnitřního prostoru 500 x 400 x 200mm.

Možnost použití materiálu na výrobu modelů: FullCure720 pro transparentní modely, VeroBlue & VeroWhite - matné barevné (modrá a bílá)materiály,

TangoGray & TangoBlack – šedá a černá barva, ohebné jako pryž.

Přesnost 0.1-0.3mm (přesnost záleží na geometrii, orientaci částí a velikosti modelu).

Vstupní formát STL.

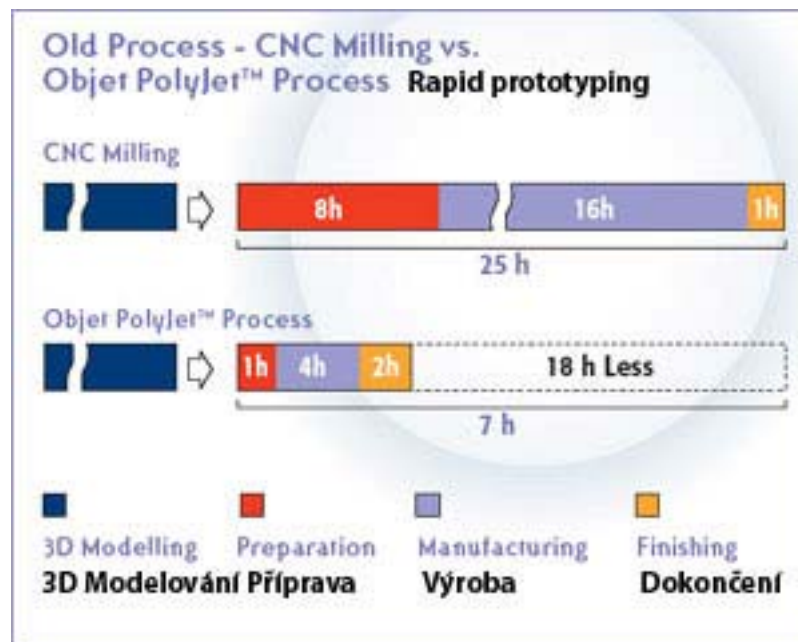


Obr. 17 - Eden500V pro RP

### Studie: Používání technologie Rapid Prototyping

Studie, kterou si nechala vypracovat firma Adidas-Salomon ukazuje, že je možné zkrátit vývoj výrobku z 90 na 30 dnů použitím technologie Objet Geometries RP systems.

Zavedením technologie Objet Geometries Polyjet™ vstříkovací technologie pro rapid-prototyping (RP) fyzických modelů z STL souborů. Čímž bylo dosaženo velmi kvalitních fyzických modelů. Pomocí této technologie jsou ušetřeny peníze i čas, RP model se použije jako matečný model, pro výrobu nástrojů nebo vakuového odlévání dílců pro zhodnocení.



Obr. 18 – Porovnání CNC a RP technologie

Přesto, že se ve firmě Adidas-Slalomon vyvíjí nové návrhy plně na počítačích, pro designéry a konstruktéry je vždy důležité před schválením vzoru držet návrh v ruce. A jelikož je dnes výroba přesunuta na východ, odkud byly fyzické modely posílány na revizi, použití této technologie významně ušetří čas i peníze. Technologie výrazně zkrátí výrobní cyklus nového vzoru a tím i jeho cestu na trh. [20]





## **II. TEXT PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CAD/CAM SYSTÉMY NA TRHU

Zde bych ráda představila přední CAD/CAM systémy, které jsou momentálně na trhu, pokusím se alespoň stručně zhodnotit úroveň těchto programů a poskytnout odkazy na internetové stránky produktů a firem, kde se čtenář může dozvědět více o produktech i firmách, které je nabízejí. Skutečné a objektivní zhodnocení by zdaleka nebylo tak jednoduché, muselo by se zakládat na přímé zkušenosti se všemi programy v každé oblasti. Jelikož sama pracuji již několik let v oblasti vývoje obuvnických programů, ráda bych zde také zhodnotila mé zkušenosti, postřehy a názory, na to, jaká je schopnost současných programů uspokojit požadavky zákazníka, jaká jsou úskalí a co jsou naopak silná místa v této oblasti a na co je potřeba se soustředit při dalším vývoji programů.

### 4.1 2D CAD/CAM systémy na trhu

#### 4.1.1 2D konstrukční programy na trhu

Na poli 2D konstrukčních programů panuje dosti velká konkurence, jelikož mnoho firem má již mnohaleté zkušenosti. A tak rozdíly mezi jednotlivými programy nebudou tak velké. Mezi přední obuvnické 2D konstrukční softwary, které můžeme zahrnout: 2D Engineering od firmy CrispinSystem [3], RomansCAD Software 2D od Lectra [4], USM2 od firmy USM Group [5], dále následují ShoeMaster Classic/Esprite/Power od firmy CSM3D International Limited [2], PS-Shoemaker for 2D Engineering od firmy Delcam [6].

Dále následuje o něco nižší třída výrobků:

Naxos od firmy Teseo [7], CAD-Cobbler od firmy ClassiCAD [8], Footwear CAD od firmy Parmel [9], ElitronCAD 2D od firmy Elitron [10], ShoeCAD 2D od firmy Mind [11], MinoCAM od firmy Inocam [14] a další..

Jelikož v této oblasti má mnoho firem dlouholeté zkušenosti ve vývoji programů i ve znalosti „řemesla“, znají problematiku i konkurenci, došlo k určitým nepsaným standardům a mnoho firem již dokáže zcela splnit požadavky svých zákazníků, nejsou to jen ty firmy, které jsem zde zhodnotila jako přední. Takže zákazník se může rozhodnout pro program méně známé firmy nižší třídy, za menší cenu, může být zcela spokojen s funkčností a ještě ušetřit.

Proto také firmy hledají, které vytvářejí software hledají, co více by mohli svým zákazníkům nabídnout. Je to například komunikace mezi 3D a 2D programem pro ty firmy, které používají program na 3D design obuvi je výhodné si koupit i 2D software, jelikož pomocí něho může volně komunikovat (reverse engineering) oběma směry. Například využít možnosti vytvořit 2D linie v konstrukčním programu a ve 3D programu je namapovat na kopyto. Ve 2D programu lze vytvořit vzor pro nášlapnou část podešve a použít ji zpět ve 3D programu. Další výhodou je možnost použití Data Management programu přímo z aplikace 2D konstrukčního programu. A pomocí Data Management programu pořádat „konference“ a další výhody (Viz. 2.1.4) aj.

#### 4.1.2 Kalkulační programy na trhu

Mezi velmi komplexní patří ShoeCost od firmy CrispinSystems [3], RomansCAD Software SL od firmy Lectra [4], následují Shoemaster APA od firmy CSM3D International Limited [2], Classi-Cost, Calc-Cobbler a PAS-Cobbler od firmy classiCAD [8], CalcMaster od firmy Parmel [9] a další.

Kalkulační programy mohou být velmi komplexní, jelikož každá obuvnická firma má svoje postupy, jak provádí kalkulaci, není tady tolik ustálených standardních postupů, jako při používání konstrukčních programů. Naopak základní funkce výpočty spotřeby materiálů, polohovací funkce, by měl mít každý program. Při výběru programu velmi záleží na potřebách obuvnické firmy, pro větší společnosti bych určitě doporučila ty komplexnější programy. Naopak malým firmám možná budou stačit některé kalkulační funkce, které mají 2D konstrukční programy.

### 4.1.3 Data Managementové programy na trhu

Vzhledem k tomu, že produkt DataManagement od firmy Lectra [4] je již na trhu několik let je vyspělejší a umožňuje více operací-funkcí, přičemž DataStore od firmy CRISPIN Systems Limited [3] je řádově mladší.

Tyto programy jsou samozřejmě výhodou v době, kdy výroba se posunula daleko na východ a pomocí tohoto programu se výrazně zlepši schopnost komunikovat a diskutovat nad konkrétními vzory on-line. Používání těchto programů je v této době vyšší standard, takže si jej můžou dovolit jen velké obuvnické firmy.

### 4.1.4 Řezací systémy

Výrobci: LC-2400 Optima od firmy Zünd [15], VectorFootwear, Contour od firmy Lectra [4], SPC-ULTRA, SPC-ULTRA- S od firmy USM [5], CutVision 15-30 System od firmy Taglio [26], Waterjet od firmy DELAHAYE S.A. [27] , SintexJet a SampleJet jsou Waterjet (vodní paprsek) řezací systém od firmy ZIPOR [28].

V této oblasti, jsou firmy z mnohaletou zkušeností a působností na trhu (Zünd) a největším zastoupením na trhu, kterým lze důvěřovat. Volba zařízení bude i záležet na specifických požadavcích obuvnické firmy.

## 4.2 3D CAD/CAM systémy na trhu

### 4.2.1 Digitalizace kopyt

Ruční digitizér Immersion Microscribe 3DX nebo 3DL [23], je stálíci na trhu, je to nejrozšířenější a nejvíce používaný ruční digitizér, který se používá v mnoha odvětvích, nejen v obuvnickém průmyslu.

### 4.2.2 Produkty a výrobci ortopedických CAD/CAM systémů

Představují řadu produktů CANFIT-PLUS<sup>TM</sup> od firmy Vorum [29], jelikož má velké zastoupení na trhu a jejich produkty jsou vysoce profesionální. Dalším významným výrobcem CAD/CAM ortopedických systémů s velkým zastoupením na trhu, je firma IDEAS [32], která dodává různé druhy skenerů nohy, nášlapné části nohy a kopyta. Dále IDEAS dodává ortopedický software: FootCad, SoleCad, MouldCad. Americká firma Amfit [30] vyvíjí řadu profesionálních produktů CAD/CAM pro design ortopedické obuvi a stélek, digitizéry nohy, obráběcí stroje aj.

Tyto firmy mají již mnohaletou zkušenost v oboru. Vývoj takových programů vyžadoval a vyžaduje úzkou vazbu uživatelů a výrobců programu, což se zcela určitě hodnotilo a tyto programy jsou vysoce profesionální a mají před sebou slibnou budoucnost, jelikož se předpokládá, že budou stále větší požadavky na zakázkovou obuv. Také lidé s vadami nohou, díky životnímu stylu neubývá, spíš naopak.

### 4.2.3 3D programy na design kopyta na trhu

Nezahrneme-li do této kategorie software na tvorbu ortopedického kopyta, který je samozřejmě univerzální a také sem teoreticky patří. Lze těžko hodnotit, který z následujících programů má největší podíl na trhu, nebo jej můžeme označit za „lepší“, alespoň v tuto chvíli. Podle mého názoru je v této oblasti prostor na profilaci některého z nich a zároveň poptávka na trhu. Dobře si však vede program EASYLAST3D CAD/CAM od firmy Newlast [31], který nabízí mnoho zajímavých možností modifikace kopyta i možnost vyhledávání z databáze kopyt. Dalšími programy jsou: RomansCad Software 3D Last od firmy Lectra [4], Forma od firmy CSM3D International Limited [2]

, LastMaker od firmy Cripin System Ltd. [3], 3D Last System od firmy 3Shape [33]

, Shoelast 3D od firmy CCG [34] a další.

#### **4.2.3.1 3D Last System**

Ráda bych však ještě představila program **3D Last System** [33]. Jde o 3D CAD na design kopyta, který vyvíjí firma, která se primárně nesoustřeďuje na obuvnické aplikace, ale na konstrukční aplikace pro různé průmyslové výrobky. Zaujaly mě však některé možnosti tohoto programu, postupy při práci s konstrukčním programem a využití těchto postupů v obuvnické aplikaci. Aplikace je určena výrobcům kopyt i designérům obuvi. Výstupy z programu se mohou používat k výrobě kopyt i k navrhování obuvi ve 3D programu, kde jsou data kopyta importovány. Program umožňuje automatické zpracování a optimalizaci digitalizovaného povrchu kopyta i importovaných dat.

Program disponuje bezpřechodovými modelovacími funkcemi, pomocí nichž můžeme modelovat tvar kopyta. Pomocí obrazovky, měřících a srovnávacích funkcí může okamžitě docházet k efektivní kontrole bez potřeby vyrábět fyzický model.

#### **Moduly programu:**

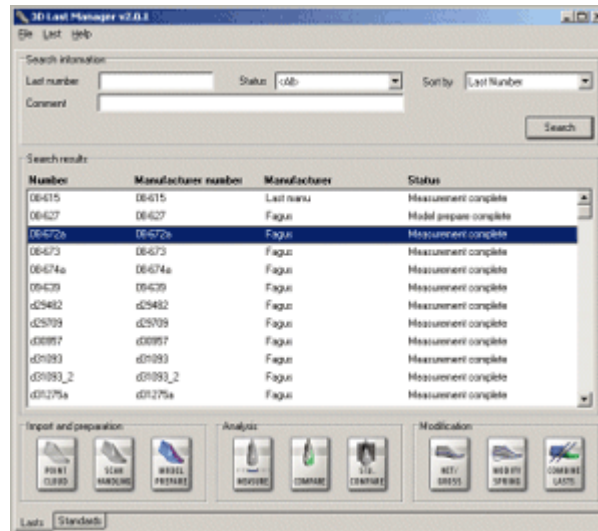
3D last system je postaven z několika modulů rozličných funkcností, tak aby bylo možno program flexibilně nastavit specifickým požadavkům zákazníka.

**3D Last Manager** modul je jádrem 3D Last Systemu. Obsahuje databázi s uloženými modely kopyt a související informace o kopytě.

Databáze může být kdykoliv použita, lze v ní vyhledávat pomocí zvolených kritérií. Je například možné vyhledávat z databáze na základě parametru zdvihu špice, výšky podpatku, obvodu prstních kloubů, velikosti kopyta, jména modeláře kopyta atd. Pro každé vyhledané kopyto se zobrazí informace o kopytě, jeho historie, 3D náhledy a profily kopyta. 3D data jsou v databázi kompresovaná tak, aby ušetřila potřebné místo a také usnadnila přenášení dat v rámci LAN i Internetu.

3D Last Manager modul se také používá pro export a import dat, ale také jako spojovací článek s ostatními moduly i jinými programy. Program podporuje následující exportní datové soubory: STL, VRML, DXF, EMF, ASC, IGES a další.

Tento modul zaznamenává všechny informace, které se ke kopytu jakkoliv vztahují (datum vytvoření a změn, 3D skenování, objednávka výroby atd.). Modul spolupracuje s Microsoft Word™ a automaticky generuje formuláře objednávky i zprávy o naměřených parametrech.



Obr. 19 – Vyhledávací databáze 3D Last systému

**3D Scan Handling** importuje a zpracovává data z 3D skenovacích zařízení. Proces zahrnuje vypočítání povrchu a následnou optimalizaci vypočítané sítě. Tyto operace mohou být prováděny automaticky, ale i s možností uživatele zasáhnout do jednotlivých operací. Výpočet a optimalizace sítě zahrnuje: redukci šumů, neboli těch bodů, které leží mimo hlavní „oblak bodů“. Dále dochází k redukci bodů, kde je jejich velká hustota a rovinný povrch, body jsou zachovány v místech větší křivosti. Pomocí triangulace dat z „oblaku bodů“ je vytvořen 3D povrch. Je také možné zredukovat množství trojúhelníků z povrchu modelu kopyta při současném zachování přesného tvaru modelu kopyta. Některé části původně 3D fyzického kopyta (například díry nebo výčnělky pro uchycení během CNC obrábění aj.) je třeba odstranit z povrchu modelu kopyta, čehož výsledkem je hladké kopyto.

Pomocí funkce Plane cutting (odřezání roviny) je možné odstranit nežádoucí oblasti 3D modelu kopyta, jako je například vrchní část kopyta.

**3D Last Model Preparation** modul připravuje 3D data kopyta pro 3D Last System. Tento modul automaticky identifikuje potřebné křivky kopyta a orientační body/linie jako je



spodní hrana kopyta, jeho vnitřní a vnější strany, střední linii kopyta. Tyto křivky a orientační body/linie mohou samozřejmě být pozměněny/editovány uživatelem. Tyto profily jsou důležité pro identifikaci kopyta nebo při vyhledávání, ale také mohou být exportovány pro použití v externím programu (linie stélky).

Automatické nebo manuálně vytvořené postavení (pozice) kopyta ve 3D prostoru vychází z definované výšky podpatku. Toto postavení je důležité pro následné měření a třeba i pro porovnávání kopyt. Vstupní data kopyt z CAD/CAM systémů nebo z modulu Scan Handling potřebují být zpracována než jsou použita na měření, porovnání, modelování i export do jiných systémů.

**3D Last Measurement** modul, který provede analýzu přesnosti a kvality povrchu kopyta. Mnoho specifických rozměrů je automaticky sejmuto pro zjištění potřebné kvality a pro další zpracování.

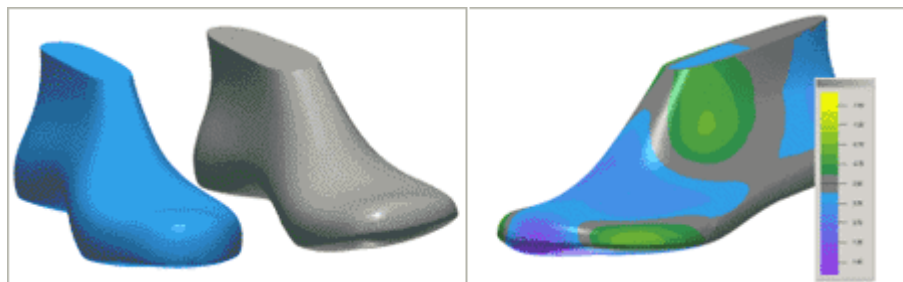
Lze měřit lineárně (základní délka kopyta) i po křivce (obvod prstních kloubů).

Mezi automaticky měřené rozměry patří: přímá délka kopyta, obvod v patě, bříšková míra nohy, obvod nártu, přímá délka kopyta aj.

Měření je možné provést i uživatelem. Naměřené hodnoty jsou ukládány spolu s kopytem do databáze.

**3D Last Comparison** modul je určený k analýze rozdílů mezi dvěma modely kopyt. Je tak možné porovnat dvě 3D naskenovaná kopyta, nebo 3D naskenované kopyto a 3D model kopyta, nebo model z importovaného datového zdroje. Porovnává se kvalita a tvarová analýza. Před samotným porovnáváním tvaru kopyt je nutné kopyta buď automaticky nebo manuálně přiřadit (do sebe).

Grafické barevné označení rozdílů kopyt nám demonstruje velikostní rozdíly po celém povrchu kopyta. Kopyta mohou být také porovnávány s 2D profily kopyta. Pomocí čehož lze také posoudit rozdíly mezi jednotlivými kopyty. Systém automaticky zaznamenává analýzy a výsledky porovnávání do Wordu.



Obr. 20 – Porovnávání kopyt 3D Last systému

**3D Last Modeling** modul umožňuje uživateli přetvářet tvar kopyta neboli modelovat.

V programu jsou následující modelovací operace: přidávání tloušťky materiálu k stélce, změna zdvihu špice, výška podpatku nebo splynutí dvou různých kopyt v jedno, aj.

Dále je možné modul použít pro kontrolu 3D modelu kopyta, zda odpovídá

2D standardním rozměrům základny, které jsou běžně uznávané v obuvnickém průmyslu. Následuje možnost změnit zdvihu špice a výšky podpatku kopyta. 2D formy špice, spodní profil a profil paty jsou uloženy v systému. Použitím některé ze šablon, je možné kopyto také snadno a rychle modelovat.

**Last Combination** modul umožňuje sloučením dvou rozdílných kopyt modelovat určenou část kopyta. Uživatel vybere 2 kopyta z databáze, určí, kterou část si přeje, sloučit (např. špice) a výsledek je ihned proveden (opět z barevným znázorněním).

**Last Milling** modulem pro export modelu kopyta do CNC obráběcího stroje pro vytvoření prototypu nebo přímo k výrobě kopyt.

#### 4.2.3.2 Zhodnocení 3D Last Systému.

Použité přístupy a možnosti ovládání programu považuji za velmi pokrokové.

Konkrétně se jedná o rozdělení programu do jednotlivých modulů, které jsou variabilně kombinovatelné, takže uživatel si zvolí (i zaplatí) jen ty funkce, které skutečně využije. Dále shledávám velmi užitečným možnost vyhledat kopyto z databáze dle potřebných parametrů. Rovněž zajímavé a názorné je barevné zobrazení demonstrující velikost rozdílů mezi dvěma kopyty. A také automatické vytváření dokumentace.

Ale možností a nástrojů pro modelování kopyta zde však není příliš moc. Po doplnění těchto funkcí, by se však tento program mohl stát velmi silným konkurentem na trhu.

#### 4.2.4 Programy na design obuvi

Mezi přední programy na trhu patří: ShoeDesign od firmy Crispin Systems Limited [3], USM3 od firmy USM [5], následují:

Design od firmy Lectra [4], DIMENSIONS! od firmy ProCAM [1], 3D Creative od firmy CSM3D International Limited [2], EliStile 3D od firmy Elitron [10], ShoeCAD 3D od firmy Mind [11].

Přední programy na design obuvi jsou kvalitní, mají skvělé možnosti, pomocí nichž lze vytvořit model obuvi, který je velmi realistický, je zde dobrá vazba na 2D konstrukční programy, takže vybrané modely lze snadno připravit k výrobě. Je zde také možné vyrobit model designu pomocí RP technologie, což je určitě užitečné. Tyto technologie jsou však dosti nákladné, mohou si je dovolit velké a některé střední obuvnické firmy.

Vybrala jsem následující program jako ukázkou některých vizuálních efektů, které by mohly být implementovány v budoucnu i v našich obuvnických programech.

##### 4.2.4.1 Design obuvi v 3D grafickém programu

FreeForm Modeling system od firmy SensAble [34] umožňuje modelovat digitální 3D modely obuvi na velmi vysoké grafické úrovni. Přestože se nejedná přímo o obuvnický program s možností rozvinutí kopyta do 2D a vazby na 2D konstrukční program, díky svým grafickým možnostem má své příznivce a své místo na trhu. Mezi uživatele patří např. i firma Adidas-Salomon.

Produkt urychluje proces od návrhu (náčrtu) k modelu. Výstupem jsou rendrované fotorealistické scény, digitální soubory pro výrobu prototypů (STL) a vybrané standardní 3D i 2D formáty.

Systém usnadňuje především transformaci ručního náčrtu nebo ve 2D grafickém programu vytvořeného návrhu do 3D prostoru. Program pomocí 2D linií vytváří 3D modely. Umožňuje snadno pracovat na 3D modelu a tak eliminovat možné misinterpretace při tvorbě fyzických modelů z 2D návrhu/náčrtku.

Možné změny návrhu mohou být snadno provedeny na jednom 3D objektu, než na mnoha 2D návrzích, které definují jeden produkt. Renderované modely mohou být zhodnoceny dříve, než je vytvořen fyzický 3D model. Možnost importu již existujících 3D modelů.

**Silnou stránkou programu jsou jeho vizuální možnosti:**

- Možnost výběru z databáze různých materiálů, které tvoří i prostorové efekty,
- Možnost efektů: transparentnost, třpyt, lesk a odraz,
- Možnost výběru osvětlení: přímé, nepřímé, celkové osvětlení, barevné osvětlení a pozice světel.
- Možnost upravit stíny scény, aby výsledná scéna byla co možná nejrealističtější.



*Obr. 21 – FreeForm Modeling - Design obuvi*

#### **4.2.5 Programy na design podpatku**

**Program** je **na trhu** zastoupen produktem EASYHEEL3D CAD/CAM od firmy Newlast [31], který se jeví jako dobrý konstrukční nástroj s možností vytvářet i neobvyklé tvary podpatku, s dobrou vazbou na výrobu. Dále program EliTAC 3D od firmy Elitron [10], se zdá, že má o něco méně možností pro modelování podpatků, ale určitě neméně konkurenceschopný. Tento obor zahrnuje poměrně malý trh, proto je také poměrně malá konkurence, takže prostor pro zlepšení kvality programových produktů tady určitě je.

Nicméně mám za to, že EASYHEEL3D je dobré kvality, že má dobrou vazbu na výrobu, mohl by snad jen mít více funkcí pro modelování podpatku.

## ZÁVĚR

Jelikož se již několik let pohybuji v oblasti vyvíjení obuvnických softwarů, ráda bych shrnula mé osobní postřehy z oboru a názory na kvalitu CAD programů dnes používaných ve výrobě obuvi. Kvalitu výrobků je potřeba hodnotit především z hlediska toho, jestli výrobek je schopen uspokojit zákazníka a jeho očekávání. V našem případě je zákazníkem většinou obuvnická firma. Neoddiskutovatelná je potřeba průzkumu trhu, zjištění, jaké jsou potřeby potenciálních zákazníků. Tento průzkum trhu by měly provádět softwarové firmy. Čehož výsledkem by měl být software šitý na míru. Jelikož každá firma má své vlastní know-how, jak vytvářet dílce, jak stupňovat vzory, jak modelovat kopyto, jsou tyto postupy často firemním tajemstvím. Proto firmy nejsou, z pochopitelných důvodů, ochotni příliš mnoho sdělovat ze svých technologických postupů a přístupů. V konečném důsledku to znamená mírné opoždění ve vývoji, přesto že dnes jsou možnosti v programátorské sféře jsou veliké i možnosti osobních počítačů jsou dostatečné.

Z tohoto pohledu jsou na tom lépe programy, které jsou na trhu déle, kde za poměrně dlouhou dobu na trhu značně sjednotili postupy, bylo zjištěno mnoho o potřebách uživatelů. Jedná se o programy na konstrukci 2D dílců. Navíc v této oblasti je snadné se orientovat i z mnohých učebnic, informovanost o tom, jak se vyrábí a stupňují 2D dílce je opravdu veliká, na rozdíl třeba od informovanosti jakým způsobem se modeluje kopyto.

Jedním z východiskem může být vývoj na míru pouze pro daného zákazníka. Toto řešení je efektivní, ale značně nákladné a mohou si jej dovolit jen velké společnosti.

Jsou samozřejmě oblasti, kde je požadavek jasný, jde například o polohování dílců. Jde o to použít takové automatické funkce, aby polohované dílce zaujímaly co nejmenší obsah materiálu. A toto lze pomocí počítačů a algoritmů daleko lépe a snadněji, než ručně. Dle mého názoru dnes programy ve 2D na konstrukci dílců, programy na polohování a kalkulační programy dnes mohou a často plně splňují požadavky trhu. Přičemž si nemusíme nezbytně pořizovat ten „nejlepší a nejdražší“ program, nejlepší program pro firmu je ten, který má všechny funkce, které potřebuje a je za dobrou cenu. Tento požadavek dnes bývá ošetřen tím, že celkový program je rozčleněn do modulů a uživatel si koupí pouze ty, které využije, což je pro něj výhodné. Cena a funkce samozřejmě nejsou jediné požadavky, program musí být snadno naučitelný, je nutná rychlá práce v něm, komunikativnost mezi ostatními programy ve formě importních a exportních dat, vazba na výrobu (řezání, obrábění, frézování, aj.). Je nutno zmínit, že programy na výrobu 2D dílců

již dnes zcela nahradily ruční výrobu šablon, ruční stupňování a další ruční práce. Kalkulační programy jsou značně používány, využívají je převážně větší firmy. Menší firmy často vystačí s některými kalkulačními a polohovacími funkcemi, které dnes bývají součástí 2D konstrukčních programů.

Jak jsem již zmínila program na modelování kopyt je podle mého názoru oblast, kterou čeká největší vývoj. Jelikož všechny potřebné možnosti programů dnes jsou k dispozici i grafické možnosti (snadno dostupných) osobních počítačů. Tyto programy na trhu samozřejmě jsou a jsou dobré kvality, umí mnoho funkcí. Ale podle mého názoru tyto systémy zatím nemají takový široký záběr, aby mohly zcela nahradit ruční výrobu. V tuto chvíli ruční výrobu doplňují, často z větší části. Což je samozřejmě velmi důležité a potřebné. Do budoucna je potřeba zabezpečit lepší komunikaci mezi modeláři kopyt a vývojovými firmami softwarů. Výsledkem čehož bude program, který bude schopen zcela nahradit ruční modelování kopyt i pro náročné modeláře.

## SUMMARY

Footwear technology has been associated with CAD/CAM systems for about 30 years. But the systems were rather limited in their functionality at the beginning. First CAD program was launched in 1973, it graded the pattern by very primitive way (from today's point of view). Since that time development of CAD/CAM has underwent tremendous evolution. Theme of software evolution and what is the functionality today is quite interesting. But not much information is available, especially in Czech. Also the awareness of students in this field is not usually very high. Therefore I wanted to find those information and collect information together to create kind of overview, with some of my experience and conclusions from this field.

Today we have got 2D (2-dimensional) and 3D (3Dimensional) footwear programs that cover both footwear design and manufacturing process. The most often footwear software used today would probably be 2D Engineering for piece making and grading. Within the software you can usually digitize your form (shell) as well, it become your base for piece creation. By using various functions (offsets, radius, notches, stubs, etc.) you are able to create and define pieces. Within the program you can easily grade the pattern as well. The program output enable you to send the pieces into plotter or cutter to be cut. The pieces can also be send into a calculation program, where the material consumption will be calculated. Within the calculation program can not only material consumption be calculated but the total production costs. There is also connectivity between 2D engineering program and the 3D shoe designing program, 3D design can be flattened and sent into 2D engineering for making up the pieces. Moreover 2D design can be sent into 3D program, where is mapped onto a last. Within 3D programs we are using digitized and optimal zed lasts. By means of digitizing arm the last can be digitized by hand, or there are also some automatic devices for last digitizing. Obtained last data needs to be processed and optimized for further usage in some of 3D footwear software. The last data can be opened in 3D last designing program to change the shape of the last. The last designing process can be performed by changing parameters or interactive changing of some of the last curvatures. Also some of the lasts combinations can be applied, such as toe swap. Which is very useful, because it is common procedure of last designing, to keep the shape of the back part and change or design just the toe. The back part of the last is usually standardized. The program flattens the last to 2D form, which can be used back in



the 2D engineering program. Additionally the last can be graded within the program according to the grading parameters, that are user-editable. The last can be sent into the 3D shoe designing program.

Within shoe designing program the last is opened, it can be freely rotated and moved. The lines that represent the design are drawn on the last surface. The lines are starting point for the piece creation. Pieces are defined and it is given the thickness, pieces color, texture etc. so that the result looks very realistic. There are number of features that represents the lacing, eyelet, stitching, zip, hooks etc. You can also create or import a buckle to complete your design. You can finish up your design with the sole design as well. The final shoe looks very realistic on the screen almost as if it had been a picture of real shoe. The result can be sent to be prototyped to obtain real 3D model that helps design evaluation. The design is also flattened and sent into 2D engineering program to build the pieces.

The sole can be designed with the CAD system as well. It can take the base data form 3D last data, or the use can digitize the 2D insole etc. There is number of designing and modification tools so that very complex sole can be created. The sole data might be processed to get physical model. Also the data can be used to create form with the use of CAD program.

There is wide range of variety of using CAD/CAM systems for footwear production. The most important thing is to have such a pieces of software that are able to communicate together (by the use of standard file formats).

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] <http://www.procam.com/>
- [2] <http://www.shoemaster.co.uk/>
- [3] <http://www.crispindynamics.com/>
- [4] <http://www.lectra.com/>
- [5] <http://www.usmgroup.com/>
- [6] <http://www.delcam.com/>
- [7] <http://www.teseo.com/>
- [8] <http://www.classicad.cz/>
- [9] <http://www.footwearcad.com/>
- [10] <http://www..elitron.com/>
- [11] <http://www.mind.com.pt/>
- [12] <http://www.indianshoebazaar.com/>
- [13] <http://www.lectra.com/>
- [14] <http://www.inocam.com/>
- [15] <http://www.zund.com/>
- [16] <http://www.amfit.com/>
- [17] <http://www.archcrafters.com/>
- [18] <http://www.shoemaster.co.uk/>
- [19] <http://www.allproducts.com/>
- [20] <http://www.2objet.com/pdf/AdidasCaseStudy.pdf>
- [21] <http://www.2objet.com/>
- [22] <http://www.trl.de/>
- [23] <http://www.immersion.com/>

- [24] <http://www.zive.cz/>
- [25] <http://www.indianshoebazaar.com/>
- [26] <http://www.taglio.it/>
- [27] <http://www.delahaye-sa.com/>
- [28] <http://www.zipor.com/>
- [29] <http://www.vorum.com/>
- [30] <http://www.amfit.com/>
- [31] <http://www.newlast.com/>
- [32] <http://ideas.be/>
- [33] <http://3shape.com/>
- [34] <http://ccg.pt/>
- [35] <http://sensable.com/>
- [36] ERDÉLY, E. *Švec, který dobyl světa*. 1. vyd. Zlín: Archa, 1990. 192 s. ISBN 59-078-90.
- [37] PITNER, L. PODZIMEK, K. a kol. *Příručka technika obuvnické výroby*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1970. 192 s. ISBN 04-833-70.
- [38] SNOPEK, L. HECZKO, J. *Konstrukce a modelování obuvi* 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 192 s. ISBN 14-332-85.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CAD	Computer Aided Design - počítačově podporované konstruování
CAM	Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná výroba
SGI	Silicon Graphics Inc. – grafické počítačové stanice
2D	2-dimensional, 2- rozměrný
3D	3-dimensional, 3- rozměrný
HP	Hawlet Packard
IBM	International Business Machines, první počítače
UNIX	Operační systém
CNC	Computer Numerical Control - číslicové řízení počítačem
NT4	Windows NT4 Microsoft
DXF	Drawing exchange File Format - textový formát souborů výkresů AutoCADu, nyní standard pro reprezentaci CAD dat.
ZVSO	Základní vzor svršku obuvi
CVS	The Comma Separated Value - textový výstup oddělený středníkem, který umí načíst tabulkové procesory.
XML	Extensible Markup Language - značně univerzální textový formát, který lze při vhodném použití prohlížet v internet browserech
IGES	International Graphics Exchange Specification - výměnný souborový formát pro CAD data používaný ve strojírenství.
HPGL	Hewlett-Packard Graphic Language - jazyk popisu grafických dat používaný primárně pro komunikaci s plotry HP. Jazyk definovaný firmou HP.
STL	je formát používaný programem Autodesk 3D Studio. Jeho název je zkratkou od slova Still. Slouží na ukládání animačních sekvencí. Standardní datový formát Rapid Prototyping
LAN	Local Area Network – lokální síť.
EVA	Ethylene Vinyl Acetate

- RP Rapid Prototyping neboli Printing
- JPG (Joint Photographic Experts Group) - grafický rastrový formát využívající ztrátovou kompresi pro zmenšení objemu souborů fotografických snímků
- GIF Graphic Interhange Format - formát na výměnu grafických údajů.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 - Pattern Assessment.....	24
Obr. 2 – Data Mangement server - konference.....	26
Obr. 3 - Vyřezávací stůl usně .....	27
Obr. 4 - Microscriber .....	29
Obr. 5 - Dotekový digitizér.....	30
Obr. 6 - CNC scanner .....	30
Obr. 7 - Yeti 3D Foot Scanner .....	32
Obr. 8 - CANFIT-PLUS <sup>TM</sup> FootWare <sup>TM</sup> .....	33
Obr. 9 - Toe swap - výměna špičky .....	36
Obr. 10 - Lokální modifikace kopyta.....	37
Obr. 11 – Sport shoe in CAD.....	39
Obr. 11 – Konstrukce formy podešve.....	42
Obr. 14 - Modelování podpatku.....	45
Obr. 15 - CNC frézování kopyta.....	46
Obr. 16 - CNC frézování podešví .....	46
Obr. 17 - Eden500V pro RP.....	48
Obr. 18 – Porovnání CNC a RP technologie .....	48
Obr. 19 –Vyhledávací databáze 3D Last systému .....	56
Obr. 20 –Porovnávání kopyt 3D Last systému .....	58
Obr. 21 – FreeForm Modeling - Design obuvi .....	60