



VZTAH MEZI DESIGNEM, VÝVOJEM VÝROBKU A VLASTNOSTMI TEXTILNÍHO MATERIÁLU PŘI 3D MODELOVÁNÍ ODĚVŮ A TECHNICKÉ KONFEKCE

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie
Autor práce: **Bc. Denisa Salačová**
Vedoucí práce: Ing. Renáta Nemčoková





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



THE RELATIONSHIP BETWEEN DESIGN, PRODUCT DEVELOPMENT AND PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS IN 3D MODELING AND TECHNICAL APPAREL

Diploma thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile Technology
Author: **Bc. Denisa Salačová**
Supervisor: Ing. Renáta Nemčoková



Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí práce Ing. Renátě Nemčokové za podporu, pomoc a vedení při práci v programu DesignConcept 3D, dále pak celé katedře oděvnictví za vstřícnost a poskytnutí prostorů a prostředků pro tvorbu diplomové práce. Největší poděkování však věnuji celé své rodině za obrovskou podporu a pomoc po celou dobu studia.

Anotace

Diplomová práce se zabývá průzkumem vztahu mezi objektem a obalem ve 3D software vzhledem k vlastnostem materiálu, který daný objekt potahuje. V teoretické části jsou popsány možnosti tvorby 3D objektů, jejich modelování a potahování textilií s využitím struktury materiálu a jeho mechanických vlastností. Praktická část obsahuje tvorbu objektů v programu DesignConcept 3D od firmy Lectra, které jsou následně potaženy dvěma druhy textilie s předem naměřenými mechanickými vlastnostmi systémem KES. Tyto objekty jsou následně analyzovány s ohledem na tažnost, ohyb, smyk, tlak a jeho stříhovou konstrukci. Závěrem práce je otestovat výsledné stříhové díly a jejich vztah k objektu praktickým zpracováním.

Klíčová slova: DesignConcept 3D, 3D modelování, mechanické vlastnosti, KES system, potahování, stříh

Annotation

This thesis deals with the exploration of the relationship between the object and the coat in 3D software with respect to the property of the material that coats the object. The theoretical part describes the possibilities of 3D objects, objekting and coating by fabrics with using structure of the material and their mechanical properties. The practical part includes creating objects in the program DesignConcept 3D from Lectra, which are coated with two kinds of fabric with pre-measured mechanical properties by KES system. These objects are subsequently analyzed with regard to elongation, bending, shear, compression and pressure. In conclusion is to test the resulting cut patterns and their relationship with the object by practical processing.

The key words: DesignConcept 3D, 3D modeling, mechanical properties, KES system, coating, pattern

OBSAH

Úvod.....	12
1.Počítačová grafika.....	13
1.1. Rozvinování a modelování těles.....	13
1.1.1. Těleso.....	13
1.1.2. Konstruktivní objekty.....	13
1.1.3. Modely těles.....	13
1.1.3.1. Hranolový objekt.....	14
1.1.3.2. Plošný objekt.....	14
1.1.3.3. Objemový objekt.....	15
1.1.3.3.1. Konstrukční.....	15
1.1.3.3.2. Hraniční.....	15
1.1.3.3.3. Rozkladový.....	15
2.Metoda konečných prvků	16
2.1. Základní kroky metody konečných prvků.....	16
3. Modelování křivek.....	18
3.1. Explicitní vyjádření.....	18
3.2. Implicitní vyjádření.....	19
3.3. Parametrické vyjádření.....	19
3.4. Křivky volného tvaru.....	19
3.4.1. Polynominální.....	19
3.4.1.1. Fergusonova křivka.....	20
3.4.1.2. Beziérova křivka.....	20
3.4.1.3. Coonsova křivka.....	20
3.4.1.4. Spline křivka.....	21
4. Skenery.....	21
4.1. Bezkontaktní zařízení.....	21
4.1. Využití 3D skenerů.....	22
4.1.1. Inovace 3D skenerů.....	22
5. Virtual Prototyping.....	23
5.1. TUKATECH.....	24
6. 3D Digitalizace.....	24
6.1. Reverse Engineering a jeho využití.....	25
6.2. CAD Systém.....	25
6.2.1. Rozdělení CA technologie:.....	25
6.2.2. Možnosti CAD systému.....	26
6.3. 2D a 3D úprava a konstrukce	27
6.3.1. Simulace textilní draperie ve 3D.....	28
6.3.2. Simulace makroskopické a mikroskopické deformace tkaniny.....	29
6.3.3. Simulace a hodnocení mechanických vlastností textilií.....	32
6.3.3.1. Jacobiho determinant.....	33
6.4. Automatizované hodnocení tvaru objektu.....	34
6.4.1. Metody hodnocení	34
6.5. Využití 3D softwaru v praxi.....	36
6.5.1. Marvelous Designer.....	36
6.5.2. Human Solutions Assyst	38

6.5.2.1. Rozdělení společnosti Human Solutions Group.....	38
6.5.2.2 Vidya.....	39
6.5.2.2.1. Vidya a MTM.....	41
7. DesignConcept 3D.....	42
7.1. Využití softwaru DesignConcept 3D.....	43
7.2. Grafické prvky programu DC3D.....	43
7.2.1. Síť mesh.....	44
7.2.1.1. Triangulace.....	44
7.2.1.1.1. Rozdělení triangulace.....	45
7.2.1.1.2. Možnosti sítě Mesh.....	46
7.2.1.1.2.1. Vyhodnocovací škála.....	46
7.2.1.1.2.2. Mesh quality.....	47
7.2.1.1.2.3. Chordal distance	47
7.2.1.1.2.4. Average curvature.....	48
7.3. Analýza mechanických vlastností	48
7.3.1. Možnosti vložení mechanických vlastností textilie.....	48
7.3.1.1. Kawabata Evaluation System KES.....	48
7.3.1.1.1. Použití přístroje.....	49
7.3.1.2. Vložení naměřených vlastností do programu DC3D.....	50
7.3.1.2.1. Použitý materiál.....	50
8. Tvorba objektů ve 3D.....	54
8.1. Práce s DesignConcept 3D.....	56
8.1.1. Objekt 1 Válec.....	56
8.1.1.1 Rozvinutí povrchu (z 3D do 2D).....	57
8.1.2. Objekt2 Krychle.....	59
8.1.3. Objekt 3 Koule.....	59
8.1.4. Objekt 4 filled.....	60
8.1.5. Objekt 5 Opěrka.....	62
8.1.6. Výsledný objekt - dámské torzo.....	63
8.1.6.1. Střihové modelace pro dámské torzo.....	64
8.1.6.1.1. Střih 1	65
8.1.6.1.2. Střih 2.....	65
8.1.6.1.3. Střih 3.....	66
8.2. Analýza proveditelnosti.....	67
8.2.1. Hodnocení Střihu 1.....	67
8.2.1.1. Hodnocení Střihu 1- varianta 1.....	67
8.2.1.1.1 Hodnocení základních vlastností jednotlivých materiálů.....	68
8.2.1.1.2. Optimalizace střihových dílů.....	72
8.2.1.1.3. Výsledný střih.....	74
8.2.1.1.4. Analýza upravených střihů.....	75
8.2.1.1.5 Tvorba střihů a import do programu AutoCAD.....	79
8.2.1.2. Hodnocení střihu 1- varianta 2.....	81
8.2.1.3. Hodnocení střihu 1- varianta 3.....	82
8.2.2. Hodnocení Střihu 2.....	82
8.2.2.1. Hodnocení Střihu 2 - varianta 1.....	82
8.2.2.2. Hodnocení střihu 2 - varianta 2.....	83
8.2.2.3. Hodnocení střihu 2 - varianta 3.....	86

8.2.2.3.1 Použití funkce LIMIT.....	86
8.2.3. Hodnocení stříhu 3.....	89
8.2.3.1. Hodnocení stříhu 3 – varianta 1.....	90
8.2.3.2. Hodnocení stříhu 3 – varianta 2.....	91
8.2.3.2.1 Optimalizace Stříhu 3 – varianta 2.....	92
8.2.3.3. Hodnocení stříhu 3 - varianta 3.....	97
9. Praktické ověření.....	98
9.1. Hodnocení materiálu M1.....	99
9.2. Hodnocení materiálu M2.....	101
10. Diskuse	102
Závěr.....	105

Seznam použitých zkratk

2D	Dvourozměrný
3D	Třírozměrný
DC 3D	DesignConcept 3D
CSG	Constructive Solid Geometry
MTM	Made to measure
CMM	Control Measuring Machine
CAD	Computer Aided Design
CDI	Concept Design
KES FB	Kawabata Evaluation System for Fabric
DXF	Drawing exchange format, typ souboru
Obr.	Obrazek
č.	Číslo
mat.	material

Úvod

Téma diplomové práce Testování padnutí oděvu vzhledem k použitému materiálu pomocí 3D softwaru bylo vytvořeno jako navázání na předešlé práce, týkající se práce ve 3D programu. DesignConcept 3D je software francouzské firmy Lectra, zabývající 2D a 3D tvorbou a modelací. Předešlé diplomové práce byly zaměřeny na samotný průzkum práce v softwaru a následném postupném zkoumání jeho možností, díky čemuž je možné pracování od kresleného návrhu, až po realizaci 3D objektu a jeho střihových dílů. Diplomová práce se již nezaměřuje na postupy tvorby, ale zkoumá další možnosti a funkce 3D softwaru. Teoretická část se zabývá popisem možností počítačové grafiky z hlediska tvorby a rozvinování modelů a křivek a jejich využití. Dále je proveden průzkum z oblasti vývoje 3D programů a jejich inovace z ohledem na tvorbu 3D objektů a jejich vztahem k textilnímu materiálu a jeho potahování. Cílem práce bylo vyhodnotit vytvořené objekty z hlediska mechanických vlastností použité textilie. Vztah mezi objektem a jeho obalem má velký význam z hlediska jak estetického, tak i uživatelského a zpracovatelského, a právě proto bylo nutné vyhodnotit vliv střihové konstrukce daného objektu s ohledem na materiál. Objekty byly vytvořeny tak, aby splňovaly veškeré uživatelské požadavky a možnosti jako jsou ostré rohy a hrany, či různé druhy zaoblení. Tyto faktory působí na potahovanou textiliu každý jinými vlastnostmi a silami jako jsou tah, smyk, ohyb či tlak. Použitými textilními materiály jsou pleteniny s vyšším procentem elastanu, čímž bude umožněna efektivnější optimalizace. Pojmem optimalizace se v tomto případě rozumí naměření mechanických vlastností každého z materiálů systémem KES a jejich následné importování do softwaru DesignConcept 3D a aplikování přímo do samotného objektu a jeho střihové konstrukce. Vysoká elasticita materiálu umožňuje zmenšení střihových dílů bez nutnosti úpravy modelace a tím také zvýšení pružnosti a přesnému padnutí. Tímto způsobem budou hodnoceny různé druhy objektů a jejich střihové variace z hlediska co nejlepšího padnutí a nejefektivnější optimalizace. Dalším cílem práce je vyhodnocení vlivu střihové konstrukce daného objektu na mechanické vlastnosti daného hodnoceného materiálu. Vzhledem k nutnosti ověření celkového hodnocení budou objekty prakticky zhotoveny v měřítku 1:1 a potaženy textilním materiálem, čímž se docílí objektivního posouzení.

1. Počítačová grafika

1.1. Rozvinování a modelování těles

1.1.1. Těleso

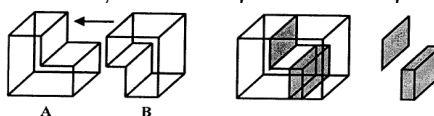
Pojem těleso lze popsat jako takzvaný hmotný předmět, který označuje danou část prostoru. Tato část prostoru je ohraničena a má svou vlastní obsahovou látku, která je rozdělena do skupin pevných, kapalných a plynných těles. Jedná se o množinu bodů vyplňující určitou trojrozměrnou prostorovou oblast, nebo také spojitý útvar tvořený jedním celkem. Tělesa jsou běžně označována jako S (solid), F (face), E (edge) a V (vertex) používány pro tvorbu a modelování, kdy je kladen důraz na tvorbu úplných a přesných reprezentací prostorových objektů. Těmto objektům je poté umožněno řešení libovolných geometrických problémů metodou algoritmů. [1]

1.1.2. Konstruktivní objekty

Jedná se o tělesa, která jsou kombinována s jednoduchými geometrickými tvary. Jako primitivní tělesa jsou označována hranoly, koule, válce aj. Nejznámější z objektů je objekt CSG (Constructive Solid Geometry). Konstruktivní geometrie těles je určena pomocí použití analytického popisu objemu daných těles, jinak řečeno podmnožinou trojrozměrného prostoru, který je ležící uvnitř tělesa. Objekt CSG je vytvořen formou stromu a je vytvořen hraničními objekty, díky kterým jsou reprezentována daná tělesa. Povrch tělesa je tedy možno označit jako množinu nepřekrývajících se stěn, kdy jednou z nejznámějších je tzv. okřídlená hrana. [1][2]

1.1.3. Modely těles

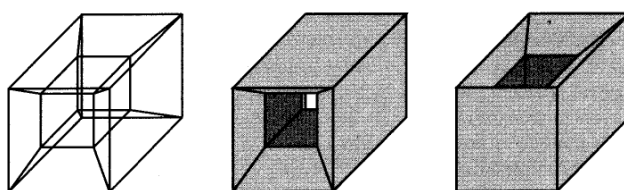
Požadavky kladené na systémy umožňující zobrazování a modelování těles ve 3D, jsou závislé na takzvané uzavřenosti objektů s ohledem na množinovou operaci. Tato množinová operace nesmí být změněna typologickou dimenzí modelovaného tělesa. Jako příklad je zde uveden obrázek se dvěma tělesy a jejich průnikem, z čehož výsledkem je těleso a jeho stěna, obsahující nižší typologickou dimenzí. (obr.č.1)



Obr.č. 1: Množinové operace [32]

1.1.3.1. Hranolový objekt

Jedná se o nejjednodušší a nejstarší metodu prezentace pro hodnocení prostorového objektu tělesa, obsahující jen informace o hranách vrcholech. Hranolový objekt, jinak řečeno drátový (obr.č.2) je úspornou strukturou nesoucí pouze minimum typologických informací o daném tělese. Z tohoto důvodu není možné jednoznačného interpretování. Objekt daného tělesa je tvořen ze seznamu hran a vrcholů, nikoli však stěn. Vzhledem k jednoduchému zobrazení daných hran objektu, není možno získat dostatečné množství informací o tom, jaký tvar či pozici dané těleso má. Je tedy možná reprezentace několika různých těles.



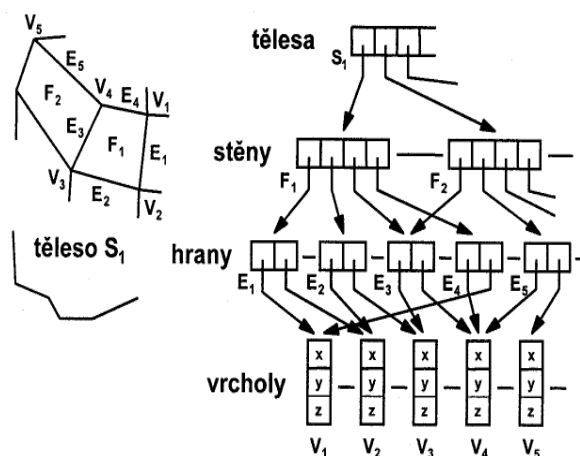
Obr.č. 2: Nejednoznačnost drátového objektu [32]

[1][2]

1.1.3.2. Plošný objekt

Na rozdíl od hranolového objektu, objekt plošný je obsažen jasně definujícími informacemi, kterými je daný objekt definován. Tento objekt je obsažen z pláště, tedy hran, vrcholů a stěn a tvoří jejich seznam takzvaných rovinných polygoniálních plošek.(Obr.č.3) Tyto plošky jsou často trojúhelníky, nebo čtyřúhelníky, kterými je těleso pokryto. Povrch daného tělesa je složen z množin, překrývajících se stěn, jenž jsou vymezeny zmíněnými hranami a vrcholy.

[1][2]



Obr.č. 3: Model FWVS Vertex Edge Face Solid (vrchol, hrana, stěna, těleso) [33]

1.1.3.3. Objemový objekt

Objemový objekt, známý také jako plošková strukturovaná reprezentace, je podobný objektu ploškovému. Objekt je obsažen jak podrobnějšími a geometrickými informacemi, tak i konkrétní typologií tělesa. Zaznamenané informace o hranách, plochách a vrcholech tělesa, díky kterým je možné odvození dalších poznatků jako např. : sousedících stěn, seznamů hran, které vymezují obvod stěny a otvory ve stěně, vrcholy stěny a stýkající se stěny. [1][3]

Pro popis objemových hranolů jsou používány tyto objekty:

1.1.3.3.1. Konstrukční

Konstrukční objekty, nazývány jako CSG reprezentace používané pomocí množiny objemových (jednoduchých) primitiv. Primitiva, tedy 3D tělesa jako jsou hranoly, válce, kužele aj., jsou množinou kombinovány orientace, pozice, nebo zvětšení za pomoci množinové operace jako sjednocení, průnik, rozdíl aj. [1][3]

1.1.3.3.2. Hraniční

Hraniční objekty (Boundary representation) určují, že těleso je prezentováno pomocí popisu hranice. Tato reprezentace (boundary representation) patří k nejpoužívanějším typům při geometrickém popisu objektů. Hraniční objekt je tvořen seznamem stěn, které daný objekt ohraničují. Stěny hraničních objektů mohou být rovinně či nerovinné, tedy obecné. Stěny rovinné jsou zobrazeny hraničními hranami, což může být například lomená čára, či rovinná křivka. Stěny nerovinného například plochy, vzniklé interpolačními, nebo aproximačními metodami. V dnešní době je používána boundary prezentace pro objekty, jejíž hranice jsou tvořeny plochami, které byly následně aproximovány pomocí vhodného počtu n-úhelníků. Výsledný objekt určeného objektu je poté označován za mnohostěn. [1][3]

1.1.3.3.3. Rozkladový

Rozkladovými, dekompozičními objekty jsou tělesa reprezentována množinou základního objemového elementu.

Pro popis objemového objektu se používají tyto způsoby:

- **B - reprezentace s orientovanými stěnami**- objemové objekty jsou ohraničovány

danými orientovanými stěnami, u kterých je možno jednoznačně určit, zda je strana stěny vnější či vnitřní a to vzhledem k určenému objektu.

- **CSG reprezentace-** (Computer Solid Geometry) Určování tělesa pomocí binárního stromu. V binárním stromu jsou obsaženy vnitřní uzly, představující operace množin, či transformace a listy, jakožto elementární tělesa. Tělesa jsou vytvářena za pomoci klasických těles jako je hranol, koule, kvádr apod. A to regulací boolovské operace a geometrické transformace, kdy jsou tělesa naskládána do prostoru a poté aplikovány pomocí sjednocení, průniku, rozdílů, čímž vzniká útvar nový. Výhodou této stromové struktury je uchování si historie ohledně těles, které je schopno následně dále zpracovávat.
- **Dekompoziční reprezentace** - Dekompoziční reprezentace objektu je metoda určující seznam elementů, kterým je určené těleso vyplněno. [1][3]

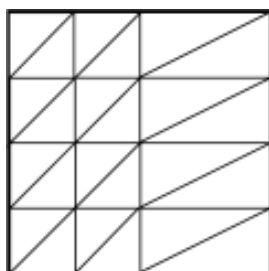
2. Metoda konečných prvků

Metoda konečných prvků je obecnou metodou pro řešení parciálních a diferenciálních rovnic. Principem je náhrada spojitého prostředí systémem diskrétních bodů spojitého prostoru až do počtu prvků, jejichž plošná energie je konečná. Způsob pro zjištění rozložení daného pole a dalších parametrů probíhá v takzvaných uzlových bodech, nebo za pomoci lineární, nebo kvadratické funkce aproximované nad veškerými body konečného prvku. [4]

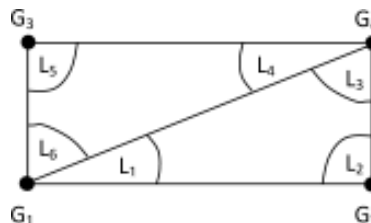
2.1. Základní kroky metody konečných prvků

Prvním krokem je analyzovaná struktura rozdělující se na konečné prvky vzájemně se nepřekrývající. Ve sjednocení konečných prvků jsou zahrnuty všechny body analyzované oblasti. V této oblasti je potřeba, aby byly parametry analyzované struktury, tedy permitivita, permeabilita a vodivost konstantní. Velikost či tvar konečných prvků není nijak omezena a jejich síť je možné vytvořit hustější v oblasti v níž jsou složité detaily, které je potřeba zobrazit a naopak řídká v místě nezajímavých detailů. Na obrázku č.4 je zobrazena metoda kombinace husté a řídké sítě konečných prvků, spolu s obrázkem 5, který znázorňuje způsob konstrukce jednotlivých elementárních prvků.

[4]



Obr.č. 4: Příklad nesymetrické sítě obdélníkových dvojprvků [35]



Obr.č. 5: Elementární obdélníkový dvojprvek (Gp) – globální uzly; (Lq) – lokální uzly [35]

Při rozdělení struktury na konečné prvky je tato analýza vyjádřena aproximací neznámé funkce nad celou plochou konečných prvků. Toto řešení je obvykle aproximováno kombinací vybraných funkcí a neznámého koeficientu. (1)

$$\varphi^{(n)}(x, y, z) \approx \sum_{n=1}^{M_n} c_m N_m^{(n)}(x, y, z)$$

(1)

V tomto případě je $\varphi^{(n)}$ aproximace procesu dané funkce nad plochou konečného prvku, C_m je neznámým aproximačním koeficientem a $N_m^{(n)}$ jsou zvoleny dílčí funkce na konečném prvku. Tímto M_n je značen počet aproximační funkce, který je použit pro sestavení hledané funkce nad plochou konečného prvku. V případě sloučení aproximací nad konečnými prvky, je dosaženo nad danou analyzovanou oblastí celkové aproximace.

$$\bar{\varphi}(x, y, z) \approx \sum_{n=1}^N \varphi^{(n)}(x, y, z)$$

(2)

Tato rovnice (2) pojednává o neznámých aproximačních koeficientech tedy C_m . Pokud jsou koeficienty nalezeny, je tím také dosaženo aproximace rozložení dané veličiny v celé oblasti.

Poslední funkcí (3), jinak také zvanou zbytkovou je funkce , kterou jsou srovnány rozdíly mezi řešením parciální a diferenciální rovnice a jejich aproximací tedy:

$$R(x, y, z) = \bar{\varphi}(x, y, z) - \varphi(x, y, z).$$

(3)

Pro přesnější aproximaci je nutno minimalizace funkce a to metodou reziduí, kdy je rezidium $R(x,y,z)$ vynásobeno potřebnou váhovou funkcí a to $W(x,y,z)$. Dalším krokem je pak integrace dosaženého součinu přes zkoumanou oblast V a dosažený výsledek se následně položí, jako roven nule. V tomto případě je dV rovno $dx dy dz$.

$$\iiint_V R(x, y, z)W(x, y, z) dV = 0$$

Pokud jsou do vztahu (1) dosazeny všechny aproximační koeficienty, vznikne tak výsledek v podobě aproximace vyhledávané funkce a to v každém bodě n-tého konečného prvku. Po spojení těchto prvků ve vztahu (2) je dosaženo takzvané globální aproximace pro všechny body v dané oblasti. [4][5][6]

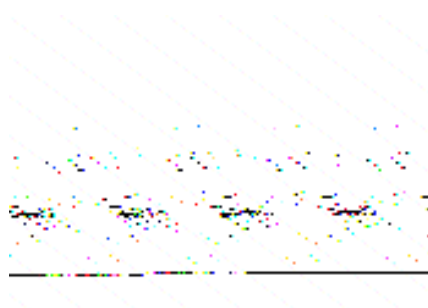
3. Modelování křivek

Ačkoli je v dnešní době nahlíženo na pojem křivka mnoha způsoby, je chápána především jako trajektorie daných bodů, algebraická množina, graf či samotné zakreslení dané „linie“. Co se týče počítačové grafiky, je reprezentována jako soustava parametrů dané rovnice, kterou je možno generativně zobrazit. Zobrazení je možno třemi způsoby a to explicitně, implicitně a parametricky.

3.1. Explicitní vyjádření

Explicitní vyjádření křivky je dáno předpisem kde $y = f(x)$, kde y popisuje nezávisle proměnnou a x nezávisle proměnnou z daného intervalu. Tato křivka je také označována jako křivka orientovaná, jelikož je snadno upravena pro počítání a dané množství funkcí f je možno spojovat dohromady úsečkami, což vytvoří dojem hladké křivky. Jednou z nevýhod tohoto vyjádření může být omezení, či neschopnost zobrazení některých druhů křivek (kružnice, elipsa). V těchto případech je nutné zadání dvou odlišných předpisů.

Jako příklad pro explicitně zadanou křivku může být parabola kdy je předpis zadán jako $y = ax^2 + bx + c$. Na obrázku č. 6. a kubická parabola s předpisem $y = a_3x^3 + a_2x^2 + a_1$ [6]



Obr.č. 6: Explicitní vyjádření křivky [35]

3.2. Implicitní vyjádření

Implicitní vyjádření pro křivku je předepsáno pravidlem $F(x,y)$ tedy množinu nulových bodů této funkce, kdy $M = \{[x, y]; F(x, y) = 0\}$. Tato rovnice ovšem také není nejvhodnější pro zobrazování křivek, je ovšem možné použití pro aplikace jako nalezení průsečíku dvou křivek, nebo jejich oblastí. Jako příklad je zde použita rovnice množiny nulových bodů u polynomu kde $F(x, y) = x^3 + y^3 - 3axy$, $a > 0$ (Descartův list). [7]

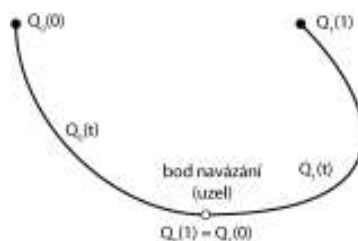
3.3. Parametrické vyjádření

Jedná se o nejpoužívanější a to z důvodu jeho jednoduchosti z hlediska určení orientace bodu na křivce a vyjádření jakékoliv křivky. Je nejlepší možností jak zpracovat s vyhovět daným požadavkům jako jsou volby souřadnic, nebo omezení výpočtu pouze na části křivek. Parametrické vyjádření určující pro každou ze souřadnic bodu rovnici, tedy v závěru vyjadřující ve 3D souřadnici se třemi body. Platí zde rovnice : $Q(t) = [x(t), y(t), z(t)]$, kde t je čas. Vzhledem k danému času jsou následně zjišťovány souřadnice po křivce pohybujícího se bodu. [7]

3.4. Křivky volného tvaru

3.4.1. Polynomální

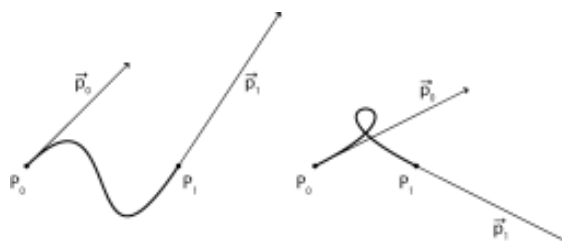
Vzhledem ke složitosti většiny křivek je za potřeba použití vysokých stupňů polynomů, kde je více kratších segmentů nižšího stupně a je zde sledována spojitost v místech navázání. Obrázek č. 7. znázorňuje křivku složenou ze dvou segmentů. Nejčastěji používanými jsou polynomy třetího stupně, kterými jsou zachyceny široké výběry tvarů a jsou tvořeny spojitě křivky. Křivkové modelování funguje na principu zadání řídicích bodů, určujících tvar a na tomto základě jsou určeny matematické aparáty s výslednou podobou křivky. [7]



Obr.č. 7: Křivka složená ze dvou segmentů [35]

3.4.1.1. Fergusonova křivka

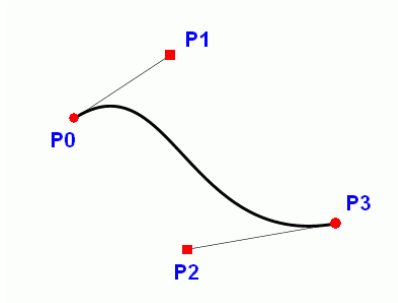
Jedná se o křivku třetího stupně, která je schopna interpolovat dva dané body P_0, P_1 a dva tečné vektory v těchto bodech. (Obr.č.8) Je jednou z neznámějších interpolačních křivek, používané v počítačové grafice. [7]



Obr.č. 8: Tvary fergusonovy křivky [35]

3.4.1.2. Beziérova křivka

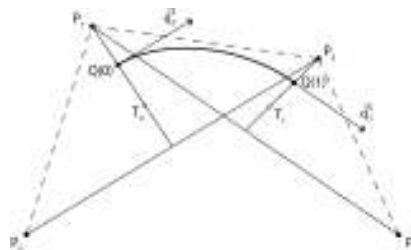
Beziérova křivka (Obr.č.9) je křivka, která je často používána v počítačové grafice a to vzhledem k její konstrukci, která je postavena na intuitivním geometrickém algoritmu de Casteljau. Díky tomuto algoritmu je možno tvořit geometrickou konstrukci a křivkovou úpravu vzhledem jejím tvaru. Úpravy jsou prováděny díky změnám bodů polygonu, kterým je Beziérova křivka určena. [6]



Obr.č. 9: Beziérova křivka [35]

3.4.1.3. Coonsova křivka

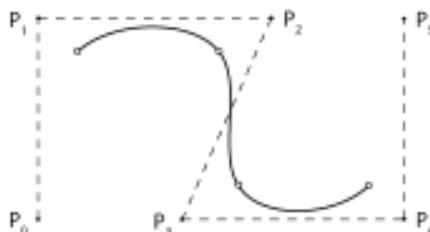
Je dalším z typů parametrických křivek, vlastní odlišné vlastnosti vzhledem k daným křivkám. Tyto křivky jsou používány pro konstrukci polynominálních spline křivek. [6]



Obr.č. 10: Coonsova křivka [33]

3.4.1.4. Spline křivka

Dříve zmíněné křivky složené ze segmentů jsou podle anglického překladu nazývány Spline. (Obr.č.11) Jedná se o matematické chování křivek. Z těchto křivek jsou nejvíce používány kubické spline křivky tedy již zmíněné Fergusonovy, Bezierovy i Coonsovi kubiky, které se dají v konstrukci použít. [7][8]



Obr.č. 11: B-spline křivka [33]

4. Skenery

První použití 3D skenerů bylo použito pro snímání lidské postavy, a to v 80 letech minulého století. První naskenovaná lidská hlava byla pořízena Los Angeleskou společností s názvem Cyberware Laboratories. Tento typ skeneru byl využíván převážně ve filmovém průmyslu, během čehož se postupně vylepšoval. Později byl skener inovován a upraven tak, aby byl schopen nasnímat celé lidské tělo, čímž se začaly používat v mnohem širším kruhu práce.

Princip použití skeneru je vyřešen na způsobu snímání daného bodu pomocí laserové technologie, což neumožňovalo vzhledem k pomalému procesu tvorby pokrýt celý povrch daného předmětu ani zachytit jeho barvu. Přelom ve výrobě a inovaci nastal roku 1996, kdy byl vytvořen skener objekt Maker společností 3D Scanners. Tento nový objekt skeneru byl zkonstruován a naprogramován tak, že je schopen propojení vyzařování pásu spolu s ručním ovládáním. Tento skener tedy jako první začal splňovat veškeré požadavky pro snímání reálných objektů a to s větší rychlostí a přesností. [10]

4.1. Bezkontaktní zařízení

Během technologického vývoje je stále více vyžadováno rychlé získání digitální podoby a to nejrozličnějších objektů od strojových součástí, až po lidské postavy či budovy. Bezkontaktní zařízení jsou využívány například pro vývoj 3D her, kde je možno rychlého zasazení člověka do reálné krajiny či místnosti. Další z mnoha možností je využití z hlediska průmyslového designu, kdy je možno převedení reálných objektů do počítače a následný proces změn či výroby prototypů. [10]

4.1. Využití 3D skenerů

Skenery jsou rozdělovány do dvou hlavních kategorií a to z hlediska technologie snímání a jejího principu. První kategorie je založena na principu kontaktního snímání, kdy je zapotřebí použití 3D digitalizérů, stacionárních měřicích systémů CMM (Control Measuring Machine) a zároveň zařízení pro snímání objektů a digitalizaci. Druhá kategorie je nazvána bezkontaktní a to díky využití bezkontaktního snímání předmětů. Tyto skenery jsou zrekonstruovány tak, že jsou schopny naskenovat tvar laserovým nebo optickým principem. Za pomoci těchto bezkontaktních principů snímání je následně vytvořena bodová síť. [10]

4.1.1. Inovace 3D skenerů

3D technologie je v neustálém růstu a inovaci. 3D skenery používány nejen pro průmyslové, laboratorní aplikace či oděvní průmysl. V současné době spotřebitelé zjišťují, jak by mohla být tvorba 3D skenování důležitou součástí jejich každodenního života, což je ten pravý moment pro společnosti zabývající se inovací produktů určených pro rekreační využití. Řadou inovátorů za pomoci Kickstarter (největší světová internetová platforma financující kreativní projekty) bylo zavedeno mnoho výrobků a služeb určených pro 3D skenování. [9]

- **Bevel** – kompaktní laserový generátor vytvořený pro zapojení do smartphonu, nebo tabletu, určený pro 3D skenování pomocí triangulace aplikačního softwaru.

- **Eora** – je 3D snímací zařízení, které se zapojuje do smartphonu, využívané jako laserový skanner pro modelaci obličeje a sdílení 3D modelu a 3D tisku. (Obr.č.12)



Obr.č. 12: Eora 3D skener [9]

- **Structure sensors** - tyto senzory poskytující kompaktní plug-in senzory pro inteligentní zařízení, nabízející 3D skenování a 3D mapování.

- **Fuel3D** – jedná se o návrh ergonomicky-inteligentních kapesních 3D skenerů pro editaci a sdílení naskenovaných 3D osob a předmětů z každodenního života.
- **Orbbec** – tato společnost právě vydala přístroj Persee, který kombinuje 3D hloubkový fotoaparát s integrovaným ARM počítačem, umožňujícím spuštění lokální aplikace bez použití externího zdroje zpracování.

- **Kscan3D** – je společností LMI Technologies vytvořená bezplatná softwarová aplikace, určená pro skenování 3D objektů a vytváření komplexních 3D modelů.(Obr.č.13) [9]



Obr.č. 13: Kscan3D [9]

5. Virtual Prototyping

Virtual prototyping je v oblasti strojírenství vysvětlen jako způsob vytváření digitálních objektů, jejich analýza a kontrola, simulace, návrhy výrobků a jejich součástí. Virtual prototyping tedy umožňuje vytvoření konkrétní a přesné představy, funkčnosti a vlastností pro daný budoucí výrobek. Jedná se tedy o počítačovou simulaci soustředěna na technické a problémy a subsystémy.

Jednou z možností využití Virtual Prototypingu je realizace objektu, kdy je uživateli umožněno navrhnout kompletní oděv přímo na figuríně. Kvalita systému nabízí přesnou simulaci mechanických vlastností textilie ve vysokém rozlišení, díky kterému je možné také jejich hodnocení při simulaci pohybu postavy. Při tvorbě designu je možné vložené vzorování vzhledem k deformaci upravit tak, aby působily realisticky.(Obr.č.14)



[11][12] Obr.č. 14: Realizace objektu ve Virtual Prototyping [11]

5.1. TUKATECH

TUKATECH je předním poskytovatelem technologických prostředků pro oděvní průmysl. Společnost založena roku 1995 Ramem Sareenem zabývající se softwarem a hardwarem určeným pro návrháře, oděvní výrobce a distributorům pro zefektivnění provozu a rozšíření zisku.

TUKATECH 3D je hlavním produktem a jedním z nejpokročilejších, snadno ovladatelných softwarů určených pro 3D oděvní design. Tento software umožňuje tvorbu virtuálních oděvů, simulaci s ohledem na typ a rozměry a tvorbu prezentace pro zákazníky, nebo maloobchodníky. Software převádí 2D obrazce na 3D objekty, oděvy, a vzorky s přesnou simulací hmotnosti, barvy a struktury jakékoliv tkaniny. (Obr.č.15) Další z možností TUKA3D je virtuální simulace padnutí s animací (Obr.č.16), umožňující uživateli přeskočit fyzickou tvorbu modelů, čímž je výrazně snížen čas ta výrobu a tím také náklady spojené s vývojem výrobku. [13]



Obr.č. 15: TUKA3D Simulace oděvních materiálů a vzorů [13]



Obr.č. 16: TUKA3D Simulace a tvorba 3D oděvů [13]

6. 3D Digitalizace

Pro vytvoření geometrické počítačové podoby daného předmětu či objektu je možno použití metody Reverse Engineering, tedy Reverzního inženýrství, kde jsou používány skenery buďto destruktivní a nedestruktivní, stacionární a mobilní, dotykové a bezdotykové a skenery pro snímání vnější a vnitřní geometrie.

Reverse Engineering, jakožto metoda pro tvorbu 3D digitalizací je pracující na principu snímání daného objektu a převod do digitální podoby. Tato fáze převádění objektu z reálné podoby do digitální se tedy nazývá 3D digitalizace, kdy je zapotřebí 3D skener, měřicí zařízení pro 3D a digitalizér. [14]

6.1. Reverse Engineering a jeho využití

Reverse Engineering je často využíván v automobilovém průmyslu pro kontrolu automobilové karoserie a jejího designu. V tomto procesu je nejdříve návrh a tvarování vytvořeno designérem, který se následně vymodeluje za pomoci hliníkové hmoty, a to převážně v měřítku 1:1. Dané hliníkové objekty jsou následně převedeny za použití 3D skeneru do CAD prostředí a poté do konečné fáze zobrazení 3D objektu. Nevýhodou Reverse engineering je to, že kontrola mezi reálným produktem a naskenovaným 3D objektem je časově náročná, proto je tato metoda využívána převážně ve velkovýrobě, kdy časový průběh kontroly záleží na rychlosti hardwaru a jeho schopnosti porovnání vstupních a teoretických dat. [14]

6.2. CAD Systém

CAD (Computer Aided Design) Je programový nástroj, určený pro tvorbu jednotlivých etap ve výrobním procesu. Možnostmi tohoto nástroje jsou vývoj, konstrukce a technologie z hlediska přípravy výroby. CAD je však jedním z mnoha možností systému CA, což je zkratka názvu Computer Aided jinak také nazýváno jako počítačová podpora. Touto technologií je umožněno široké využití prostředků výpočetní techniky, která zajišťuje plnou podporu uživatele při tvorbě výrobního procesu. [15]

6.2.1. Rozdělení CA technologie:

- **CIM** – Computer Integrated Manufacturing
- **CAM** – Computer Aided manufacturing
- **CAE** – Computer Aided Engineering
- **CAD** – Computer Aided Design
- **CAPE** – Computer Aided Production Engineering
- **CAP** – Computer Aided Programming
- **CAPP** – Computer Aided Process Planning
- **CAQ** – Computer Aided Quality [14]

6.2.2. Možnosti CAD systému

CAD (Computer-Aided Design) je jedním z nejvíce užívaných systémů pro moderní průmysl. Použití CAD systému je používáno v textilním a oděvním průmyslu, vzhledem k jeho rychlému a přesnému procesu vývoje výrobku, čímž je mnohonásobně zkracována doba celkového procesu výroby. Jedná se o počítačovou podporu konstruování, zahrnující veškeré potřebné programové nástroje určené ke konstrukčnímu procesu, jinak řečeno sloužící k navrhování a optimalizaci konstrukčního řešení.

Tvorba stříhu pomocí tohoto systému je závislá na jednom, nebo více z pěti klíčových procesů, do kterých patří: 2D vzory v předběžném umístění a konstrukci, virtuální šicí proces (try-on) simulace a úprava designu ve 2D nebo 3D. Metoda tvorby simulace je založena na myšlence geometrického před-polohování, kde je hlavním úkolem umístit daný vzor v dané poloze na lidskou postavu. Proces této metody tvorby simulace však může být zpomalen vzhledem k nepravidelnosti vzorů a stříhů, kdy je zkomplikováno polohování. Polohování daných vzorů je uskutečňováno na principu umístění stříhu kolem lidské postavy jako 2D síť a následného takzvaného „sešití“. Problémy polohování je však tuhost lidské postavy, na kterou je 2D síť polohována, což znamená, že tento princip je vhodný pouze pro jednoduché stříhy a menší počet kusů a tím také švů. Vzhledem k neustálé inovaci 3D programů a simulací je umožněna lepší a jednodušší manipulace s materiálem s ohledem na jeho pružnost.

Z průzkumu nových možností 2D a 3D systémů vzhledem k jejich využití v textilním odvětví byla zjištěna další možnost práce v simulaci a to takzvaná interaktivní „real-time“ simulace. S touto simulací by bylo umožněna tvorba vizualizace konkrétních objektů a to bez nyní nutné předpřípravy prototypů, kterou je výroba značně zpomalená. [16][17]



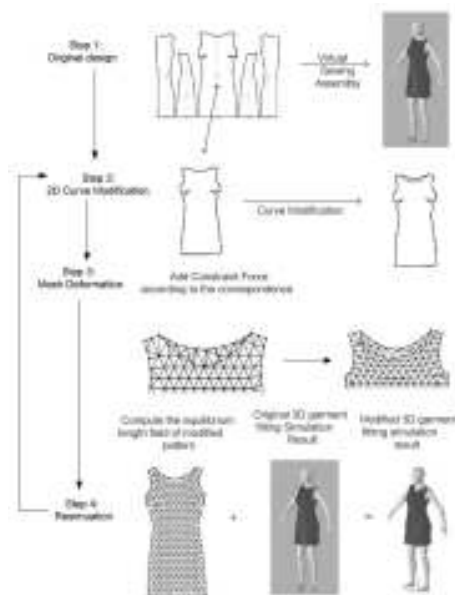
Obr.č. 17: .Porovnání výsledků simulace s reálným oděvem pro halenku. [16]

6.3. 2D a 3D úprava a konstrukce

Aktuálně nejrozšířenějším způsobem výroby oděvů je 2D podpora CAD konstrukce jakožto technologie umožňující zlepšení účinnosti a řízení procesu a kvality výroby vzorů. 3D program pro tvorbu oděvního designu je dnes v intenzivním zkoumání, jakým způsobem obejít hlavní problémy při tvorbě stříhu jako jsou uzavřené směrové šipky, které jsou obecně výpočetně náročné a zpomaluje se tak výpočetní efektivita.

Ve článku od Ze Gang Luo* a M.M.F. Yuena o Reaktivní 2D/3D úpravě konstrukce a vzorů oděvu je poukázáno na návrh metody použití elasticky deformovatelných povrchů objektu, které by byly schopny umožnit simulaci a animaci chování textilního materiálu. Přiblížení tomuto problému je metoda vytvořena Thalamannem, který používá pružné a deformovatelné objekty, pro vytvoření interaktivního oděvního výrobku, díky kterým je ho možno v podstatě ušít na počítači. Jako další možnost práce ve 3D programu je jakási předvídatelnost chování oděvu dle dané struktury a materiálu, čímž jsou na objektu viditelné vlastnosti každého materiálu.

Výroba stříhů ve 3D programu je tvořena použitím 3D skic, které je možné následně pokládat na lidské tělo. Díky této možnosti je dále možno stříhy upravovat, zmenšovat či kombinovat. I přes nyní dostupnou širokou škálu technik pro tvorbu prototypů a stříhů, stále není jejich účinnost zcela přesná z hlediska designu. Proto proces výroby konstrukcí za podpory 3D CAD nástrojů zůstává na principu pokusů a omylů. Pro lepší manipulaci se stříhem je proto potřeba nalezení nové, lepší metody pro přeměnu 2D vzoru do 3D objektu a jeho montáži. [18]



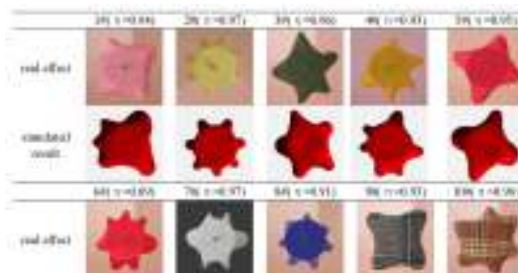
Obr.č. 18: Metody přeměny 2D vzoru na 3D objektu a jeho nedostatky [18]

6.3.1. Simulace textilní draperie ve 3D

Jednou z nejdůležitějších faktorů pro estetický vzhled textilie je její splývavost. Roku 1980 byla zahájen výzkum hodnocení simulace draperie textilií, která byla tvořena geometrickou, nebo fyzickou metodou. V současné době je tvorba simulace textilií ve 3D používána v mnoha odvětvích od oděvního průmyslu až po film při tvorbě vizuálního efektu.

Yan Jianga, Minghai Cuib a Jing Huc ve svém projektu hodnotili 15 vzorků vzhledem k jejich splývavosti, které byly následně simulovány v podobě oděvu. Projektantům byla inspirací realizace simulace 3D textilií použita během posledních 20 let. Jednou z možností bylo použití fotografií textilií zavěšených ze stolu, kde byla následná draperie nasimulována do grafické podoby. Dále byla společnost Browzweare FKT (Fabric Testing Kit), což je testovací systém V-Stitcher hodnotící mechanické vlastnosti textilií. Výsledné parametry jsou následně nasimulovány jako virtuální oděv. Zhong Yueqi ve svém projektu hodnotí hedvábí, vlnu a polyester pro dosažení polynomické aproximace v ohybu a smyku. Zkoumaný projekt byl zaměřen na použití neuronové sítě pro textilní simulaci splývavosti a srážlivosti ve 3D, kdy bylo zjištěno, že nelineární mapování mechanické odolnosti textilií jsou kontrolními parametry simulačního objektu.

Konstrukční objekt byl rozdělen do základní, fyzické, predikční a aplikační vrstvy, do kterých jsou zahrnuty data, mechanické parametry, zkušební moduly, charakteristiky splývavosti a moduly deformačních simulací textilie. Při testování mechanických vlastností plošných textilií byl použit systém KES (Kawabata Evaluation System) , z čehož vyšlo 16 výsledných mechanických hodnot. Prostřednictvím korelační analýzy hodnocených skupin tedy působení tahu, jeho poměru a dalších mechanických parametrů pro charakteristiku potahování textilie. Podle práce Lippmanna a Kolmogorova bylo do 3D neuronové sítě vloženo 7 vstupů tedy tah, pevnost, tuhost v ohybu, ohybová hystereze, tloušťka, průměrný koeficient tření a váha na $1m^2$. Realizace neuronové sítě byla řízena metodou klesajícího gradientu a výsledky analýzy byly vyhodnoceny systémem Windows a OpenGL. (Obr.č.19.)



Obr.č. 19: Výsledky simulace [19]

Z výsledků je zřejmé, že srovnání reálných vzorků se simulací 3D je velice uspokojivá. Na základě těchto výsledků hodnocení různých druhů materiálů, byla naměřená data vložena do

simulace dámské sukně. Je zřejmé, že dosažení vysoké rozměrnosti sítě zajišťují naměřené parametry systému KES, proto neuronová síť může být použita pro stanovení nelineárního mapování mechanických vlastností tkanin ve 3D simulačním systému. [19]



Obr.č. 20: Použití naměřených hodnot při tvorbě sukně [19]

6.3.2. Simulace makroskopické a mikroskopické deformace tkaniny

Možnosti moderní technologie v počítačovém a oděvním odvětví jsou v dnešní době velmi široké. Počítačová simulace oděvů jak ve 2D, tak ve 3D umožňuje detailní pohledy materiálů, avšak kvalita detailních záběrů stále není zcela dokonalá. Detailní interaktivní simulace deformace tkaniny, která je také kvalitní je ovšem velice drahá, čímž je také velice omezena pro její využití. Bez ohledu na cenu je nutno brát ohled na nehomogenitu tkanin, která také ovlivňuje její anizotropní deformace.

V průběhu let byly zkoumány různé způsoby předpovídání deformace tkaniny v malém měřítku, kdy byla v roce 2014 vyvinuta metoda využívající nehomogenní a anizotropní látky. V této metodě byla přepočítána makroskopická tuhost zahrnující anizotropii z mikroskopické struktury za pomoci deformace a napětí pro každou jednotku zvlášť. Zhrubnutí heterogenity tkaniny při zachování anizotropie je jedním z nejobtížnějších problémů při simulaci textilních materiálů. Tkanina je ve 3D prostoru v pohybu, avšak její materiálové vlastnosti jsou stanoveny ve 2D.

Technikou této metody je umožněno simulování detailního znázornění textilie v reálném čase pomocí hrubých sítí. Mikroskopická deformace, nazývána také jako charakteristická deformace související s deformací hrubé struktury sítě na jemnější využívá rovnici pro zachování energie, kterou je možné vyřešit každou strukturu materiálu. Z charakteristické deformace je vypočítávána efektivní elasticita tensorů, čímž se přibližuje k tuhosti materiálu při simulaci. Nejdůležitější částí

metody je výpočet roviny tahu metriky v rámci velké deformace v makroskopické a mikroskopické textilní deformace také ve 3D prostoru.

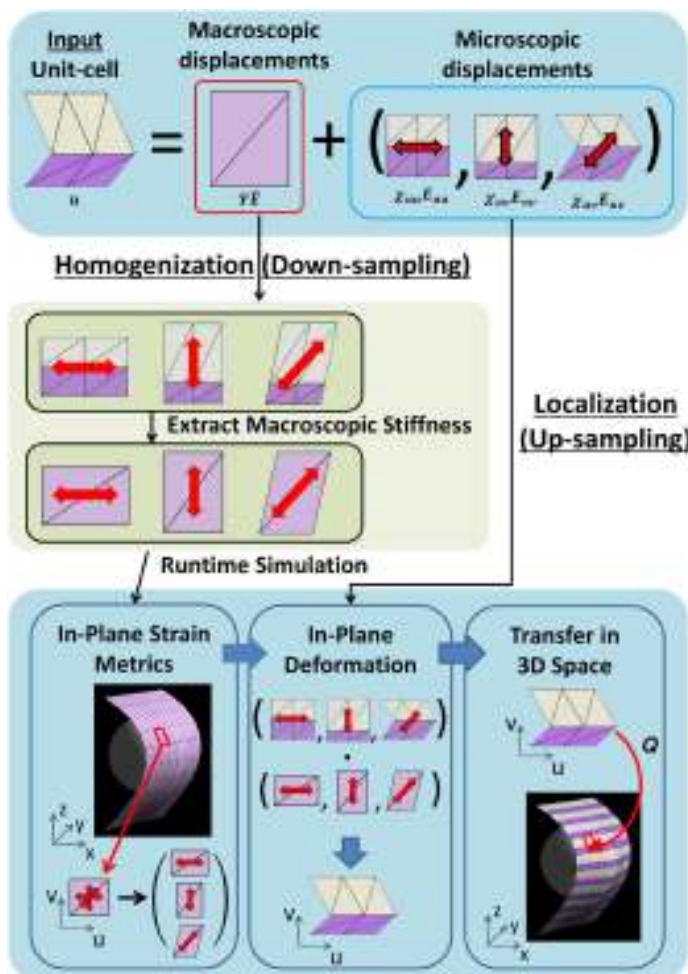
Shrnutí možností metody:

- 1) navržená technika down-sampling (dolní vzorkování) umožňující heterogenní tkanině zachovat si hrubost a strukturu s ohledem na makroskopický charakter bez ztráty její vnitřní energie při detailní simulaci.
- 2) Technika up-sampling (horní vzorkování) spojuje fyzický mikroskopický detail spolu s jeho hrubou sítí s ohledem na vnitřní napětí při chodu.
- 3) Anizotropní tkanina je více robustně a efektivně simulována s lineární elasticitou a deformace tuhosti tak, že jeho rotační matice odpovídá aktuální konfiguraci.

Praktické ověření

Možnosti detailní simulace založené na fyzice byly úspěšně aplikovány při realistické animaci oděvů. I přes efektivitu metody simulace nejsou nezbytně fyzicky přesné, protože mikroskopické deformace způsobené anizotropie či heterogenity nejsou zakomponované v materiálu a struktuře textilií a jejich vlastností hrubých sítí v deformaci. Jinak řečeno, pro urychlení simulace anizotropních nebo nehomogenních materiálů jsou mikroskopické a makroskopické faktory odráženy v parametrech hrubé sítě použité při simulaci.

Obrázek č. 21. znázorňuje homogenizaci pro detailní zobrazení tkaniny, urychlující simulaci makroskopické deformace hrubých sítí a kombinaci přepočítání mikroskopické deformace na síť jemné. Byla zde



Obr.č. 21: Lokalizace materiálů. [20]

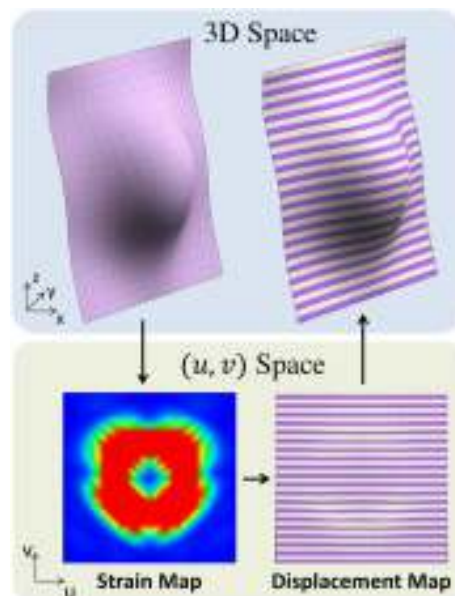
stanovena různorodost materiálů jako jednotkových buněk, které jsou rozkládány na makro a mikroskopické vytlačení.

Lokalizace v rovinné deformaci lze získat deformaci hrubé sítě. Tato lokalizace je rozdělena do tří kroků (obrázek č.21) Nejprve je potřeba vypočtení napětí textilie v rovině z každé aktuální jednotkové buňky ve 3D prostoru pro každý časový krok. Poté je s použitím tahu v rovině a charakteristického posuvu určena deformace v rovině. Konečná deformace je následně převedena do 3D prostoru.

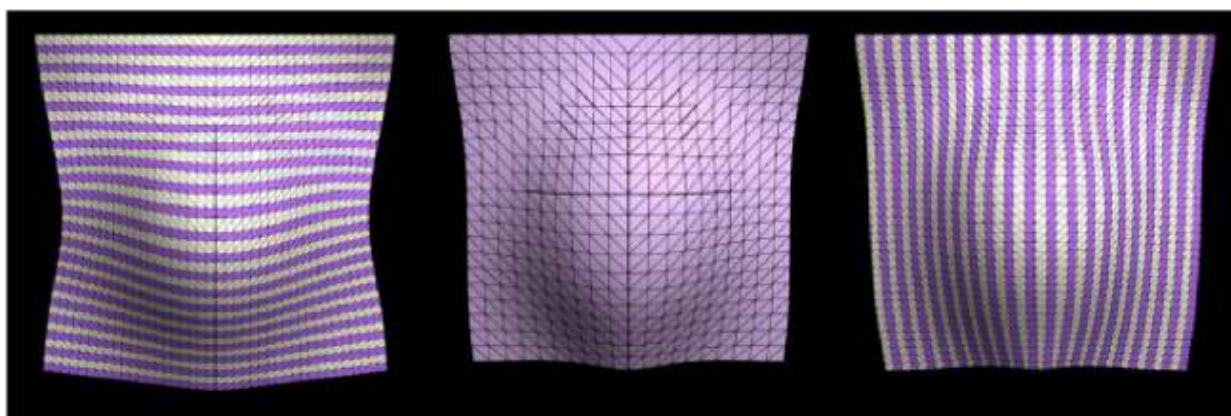
Na obrázku č. 22. je znázorněna mapa tažnosti (strain map) v u,v prostoru, vypočtena z aktuální deformace ve 3D prostoru s následným posuvem v,u prostoru .

Obrázek 23. nehomogenní tkanina má jinou dynamiku v jiném směru (vlevo, vpravo). Avšak pro jednoduché prostorově průměrné tkaniny nelze reprodukovat anizotropii, protože je tím deformována její izotropie (uprostřed).

Byla použita konstrukce k deformaci nehomogenního pláště pro měkké a tvrdé materiály. Dle výsledků na obrázku č. 23. se anizotropní homogenizované hrubé sítě chovají podobně jako simulace s použitím různorodých materiálů s vysokým rozlišením. Byla tedy zavedena efektivní simulační technika pro nehomogenní elastické textilie, představující robustní a rychlou simulaci s využitím deformační tuhosti.



Obr.č. 22: Zobrazení dynamiky tkaniny [20]



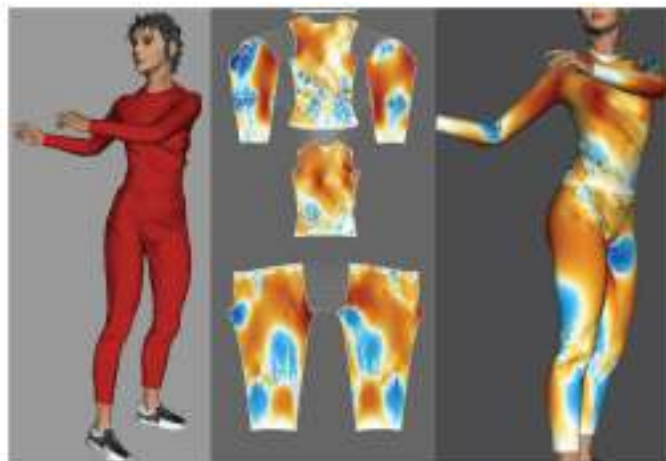
Obr.č. 23: Výsledky hodnocení deformace hrubé sítě [20]

6.3.3. Simulace a hodnocení mechanických vlastností textilií

Simulace draperie textilií vzhledem k jejich mechanickým vlastnostem je velice přínosná v oblasti textilního průmyslu, avšak vzhledem k širokým možnostem dnešních grafických programů je možné využití vstupních dat pro více účelů. Proto se diplomová práce zabývá právě možnostmi využití mechanických vlastností pro simulaci potahování 3D objektů textilií a následné hodnocení jejich chování z hlediska stříhové konstrukce. Způsob členění daného stříhu je velice důležitý a to z hlediska pevnosti a tahu textilie. Vnitřní síly textilního materiálu nejsou úměrné její deformaci, což znamená, že jejich nelinearita a anizotropie způsobuje problémy z hlediska mechanického simulačního systému, ve kterém jsou zobrazovány.

Jako nejpoužívanější aplikace pro tyto simulace jsou CAD, díky kterým je umožněna efektivita simulačních objektů z hlediska interaktivní a virtuální aplikace. Použití částicových systémů v

oboru interaktivní mechanické simulace jsou v kombinaci s numerickými schématy integrace velice žádané vzhledem k jednoduchosti modelování. Částicové systémy se začaly využívat na bázi mřížek, které představovali nelineární chování křivek prostřednictvím formulací analogických objektů. Tyto metody byly však nedostatečně účinné při použití větších deformací, proto byly vymyšleny rychlejší a

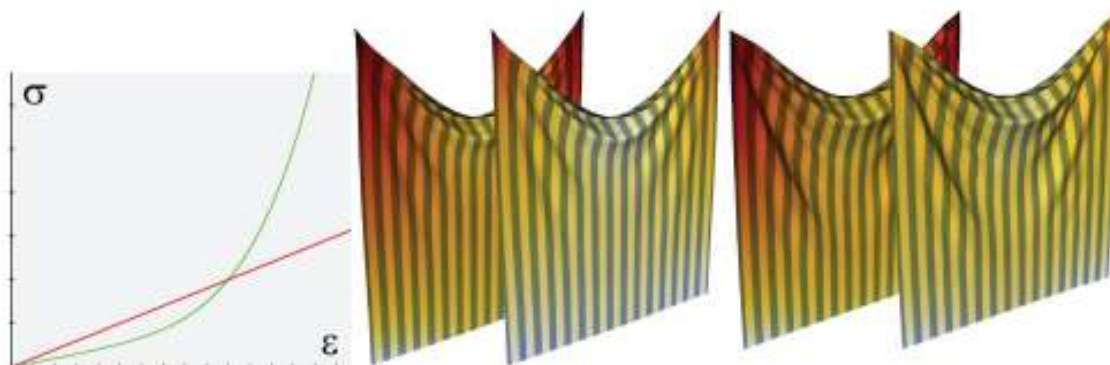


Obr. č. 24: Simulace nelineárních anizotropních látkových materiálů [21]

efektivnější objekty, založené na objemově-pružných sítích. Další z možností je metoda konečných prvků, která je používána převážně pro inženýrské účely. [21]

Podle článku Simple, yet Accurate Nonlinear Tensile Stiffness od Pascal Volino Nadia Magnenat-Thalmann a Francois Faure existuje způsob jak jednoduše formulovat ohyb a tah materiálů a to za použití Green-Lagrange tensoru bez linearizace. Tento způsob není tak přesný z hlediska nelinearizace ohybu a tahu, které nejsou naprosto úměrné deformaci materiálu a jeho napětí, avšak jejich matematická definice je zatím nejlepším způsobem vyjádření napětí ohybu a tahu a zároveň i nejjednodušší. (Obr. č. 24.)

Hodnocení tažnosti a ohybu textilního materiálu probíhalo zavěšením za dva konečné rohy. Na obrázku č.25. je znázorněn objekt izotropního materiálu s lineárním (levá strana - červená křivka) a nelineárním (pravá strana, zelená křivka) prodloužením, kde je zřejmá vysoká koncentrace napětí okolo místa upevnění, kde je také kladen velký důraz na hmotnost textilie. Lineární napětí vykazuje poněkud nereálně vysoké napětí a deformaci, mezitím co nelineární deformace působí mnohem rovnoměrněji. [21]



Obr.č. 25: Lineární a nelineární hodnocení tahu a ohybu textilie.[21]

6.3.3.1. Jacobiho determinant

Jacobiho síla je nezbytnou součástí pro tvorbu implicitní numerické metody integrace a dalších programů, založených na Newtonově iteraci. Jeho vyhodnocení je důležité pro dobrou konvergenci a stabilitu state-of-heart simulačních systémů a je dán vzorcem:

$$\frac{\partial F_j}{\partial P_j} = -\frac{|d|}{2} \left(\sum_{\substack{m \in \{ii, vv, vv\} \\ n \in \{uu, vv, vv\}}} \frac{\partial \sigma_m}{\partial \epsilon_n} \left(\frac{\partial \epsilon_m}{\partial P_j} \right)^T \frac{\partial \epsilon_n}{\partial P_j} \right) + \sum_{m \in \{uu, vv, vv\}} \sigma_m \left(\frac{\partial}{\partial P_j} \frac{\partial \epsilon_m}{\partial P_j} \right)^T \quad (4) \quad [22]$$

➤ **Expres pružnosti Jacobianu je rozdělena do dvou složek:**

- Tuhost závislá na tahovém napětí a tuhosti $\partial \sigma / \partial \epsilon$.
- Geometrické složce, závislé na napětí σ .

Komponentou tuhosti je znázorněn vztah tahového napětí a tuhosti působící mezi částicemi síly a pozice. Geometrickou složkou jsou znázorněny změny síly částic. Jacobian je proto důležitým prvkem pro zachování stability simulace při použití velkých deformací.(Obr.č.26) [22]



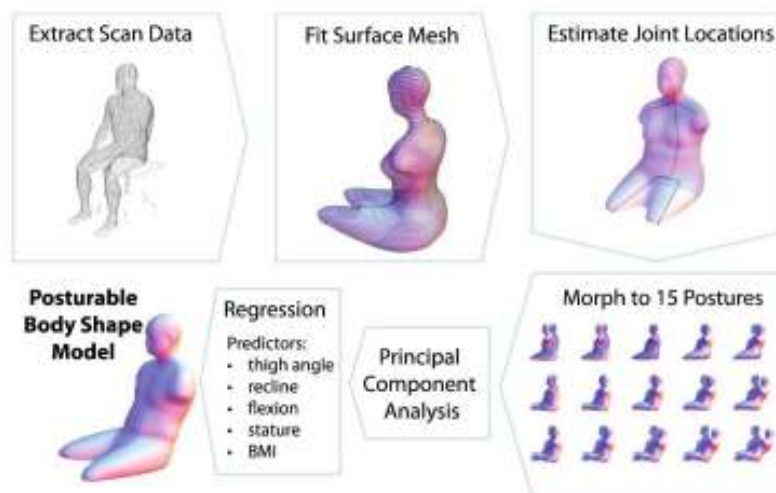
Obr.č. 26: Simulace velkých deformací použitím Jacobianu [22]

6.4. Automatizované hodnocení tvaru objektu

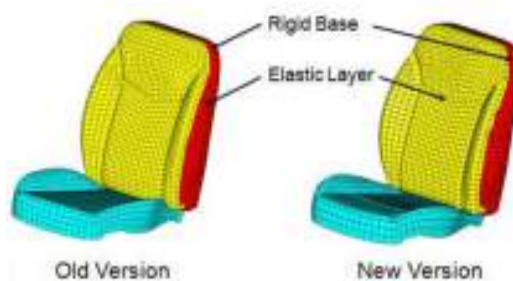
Podle Jingwen Hu a Matthew Reeda je možné využití metodiky 3D počítačového objektu lidské postavy na základě statistické analýzy tělesných rozměrů pro tvorbu automatizovaného hodnocení tvaru a hmotnosti postavy ovlivňujících tvar autosedačky. Tradičními antropometrickými údaji je poskytnuto pouze málo informací o velikosti a tvaru trupu, které je možno použít pro konstrukci opěradla. Pro analýzu dat bylo naskenováno 296 mužů a 416 žen v sedící poloze, pro vytvoření tvaru těla jakožto 3D objektů. Každý z objektů je charakteristický tvarem postavy a držení těla, ze kterých byl následně vytvořen základní objekt pro tvorbu sedadel. Jednoduchá simulační technika byla vyvinuta tak, aby bylo možné rychlé vyhodnocení usazení trupu vzhledem k opěradlu. [22]

6.4.1. Metody hodnocení

Virtual Seat Fit Testování bylo vytvořeno pro studii široké velikostní škály lidského těla a tvarů, vybraných pro prezentaci cílové skupiny uživatelů. Každý z virtuálních objektů je předpovídající povrchových deformací sedadla pro konkrétní cestující a v konkrétní pozici. Na obrázku je znázorněna metodika generování trupu lidského těla. Pro analýzu byly z objektu lidské postavy odstraněny části těla jako ruce a nohy pro snazší manipulaci. (Obr.č.27) Následná statistická analýza byla znázorněna v podobě sítě spolu s objektem postavy a vnitřních společných míst. Následně je provedena regrese analýzy hlavních komponent pro získání jednodušších prezentací dat a regrese pro předpověď tvaru postavy od deformace až po hmotnostní rozdíly. [22]

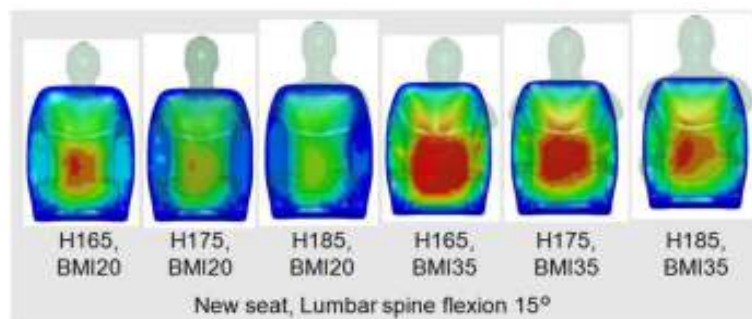


Obr.č. 27: Schéma procesu vytváření objektu lidského těla z naskenovaných dat. [22]



Obr.č. 28: Zjednodušené objekty sedadel. [22]

Po analýze a modelaci objektu lidské postavy, byly vytvořeny objekty sedadel (Obr.č.28) na základě geometrie povrchu. Nově vymodelované sedadlo je v porovnání se sedadlem klasickým relativně plošší s lepším tvarováním kolem bederní oblasti pro větší pohodlí a výkonnost na základě hodnocení zákazníků. Základním prvkem je elastická vrstva použita pro opěradla.(Obr.č. 29) [22]



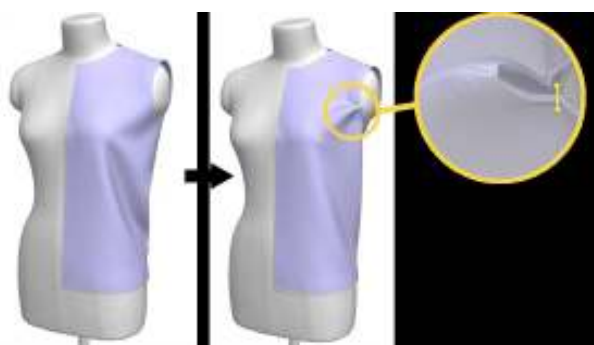
Obr.č. 29: Výsledky Simulované bezpečnostní deformace pro různé tvary trupu z hlediska BMI. [22]

6.5. Využití 3D softwaru v praxi

6.5.1. Marvelous Designer

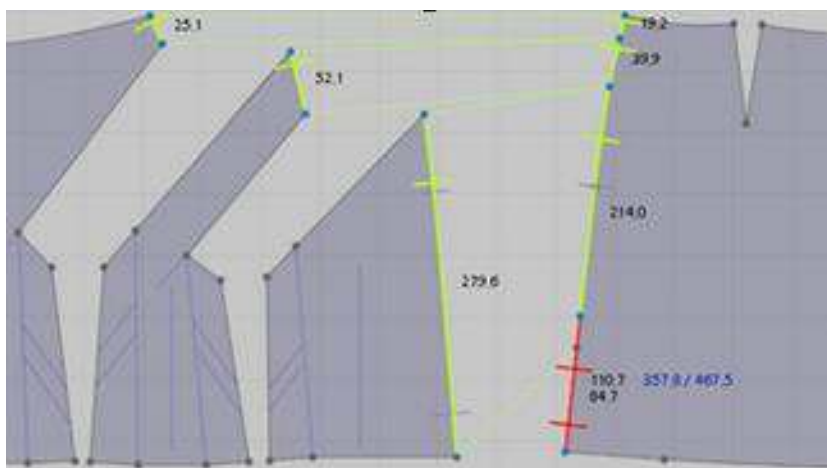
Marvelous Designer je v dnešní době jedním z nejmodernějších softwarů určených pro tvorbu 3D virtuální oděvů. S potřebnými možnostmi a nástroji je umožněna tvorba jakéhokoliv oděvního výrobku od základní košile, až po tvarově složité stříhové modelace jako například plizování či robustní uniformy. Softwarem Marvelous Designer je možné simulovat různé druhy textilií a jejich struktury spolu s vložením jejich fyzikálních vlastností.

Při tvorbě a modelaci daného oděvu je vytvořená 2D stříhová šablona přesně napolohována na uživatelem určené místo, čímž se dle tvaru potahovaného objektu také zdeformuje jak je znázorněno na obrázku č. 30. Zobrazené záhyby které je potřeba odstranit či přesunout, lze jednoduše označit a vytvořit tak záševek. [23]



Obr.č. 30: Tvarování oděvů programem Marvelous Designer [23]

Další z mnoha možností softwaru je například stupňování stříhových šablon, virtuální zkouška na postavě, ve které lze rozdělit jeden díl na díly dva spolu s vložením zdrhovadla či jiného zapínání. Při polohování složité konstruovaných stříhových šablon je uživateli umožněno určit si body a místa sešití jednotlivých dílů a naopak



Obr.č. 31: Polohování a konstruování oděvů [23]

určení míst, kde šití zakázáno, jak je červeně zobrazeno na obrázku č. 31.

Nejvíce využitelný je Marvelous Designer ovšem pro studia zabývající se tvorbou počítačových her a animovaných simulací. Jedním z nejznámějších je studio EA Konami, které spolupracovalo na příklad při tvorbě filmu Hobit , nebo The Adventures of Tin Tin společností Weta Digital.

Při tvorbě kostýmu pro herní postavy má software několik využitelných programů, se kterými lze pracovat. Jedním z nich je Marvelous Designer 2, ve kterém jsou již přednastaveny vzorky základních typů postav a druhů oděvů, určených pro další zpracování. Podle workflow, dostupného pdf manuálu na oficiálních stránkách společnosti, je popsána tvorba vojenské



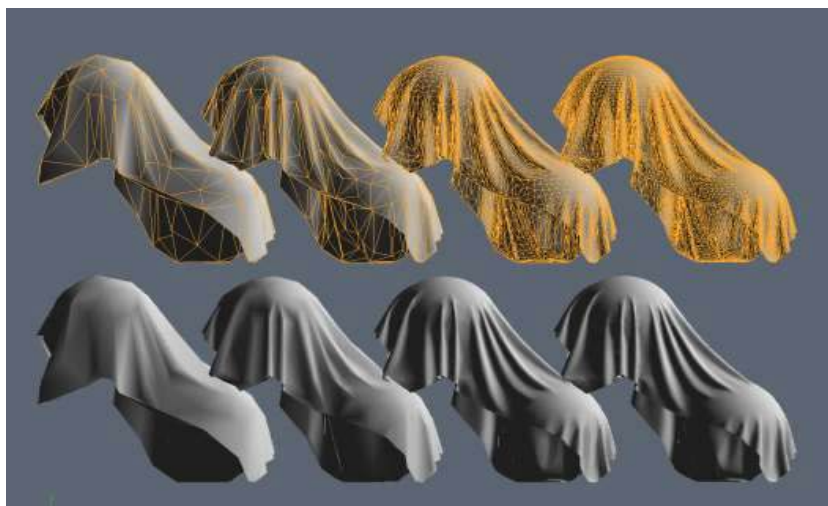
Obr.č. 32: Simulace oděvu před úpravou [23]

Obr.č. 33: Simulace oděvu po úpravě [23]

uniformy, kde uživatel použil základní dostupné oděvy, tedy volné kalhoty a t-shirt s dlouhým rukávem a stojákem. (Obr.č.32)

Obrázek č.33 představuje již upravenou verzi uniformy, kde byly vytvořeny členící švy sešity způsobem tvorby záplat. Pro odstranění volnosti obou oděvů byla využita funkce takzvaného „smrštění“, čímž se automaticky přizpůsobí dané postavě. Další z výhod programu je možnost manipulace s jednotlivými oděvy a jejich přemístování jako je zastrčení trička do kalhot. Je důležité poukázat na fakt, že tvorbou a modelací jednotlivých dílů, kapes či doplňků jsou tyto díly automaticky zobrazovány ve 2D formě stříhových šablon, kde jsou zadávány konkrétní vzdálenosti mezi jednotlivými body a díly. Závěrem celé práce je vložení konkrétní textilie a doplňků jako jsou boty, helma atd.

Marvelous Designer je natolik propracovaný, že jím lze nasimulovat opravdu realistický vzhled textilie a její draperie. Ve světě počítačových her kde je důležitý finální vzhled, je však praktičtější a také vizuálně lepší využití možnosti úpravy draperie s nižším rozlišením, vzhledem k velikosti postav. Na obrázku č.34 je znázorněno několik možností výběru výsledného vzhledu textilie, který je ovlivněn stavbou její sítě. [23]



Obr.č. 34: Možnosti simulace draperie textilií [23]

6.5.2. Human Solutions Assyst

Skupina Human Solutions Group se skládá z Human Solutions GmbH, Assyst GmbH, AVM Solutions GmbH a její zahraniční dceřiné společnosti, Human Solutions a Assyst a Sistemi Assyst srl. Společnosti mají umístění v Německu, Itálii a USA a partnery v 50 zemích a jedná se o hlavní výrobní a dodavatelské trhy v oděvním průmyslu.

Technologické portfolio společnosti nabízí několik softwarů a programů pro 2D a 3D digitalizaci od návrhu až po vývoj virtuálních prototypů. Spolu se softwary je zde také Product Lifecycle Management, určený pro organizaci oděvní výroby pro maloobchod, využívající nejnovější možnosti virtuální výroby, MTM a POS Management (Point of sale – místo prodeje). Skupina má více než 300 módních zákazníků, včetně předních společností, jako je Adidas,

Ahlers, Erfo, Hugo Boss, Löffler, Maier Sports, Max Mara, Takko, Vaude, Walbusch a mnoho dalších. [24]

6.5.2.1. Rozdělení společnosti Human Solutions Group

➤ Human Solutions GmbH

Human Solutions GmbH je společností s vedoucím postavením na světovém trhu se zaměřením na bodyscanning (skenování postav), nabízející data tělesných rozměrů a ergonomii simulace v CAD. Dostupné produkty jsou iSize, čímž je umožněno přístupu k velikostním tabulkám, tělesným rozměrům, sociodemografickým informacím a populačním číslům a podílům na trhu. Jedná se o

sériová data z testů s více než 90.000 osobami. Tato možnost je využívána společností Human Solutions GmbH pro optimalizaci padnutí, generaci avatarů, 3D bodyscanning pro bezdotykové a laserové snímání.

➤ **Assyst GmbH** (dceřiná společnost)

Assyst GmbH je v Německu vedoucí společností v oblasti oděvní technologie, nabízející integrované CAD a PLM (Product Lifecycle Management – správa životního cyklu výrobku) řešení pro efektivní vývoj módních kolekcí ve světě. Další inovace zajištěna společností Assys je z oblasti automatizační techniky, 3D vizualizace a správy dat. Mezi produkty patří Cad.Assyst, Vidya, PLM GoLive a Automarker / Autocost. [24]

6.5.2.2 Vidya

Vidya je program určený pro 3D vizualizaci a simulaci v oblasti módy.

Možnosti programu:

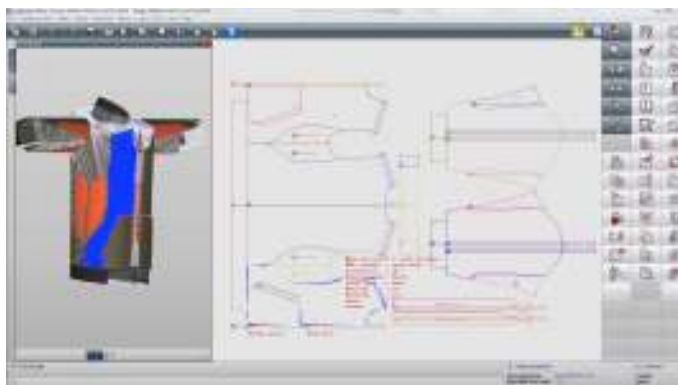
- Kontrola velikosti a padnutí
- Kontrola tvaru a použitelnost v pohybu
- Prezentace virtuální módní přehlídky
- Ověření výroby na míru na POS
- Řízení kolekce a PLM
- Tvorba návrhů a stříhů
- Virtuální prototypy
- Produktový management a marketing
- Skupiny zákazníků a zakázky
- Webshop a online konfigurace
- Virtuální prodej vzorků

S využitím všech těchto možností je uživateli poskytnuto zpracování detailní technické dokumentace jednotlivých výrobků a kolekcí. Tvorba v programu Vidya je velice jednoduchá a profesionální, kdy je navržený výrobek automaticky simulován s ohledem na potahovaný objekt a použitý textilní materiál.(Obr.č.35)



Obr.č. 35: Simulace oděvu v programu Vidya [24]

Oděvní výrobek je převeden na 2D stříhové šablony, které jsou společně s vytvořením maker a zvolených textur napolohovány. Během polohování je k dispozici dostupný náhled ve 3D, což usnadňuje uživateli manipulaci zejména u složitých konstrukčních modelů znázorněné na obrázku č.36.



Obr.č. 36: 3D simulace oděvu a 2D znázornění stříhové konstrukce [24]

Vytvořením vlastního modelu či oděvní kolekce je programem umožněno porovnání padnutí simulovaného oděvu se skutečným modelem. V případě jakékoliv odchylky na lidském těle je uživatel schopen lidskou postavu upravit dle zadaných parametrů.

Po kontrole padnutí oděvu je zde nabízena další možnost kontroly padnutí a použitelnosti pomocí barevné škály, kterou jsou zobrazena místa přiléhavá a místa volná.(Obr.č.37) Další kontrolou je padnutí z hlediska tažnosti materiálu s ohledem na jeho vlastnosti a strukturu, zobrazené ve směru osnovy a útku. Pomocí funkce sledování pohybu a jeho sekvencí a jeho animací je vytvořena virtuální módní přehlídka, při které je sledováno chování oděvního výrobku.



Obr.č. 37: Simulace padnutí oděvu z hlediska mechanických vlastností [24]

6.5.2.2.1. Vidya a MTM

Krok 1: naskenování lidského těla

Tělesné rozměry jsou automaticky změněny s ohledem na požadovanou velikost.

Krok 2: Konfigurace oděvu

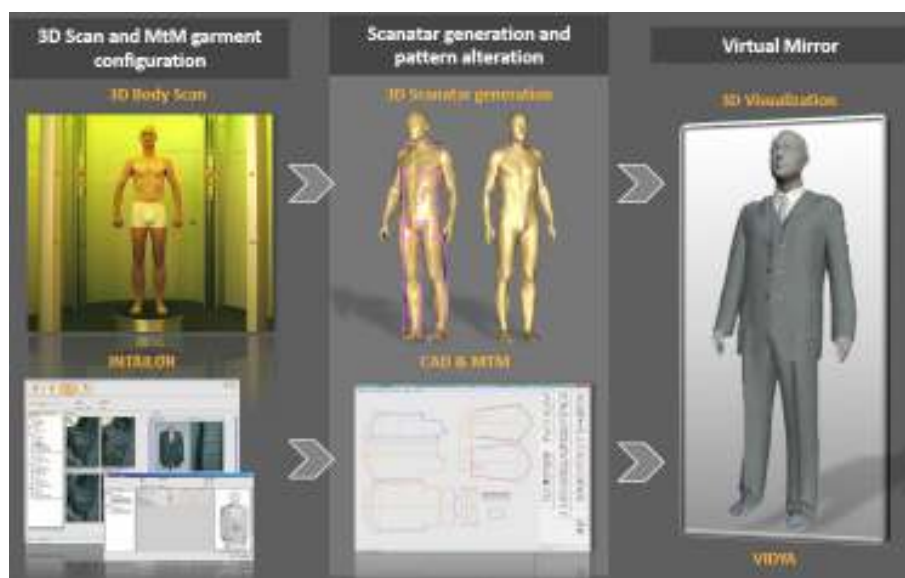
Zákazníkem je vybrán oděvní výrobek z dostupného katalogu INTAILOR. Následně jsou vybrány stříhové varianty, barvy, doplňky a příslušenství, které jsou odeslány do oblasti výroby.

Krok 3: Střih a 3D simulace

Předání jednotlivých objednávek do CAD a Vidya, kde je zajištěno automatické třídění a změny střihů v CAD Assyst na základě individuálních rozměrech jednotlivých zákazníků a jejich vybraných doplňků.

Krok 4: Interaktivní styling a zkouška padnutí

Vizualizace více druhů oděvů společně s požadovaným stylingem, kde jsou použity kombinace tkanin, podšívek, knoflíků a dalších doplňků. Na vybraném oděvním výrobku jsou následně simulovány další oděvní doplňky jako jsou kapsy, límce, nebo manžety dostupné z katalogu. Všechny tyto změny jsou následně uloženy společně s objednávkou a odeslány do výroby. Všechny tyto kroky jsou zobrazeny na obrázku č.38.



Obr.č. 38: Proces tvorby MTM [24]

Poslední fáze tvorby oděvní kolekce spočívá v komunikaci. Jedná se o komunikaci s firmami či společnostmi, pro které jsou kolekce vytvářeny. Uživatel má proto možnost vytvořit nejen barevné či stříhové, ale také možnost simulovat a upravovat siluety během procesu návrhu a ověřovat jejich modelace s ostatními návrháři ještě před tvorbou prototypu. Dostupnost virtuálních prototypů umožňuje produktovému managementu a marketingu vývoj již v raném stádiu vývoje. Tvorba prezentace je doplněna



Obr.č. 39: Fotorealistická prezentace nasimulovaných oděvů [24]

funkcí vložení vlastního pozadí v podobě fotorealistické vizualizace (Obr.č.39), či odstranění postavy a vytvoření tak vzhledu virtuálního e-shopu jak je znázorněno na obr. č.40. [24]



Obr.č. 40: Vizualizace virtuálního e-shopu [24]

7. DesignConcept 3D

DesignConcept 3D je program vytvořen francouzskou firmou Lectra, určen převážně pro navrhování, modelaci a konstruování objektů ve 3D. Hlavní využití programu je v odvětví automobilového, leteckého, nábytkářského a oděvního průmyslu, a to pro navrhování objektů a konstrukci sedadel, interiérů a oděvů. Software DesignConcept 3D je určen zejména pro konstrukci a modelování objektů ve 3D zobrazení. Program je také určen pro následné rozvinutí jednotlivých dílů zkonstruovaného povrchu. Pomocí funkce rozvinování lze získat všechny stříhové součásti, které lze následně opatřit švovými záložkami.

Nejprve se vytvoří mesh metodou konečných prvků a následně jsou díly rozvinuty. Díly je možné také polohovat. DesignConcept 3D je vytvořený na základě programu CDI, který pracuje pod operačním systémem Windows NT nebo Windows 2000. Program se instaluje k programu Top Solid, který byl vyvinut francouzskou firmou Missler, čímž se navyšuje počet jeho funkcí. Jedná se o 3D nástroj, kterému je přímým konkurentem například Pro Engineer a další programy, které pracují na jádru Parasolid.

7.1. Využití softwaru DesignConcept 3D

- **3D design** – tvorba 3D objektů spolu s tvorbou mesh sítě pro následné rozvinutí, analyzace stříhů a úpravy povrchů a zobrazení výsledné simulace výrobku.
- **2D- pattern**- rozvinování a tvorba dílů na díly hotové, pokládání materiálu k promítnutí ve 3D, Možnost tvorby vlastních vzorů a průzkum mechanických vlastností.
- **2D- product** – tvorba a příprava dílů pro řezání a automatického polohování.
- **2D draft**- kompletní technická dokumentace prototypu navrhovaného výrobku.

Diplomová práce se zabývá prací v DesignConceptu 3D verzi V4R1. Simulace pomocí tohoto programu jsou navrženy tak, aby byly schopny reagovat na potřeby průmyslu co se týče auto sedadel, interiéru, oděvů a dalších. Je zde možnost textilní deformace a analýzy v souladu s fyzikálními vlastnostmi použitého materiálu. Z toho důvodu je následná možnost úpravy a odstranění problémů s použitými stříhy a zajištění tak kvality konečného produktu. [25]

7.2. Grafické prvky programu DC3D

Programem DesignConcept 3D je umožněna uživateli tvorba objektů jak volbou ručního kreslení tak zvolením dostupných možností a grafických elementů (Curve,Spline)



Obr.č. 41: Panel nástrojů DC3D [25]

Zvolením funkčního tlačítka point umístěného v nástrojové liště (obr.č. 41) je možné vytvořit si pevný bod, řídicí souřadnicový systém, body umístěné na kdekoliv na křivce či ve středu, průsečíky rovin, body lokálních extrémů a další. Beziérovky křivky jako nejpoužívanější tímto programem, popsána v kapitole 3.4.1.2. umístění v liště Spline, kde je určen směr zvolením řídicích bodů s uzlovými vektory s možností propojení s plochami. [25]

7.2.1. Síť mesh

V programu jsou objekty generovány sítě mesh, tvořenou trojúhelníky dle předem určených kritérií za pomoci triangulace.

7.2.1.1. Triangulace

Triangulace, v originálním názvu TIN (triangular irregular network) je název pro tvorbu trojúhelníkové sítě. Tato síť je vytvořena za použití souvislých nepřekrývajících se trojúhelníkových prvků. Každý z použitých trojúhelníků má svojí hustotu i tvar, které lze měnit s ohledem na závislost a potřebu jejich tvarování modelovaného povrchu.

Bayerovo vysvětlení triangulace popisuje tvorbu množiny bodů , které jsou nepravidelně rozloženy ve tvarově optimalizované síti trojúhelníků, nebo čtyřstěnů. Triangulace označena jako T vytváří množinu bodů $P = P_i$ což je soubor m trojúhelníků ($t = t_1, t_2, \dots, t_m$) a hran pro:

- dva libovolné trojúhelníky $t_i, t_j, T \in, \neq$, mající nejvýše společnou hranu
- tvorbu souvislé množiny sjednocením všech trojúhelníků
- uvnitř vygenerované trojúhelníky , ve kterých neleží žádný bod z množiny P

Zde je neexistující vztah (5) mezi daným počtem hran a bodů, kde je k představující počet bodů tvořících zaoblený obal. N_t je počet trojúhelníků N_h počet hran, d počet děr a N znázorňuje celkový počet bodů. Vztah pro dané triangulační algoritmy je vyjádřen takto:

$$N_t = 2N - k + 2d - 2$$

$$N_h = 3N - k + 3d - 3 \tag{5}$$

[26]

7.2.1.1.1. Rozdělení triangulace

Triangulace je rozdělena na lokální a globální. V případě lokální triangulaci je optimálně triangularizován každý čtyřúhelník vzhledem jeho zadanému kritériu. Při globální triangulaci jsou trojúhelníky s ohledem na zadané kritérium optimální.

Kritéria, určující triangularizaci trojúhelníků a čtyřúhelníků mají svá daná pravidla, která musí splňovat:

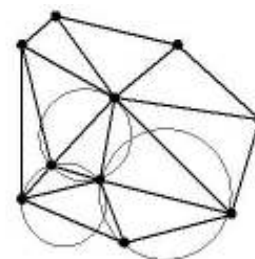
- minimální/maximální úhel v trojúhelníku α , kdy triangulace nemá generovat trojúhelníky s příliš ostrými/tupými úhly
- minimální/maximální výška v trojúhelníku v
- minimální/maximální poloměr opsané kružnice r
- minimální/maximální plocha trojúhelníku S

Do globálních kritérií triangulace jsou zahrnuty:

- suma délek stran, kdy se triangulace snaží minimalizovat celkovou délku stran
- nekonvexita území, kdy má zůstat zachována nekonvexita (členitost hranice) území a nebo triangulace konvexní obálky
- povinné hrany, což jsou předem definované spojnice [26]

7.2.1.1.1.1. Delaunayova triangulace

Delaunayova triangulace je jedna z nejrozšířenějších triangulačních metod pro tvorbu trojúhelníkových sítí. Trojúhelníky jsou tvořeny mezi jednotlivými body, kolem kterých jsou opisovány kružnice. (Obr.č.42) V případě výskytu dalšího bodu v oblasti kružnice, je nutné aby byl trojúhelník přemístěn, nebo zmenšen tak, aby byla síť dokonale vyplněna. Jedná se tedy o metodu vykreslující síť s rovnostrannými trojúhelníky, využitelnou například v softwarech pro automobilový průmysl, oděvní průmysl, geografii, strojní průmysl a další.

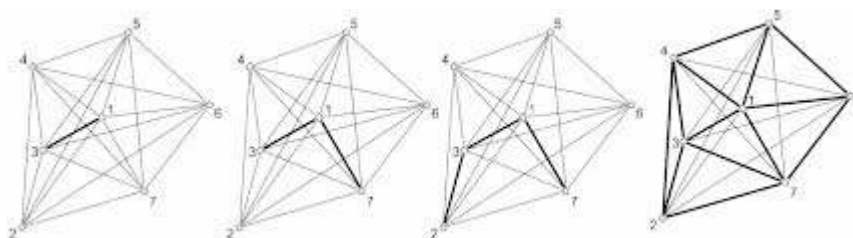


Obr.č. 42: Delaunayova triangulace [27]

[27]

7.2.1.1.2. Greedy triangulace

Hranice Greedy triangulace je tvořena konvexní obálkou. Algoritmus této triangulace nejprve vytváří seznam hran z jednotlivých bodů na body ostatní, které jsou určeny svou vzdáleností si mezi danými body. Hrany trojúhelníků jsou seřazeny vzestupně dle jejich délek, čímž je vyhodnocena jedna nejkratší, která je následně ze seznamu vyjmuta. V případě, že je tato krátká hrana protínající hranu jinou z již vytvořené triangulace, je do ní následně přidána. Tento postup vyjmutí a předávání hran je opakován, dokud není protnuta jiná existující hrana. (Obr.č.43) [27]

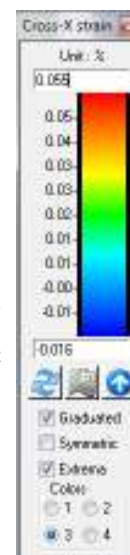


Obr.č. 43: Greedy triangulace postup [27]

7.2.1.2. Možnosti sítě Mesh

7.2.1.2.1. Vyhodnocovací škála

Vyhodnocovací škálou, která je zobrazena u každé možnosti analýzy mechanických vlastností jsou zobrazeny maximální a minimální hodnoty spolu s barevnou stupnicí, dle které jsou následně vybrány hodnoty pro tvorbu optimalizace stříhových dílů. (Obr.č.44.) Možnostmi vyhodnocovací škály jsou funkce **Graduated** (odstupňování), čímž jsou hodnoty seřazeny od minima po maximum, **Symetric** (symetrie) vyhodnocující celý objekt symetricky a ne každý díl zvlášť. Další z možností je funkce **Extrema** (extrémy), kdy jsou maxima a minima vyznačena nastavenými barvami v našem případě tedy maxima jako červená místa a minima jako modrá místa, možnosti 1, 2, 3 a 4 určují styl barevné stupnice.



[25] Obr.č. 44: Vyhodnocovací škála

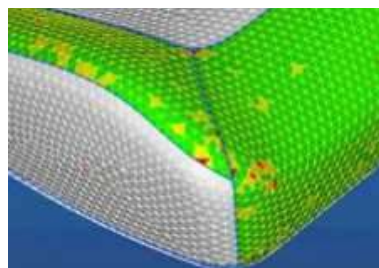
7.2.1.2.1 Funkce Limit



Vyhodnocovací škála je vybavena možnostmi pro zobrazení analýzy změnou barvy, vyhodnocovací škála aktivována funkce Limit, čímž jsou hodnoty softwarem automaticky vygenerovány. V případě neaktivované funkce Limit jsou maximální a minimální hodnoty určeny dle přednastavených hodnot, které je možné individuálně upravovat. V případě aktivované funkce Limit jsou maximální a minimální hodnoty předem určeny softwarem dle daného materiálu, které nelze dále upravovat. Z důvodu získání co nejefektivnější optimalizace stříhových dílů, byla funkce Limit aktivována. [25]

7.2.1.2.2. Mesh quality

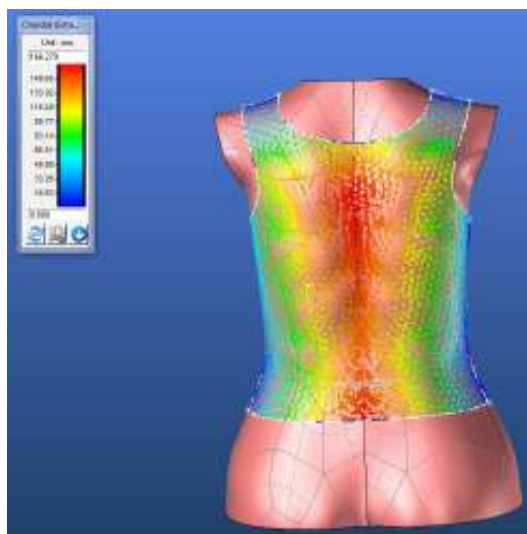
Mesh quality, tedy kvalita sítě trojúhelníků potahující objekt je vyhodnocována vzhledem k blízkosti jednotlivých trojúhelníků. Největší kvalitu tvoří rovnostranné trojúhelníky, které jsou zobrazeny hodnotící škálou zelenou barvou, střední kvality žlutou a velmi špatná kvalita je zobrazena barvou červenou. (Obr.č.45.) V případě zobrazení nekvalitních míst (červených trojúhelníků), je nutná minimalizace vad za pomoci modifikace daného regionu. [25]



Obr.č. 45: Mesh quality [25]

7.2.1.2.3. Chordal distance

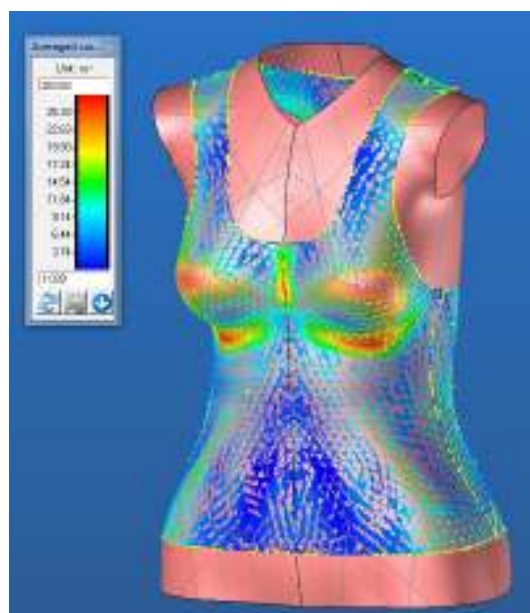
Chordal distance, přeloženo jako vzdálenost vyjadřuje vzdálenost mezi mesh sítí a sítí skutečnou či skutečným tvarem. Je zde vyhodnocena geometrická kontrola trojúhelníků tvořících síť. To znamená, že trojúhelníky vyskytující se nad objektem jsou hodnoceny kladně a trojúhelníky vyskytující se pod objektem a jeho tvarem záporně.(Obr.č.46) Chordal distance je analýzou hodnotící objekt před rozvinutím na 2D stříhovou konstrukci. [25]



Obr.č. 46: Chordal distance

7.2.1.2.4. Average curvature

Average curvature znamená analýza průměrného zakřivení a je používána pro vyhodnocení protažení sítě. Je důležité odlišit ploché a zakřivené zóny sítě, které by mohly nevhodně ovlivnit celkový tvar objektu.(Obr.č.47) [25]



Obr.č. 47: Average curvature

7.3. Analýza mechanických vlastností

7.3.1. Možnosti vložení mechanických vlastností textilie

Software DesignConcept 3D umožňuje vložení vlastních naměřených mechanických vlastností uživatelem určené textilie. Pro tuto diplomovou práci byly zvoleny dva druhy textilie, které byly předem naměřeny přístrojem KES (Kawabata Evaluation System).

7.3.1.1. Kawabata Evaluation System KES

Kvalita oděvů je spjata s vlivem na lidské tělo a mysl, vzhledem k jeho vlastnostem a konstrukci, a proto je nutné přesné zhodnocení kvality textilie. Z tohoto důvodu byl vyvinut v roce 1972 Profesorem Sueo Kawabata Kyoto a Masako Niwa systém KES (Kawabata Evaluation System) pro měření základních mechanických vlastností v rámci rozsahu deformace, která je vyskytována ve skutečném opotřebení a vyhodnocení textilie. Přístroj je určen pro měření šesti základních mechanických vlastností plošných textilií a to pro tah, smyk, omak, ohyb, stlačitelnost, koeficient tření a geometrická drsnost. Další měřené vlastnosti jako HV (Hand Value) tedy primární omak, který je vyjádřen tuhostí, plností, hladkostí, vrzavostí, hebkostí, nesplývavostí, poddajností a šelestí a THV (Total Hand Value) celkový omak, které měří přístroj KES-FB1, následně stanovují omak textilie. [28][29]

7.3.1.1.1. Použití přístroje

Uvedený set čtyř modulů určen pro hodnocení omaku je možno také použít pro hodnocení mechanických vlastností textilie.

Přístroj pro měření smykových a tahových vlastností se nazývá KES-FB1.(Obr.č.48) Pro měření těchto vlastností je nutné připravení vzorku textilie o velikosti 20 x 20 cm. Vzorek je upevněn čelistmi dlouhými 20cm ve vzájemné vzdálenosti 5cm od sebe. V případě měření tahové síly je textilie analyzována v osnově i útku, na kterou je působena síla zařízením se standardní senzitivitou, která je dána tahovou silou $F_m = 490 \text{ N/m}$, nebo vyšší senzitivitou $F_m = 49 \text{ N/m}$. Vyšší senzitivita je používána v případě testování textilie s podílem elastanu, či úpletových materiálů vzhledem k jejich pružnosti.

Při testování tažnosti je na vzorek nejprve působena tahová síla v jednotlivých axiálních směrech zvlášť, přičemž dochází ke zpevnění struktury textilie, kde probíhá tření vazných bodů a vyrovnání jednotlivých přízí. Namáhaný vzorek je následně odlehčen, čímž nastává zaznamenávání procesu zotavování materiálu. Přístrojem jsou v závěru vyhodnoceny následující parametry:

WT – Energie tahová vztažená na jednotku plochy. [N.m/m^2 , J/m^2]

LT – Linearita křivky zatížení, prodloužení [-]

RT – Elastické a tahové zotavení [%]

EMT – Tažnost naměřená při maximální tahové síle [%] [29][30]



Obr.č. 48: Přístroj KES-FB1 [29]

Testování smyku je založeno na upnutí daného vzorku do zařízení, kdy je pohyblivá čelist výkyvná do stran pod úhlem $\pm 8^\circ$ natahující vzorek v kolmém směru a při konstantním napětí textilie. Testování ohybu materiálu je prováděno přístrojem KES-FB2, kdy je vzorek o stejné velikosti jako při měření tlakové síly upnut do čelistí. Čelisti jsou od sebe vzdáleny tentokrát pouze 1 cm a vystavují na materiál působení vnějších ohybových sil. Naměřenou hodnotou je představena závislost velikosti ohybového momentu vzhledem k danému zakřivení. (M [N.m/m] / K [cm^{-1}])

Přístrojem typu KES-FB3 z obrázku č. 49, je měřena reakce plošné textilie na působení tlakové síly. Měřený vzorek je upnut do čelistí, na který je působeno namáhání ve směru kolmém na jeho plochu. Hodnota namáhání je zde určena tlakem $P_m = 4900 \text{ N/m}^2$. Závěrečným hodnocením je stanovena linearita křivky tlaku, kompresní energie na jednotku plochy, tloušťka textilie a kompresní elastické zotavení. [29][30]




Obr.č. 49: Přístroj KES-FB3 [29]

7.3.1.2. Vložení naměřených vlastností do programu DC3D

7.3.1.2.1. Použitý materiál

Jako hodnocené textilní materiály byly zvoleny dva druhy osnovní pleteniny, určené převážně pro spodní prádlo. Jedná se o vysoce elastický materiál, jehož vlastnosti budou hodnoceny a analyzovány s ohledem na tvar potahovaného objektu a jeho stříhové konstrukci.

7.3.1.2.1.1. Materiál M1

Označení	M1	Plošná hmotnost	250 g/m ²
Typ	Osnovní pletenina	Hustota na 10 cm	sl. 195
Vazba	Sleeknit		ř. 660
Složení	82% Polyamid 18% Elastan	Symboly údržby	


Tabulka 1: Materiál M1

Každý z materiálů byl naměřen přístrojem KES-FB1 pro vyhodnocení jeho tažnosti. Tažnost materiálu byla hodnocena ve směru osnova, útku a pod úhlem 45° viz. tabulka č.2 pro materiál M1 a 3 pro materiál M2.

Vzorek M1	WT [N·m/m²]	LT [-]	EM [%]
WARP(osnova)	1.53	0.784	7.81
WEFT(útek)	5.81	1.057	21.97
BIAS 45°(úhel 45°)	4.560	0.911	20.400

Tabulka 2: Mechanické vlastnosti materiálu M1

7.3.1.2.1.2. Materiál M2

Označení	M2	Plošná hmotnost	260 g/m ²
Typ	Osnovní pletenina	Hustota na 10 cm	sl. 177
Vazba	Sleeknit		ř. 790
Složení	74% Polyamid 26% Elastan	Symboly údržby	

Tabulka 3: Materiál M2

Vzorek M2	WT [N·m/m²]	LT [-]	EMT [%]
WARP (osnova)	3.58	1.155	12.40
WEFT(útek)	1.05	1.001	4.22
BIAS 45°(úhel 45)	2.746	1.001	11.200

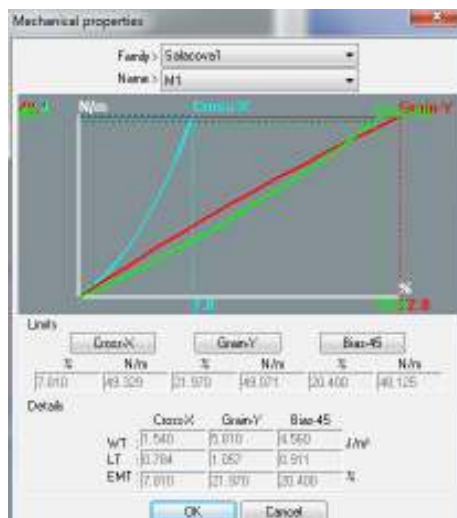
Tabulka 4: Mechanické vlastnosti materiálu M2

Při vkládání mechanických vlastností textilií je možné podrobnější rozdělení dat a to tažnost ve směru osnovy, útku či pod úhlem 45°. Pro vložení dat je možné vybrání hodnot různých druhů textilií přímo uložených v počítači jako například různé druhy tkanin, pletenin, kůže či rozdělení dle materiálového složení. V našem případě bylo nutné vložit hodnoty vlastní.

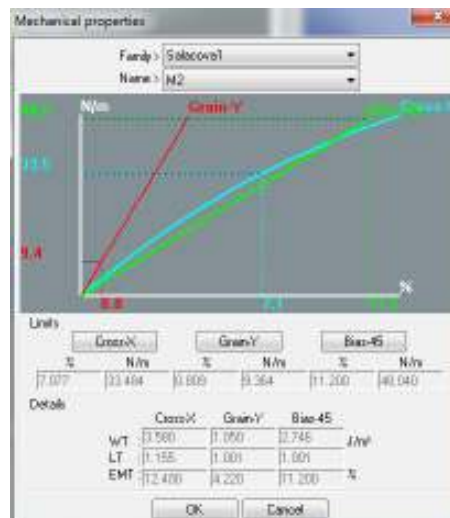
Zvolením možnosti levého sloupku možnost **Optimize Pattern**, kde se v levém horním sloupku objeví možnost:

- **Create mechanical properties – Kawabata – potvrdit OK**

Po zvolení Kawabata systému se objeví okno pro vložení vlastních dat.



Obr.č. 51: Mechanické vlastnosti vzorek M1



Obr.č. 50: Mechanické vlastnosti vzorek M2

Softwarem je nabízena možnost odlišení mechanických vlastností vzhledem k osnově a útku. Dle naprogramování softwaru je Cross-X označením pro útek, Grain-Y pro osnovu a Bias 45° pro šikmé střížení pod úhlem 45°. Vzhledem k opačnému nastavení referenční linie je potřeba volit hodnoty pro Cross-X jako osnovní a pro Grain-Y jako útkové. Obrázek č.51 znázorňuje hodnoty pro vzorek M1 a obrázek č. 52 vzorek M2.

Program umožňuje zadání výchozích naměřených hodnot spolu s křivkami zobrazující závislost mechanického zatížení vzorku textilie (N/m) na jeho protažení (%). Materiál M1 (osnovní pletenina-sleeknit) má vzhledem ke své konstrukci vyšší tažnost ve směru řádků než sloupků. Dle obrázku č.51 to znamená, že křivka Cross-X (sloupek) dosahuje při stejném zatížení (48 N/m) nižšího protažení (7,8%), než křivka GrainY (řádek – 22,0%). V případě materiálu M2 je výsledek rozdílný. Materiál M2 má vyšší hustotu řádků a plošnou hmotnost, což ovlivňuje také jeho tahovou sílu. Obrázek č.52 dokazuje rozdíl mezi materiály, kdy křivka Cross-X dosahuje vyššího protažení než křivka Grain-Y, avšak tentokrát program vyhodnotil jednotlivé směry (sloupek, řádek) zvlášť vzhledem k maximálnímu zatížení.

8. Tvorba objektů ve 3D

Vzhledem k navázání na předešlé diplomové práce, které se zabývaly programem DesignConcept 3D jeho možnostmi tvorby a modelování těles, tato práce obsahuje podrobný postup modelování. I přes veškerá pravidla a postupy, která jsou popsána v manuálu si lze pomocí funkcí přizpůsobit tvorbu objektů dle vlastní kreativity. To znamená, že jsou objekty v případě této diplomové práce vytvořeny velice jednoduše tak, aby splňovaly veškeré požadavky co se týče velikostí a tvarů.

Vzhledem k následujícímu praktickému testování vývoje výrobku vzhledem k materiálu a stříhových dílů jsou vytvořeny čtyři objekty. Tyto objekty jsou v programu DC3D potahovány dvěma druhy vybrané textilie, kdy je následně vymodelováno členění a vytvořen 2D stříh. Použitím systému KES byl na obou textiliích naměřena tažnost a to tažnost v osnově, útku a jejich tahová energie vztažená na jednotku plochy, linearita křivky zatížení, tahové elastické zotavení a tažnost při maximální tahové síle. (Výsledky měření v kapitole 7.3.1.2.1.) Tyto hodnoty byly následně převedeny do programu DesignConcept 3D, který následně vyhodnotil napětí, zakřivení, namáhání a tlak vyvíjen stříhem na 3D objekt. Dle vyhodnocení základního stříhu objektu se dále dle možností programu testovaly způsoby úpravy stříhu vzhledem k namáhání materiálu.

Optimalizace

Pojem optimalizace lze vysvětlit jako proces modifikace určitého systému, kterým je zajištěna vyšší efektivita, nebo také snížení určitých požadavků daného systému. Jedná se převážně o výpočetní systémy jako jsou počítače, počítačové programy či celé počítačové sítě, kdy je optimalizací zajištěn jejich rychlejší chod. V případě použití výrazu optimalizace pro práci s programem DesignConcept 3D, se však jedná o proces výběru nejlepší varianty, pro úpravu daného stříhového dílu, pro daný potahovaný objekt. Optimalizovaným stříhovým dílem je tedy nazván stříhový díl, upraven s ohledem na veškeré dostupné ovlivňující faktory. Při optimalizaci byly zhodnoceny vlastnosti dvou použitých textilních materiálů, s největším zaměřením na tažnost (strain) a jeho chování během namáhání textilie jak celkového, tak i po směru osnovy či útku. Dalším faktorem je zvolená stříhová modelace, velikost a umístění stříhových dílů a tvar zvoleného objektu.

Souhrn procesu hodnocení jednotlivých objektů

Tvorba zkušebních objektů

- 8.1.1. Objekt 1 Válec (str. 61)
- 8.1.2. Objekt 2 Krychle (str. 67)
- 8.1.3. Objekt 3 Koule (str. 68)
- 8.1.4. Objekt 4 Filled (str. 69)
- 8.1.5. Objekt 5 Opěrka (str. 71)
- 8.1.6. Výsledný objekt - dámské torzo (str. 72)

Hodnocené stříhové variace dámského torza

8.2.1. Hodnocení Stříhu 1

- 8.2.1.1. **Hodnocení Stříhu 1- varianta 1** – optimalizace stříhu hodnocením jednotlivých dílů pro směr osnovy a útku (str. 79)
- 8.2.1.2. **Hodnocení Stříhu 1- varianta 2** – použití jemné sítě o velikosti trojúhelníků 5mm (str. 97)
- 8.2.1.3. **Hodnocení Stříhu 1- varianta 3** – použití hrubé sítě o velikosti trojúhelníků 30mm (str. 97)

8.2.2. Hodnocení Stříhu 2

- 8.2.2.1. **Hodnocení Stříhu 2-varianta 1** - optimalizace stříhu hodnocením jednotlivých dílů pro směr osnovy a útku (str. 98)
- 8.2.2.2. **Hodnocení Stříhu 2- varianta 2** – použití jemné sítě o velikosti trojúhelníků 20mm a optimalizace jednotlivých stříhových dílů pro směr útku (str. 98)
- 8.2.2.3. **Hodnocení Stříhu 2- varianta 3** - použití hrubé sítě o velikosti trojúhelníků 20mm a optimalizace stříhových dílů funkcí LIMIT pro směr útku (str. 101)

8.2.3. Hodnocení Stříhu 3

- 8.2.3.1. **Hodnocení Stříhu 3- varianta 1** - optimalizace stříhu hodnocením jednotlivých dílů pro směr osnovy a útku (str. 105)
- 8.2.3.2. **Hodnocení Stříhu 3- varianta 2** - optimalizace stříhu hodnocením dílů funkcí LIMIT pro směr osnovy a útku (str. 107)
- 8.2.3.3. **Hodnocení Stříhu 3- varianta 3** – použití kombinace jemné a hrubé sítě (str. 111)

8.1. Práce s DesignConcept 3D

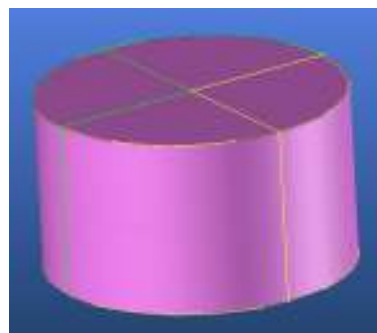
Při práci v programu DesignConcept 3D bylo nejprve důležité seznámit se s možnostmi tvorby 3D objektů pro vyhodnocení dalšího postupu. Prvním krokem bylo tedy vytvoření několika základních objektů, na kterých byla vyhodnocena jejich proveditelnost, možnosti tvorby stříhů a jejich modelací, vyhodnocení pomocí sítě mesh a export do 2D stříhových šablon.

8.1.1. Objekt 1 Válec

Jako první objekt byl zvolen válec, na který byly vymodelovány členicí linie pro tvorbu stříhu viz obrázek č. 52.

Postup tvorby válce:

- **Curve.**
- **Other curve** – Circle
- Zvolit požadované rozměry **150 mm**
- Po vytvoření základního obrysu objektu zvolit **Shape**
- **Extruded-** kliknout na křivku a zvolit výšku.



Obr.č. 52: Objekt č.1 válec

Válec byl následně rozčleněn na jednotlivé požadované stříhové díly možností v levém bočním panelu **Create region curve:**

- **Draw** – Vybrat požadovaný objekt a vykreslit každou členicí linii zvlášť.

Dále následuje vyhodnocení Mesh :

V levém bočním panelu vybrat :

- **Create region**
- **From curves**
- **Reference shape** – v příkazové liště
- **Add- Boundaries**

- **Selection** - vybrat linie ohraničující jednotlivé díly zvlášť.

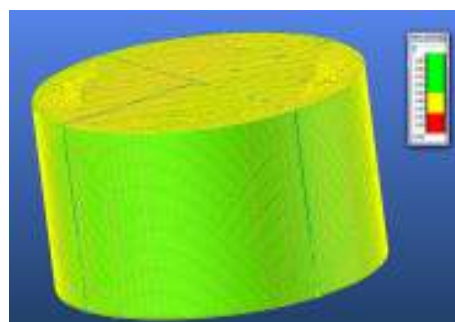
Po vybrání prvního stříhového dílu dvakrát potvrdit „ok,, a kliknout na vybraný díl, čímž se zobrazí tabulka Create region from curves pro nastavení velikosti trojúhelníků v síti mesh. Zvolení vhodné velikosti trojúhelníků je velice důležité pro výsledné tvarování objektu a stříhové šablony. Čím menší velikost trojúhelníku je zvolena, tím přesnější je modelování daného tvaru. Pro tvorbu „ pláště“ prvního objektu byla zvolena velikost 10mm, což zabránilo tvorbě ostrých hran. Na obrázku č.53 je znázorněna situace zadání větší velikosti trojúhelníků (100 mm), kdy je programem automaticky upozorněno na špatné proporcionální rozložení, které následně vede k problémům při zpracování 2D stříhových dílů.



Obr.č. 53: Objekt 1 válec - špatná modelace

Po zhotovení sítě pro všechny stříhové díly byla provedena analýza hodnocení kvality sítě mesh. Vybráním v příkazové liště možnosti

- **Analyze**
- **Feasibility – Select All – Pre processing – Mesh quality** - vyhodnocen je celý objekt vzhledem k proporcionálnímu řešení a velikostí trojúhelníků.(obr č.54)



Obr.č. 54: Objekt 1 válec- síť mesh

8.1.1.1 Rozvinutí povrchu (z 3D do 2D)

Pro tvorbu 2D stříhů zvolit v hlavní nabídce 2D Pattern a v levém bočním panelu zadat :

- **Create pattern – Flatten Regions**

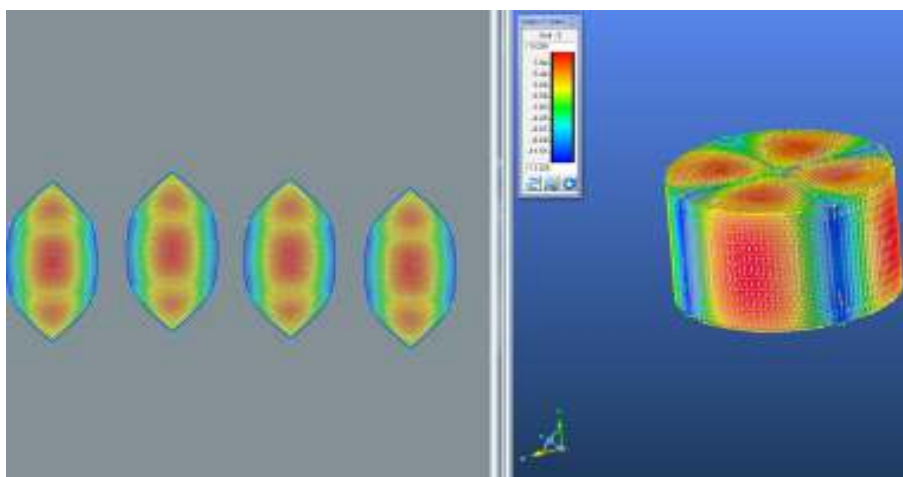
Ve 3D programu označit požadovaný díl pro přesunutí a kliknout na prázdnou plochu 2D Pattern. Zde se vyskytly první chyby, kvůli malé velikosti použitých trojúhelníků.

Při exportu stříhových dílů je program příliš zahlcen potřebnými daty, které nestíhá zpracovávat a přestává správně pracovat. Při zvolení takto přesné sítě je potřeba dbát na opatrnost práce s programem a ukládat si každý krok. Pro snazší práci bylo zredukováno množství trojúhelníků v síti mesh zvětšením velikosti na 50 mm. Touto změnou došlo k dříve zmíněnému problému špatné proporcionalitě trojúhelníků vzhledem ke tvaru objektu viz obr.č.55. Výsledná velikost trojúhelníku byla tedy 30 mm, kdy export dílů proběhl bez závažných komplikací.



Obr.č. 55: Objekt 1 válec - špatná proporcionalita sítě

Po vytvoření 2D stříhových dílů byla zahájena analýza mechanických vlastností použitých textilií. Po zhodnocení výsledných hodnot bylo zjištěno, že použitý objekt po analýze vykazuje již ze začátku vysoké pnutí (červená barva) proto je zde neefektivní optimalizovat stříh.(Obr.č.56) Zamítnutí prvního vytvořeného objektu také bere ohled na problematiku při tvorbě stříhu a sítě mesh.



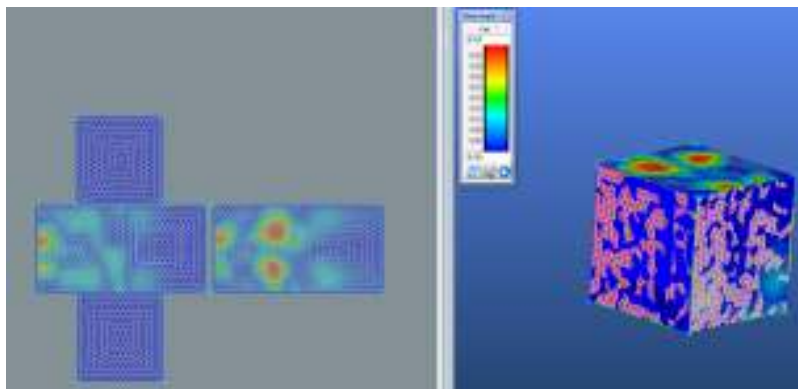
Obr.č. 56: Objekt 1 válec – Grain-Y - Strain (směr útku)

8.1.2. Objekt2 Krychle

Jako druhý testovaný objekt byla zvolena krychle vytvořena možností:

- **curve – other curves – cube.**

Velikost krychle zadána 150mm. Stříhová modelace byla vytvořena stejným postupem jako u objektu 1 válce. Funkcí **create region** s velikostí trojúhelníků pro síť mesh 30mm.(Obr.č.57)

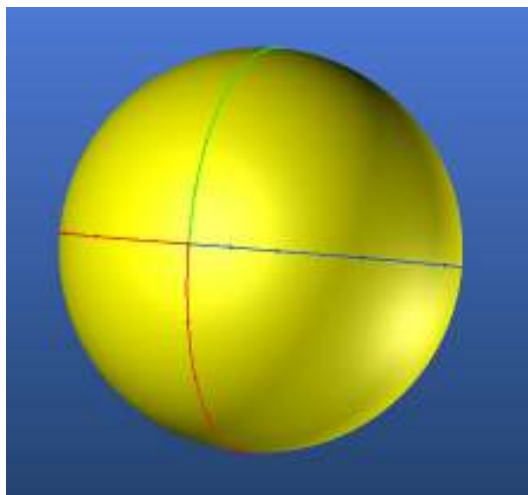


Obr.č. 57: Objekt 2 Krychle

Objekt krychle vykazuje výsledky vyhovující pro optimalizaci stříhu, ale chybí zde zaoblení. Jsou zde pouze hrany, což pro kompletní analýzu není zcela vhodné vzhledem k materiálu určenému pro spodní prádlo. Na obrázku 57 je zobrazena také stříhová konstrukce spolu s vykreslením tahového namáhání, kde jsou viditelná místa s vyšším procentem namáhání. Hodnotící škála je vytvořena tak, aby byla schopna vykreslení nejnižšího a nejvyššího možného stupně tažnosti z dostupných naměřených hodnot. To má za následek zbarvení stříhových šablon i přes minimální rozdíl hodnot.

8.1.3. Objekt 3 Koule

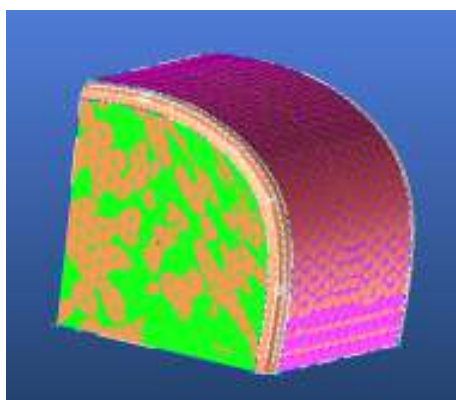
Objekt koule je složitý na tvorbu sítě mesh vzhledem k nepřesnému tvarování objektu a členicích liniích. Pro vytvarování je potřeba použít v síti mesh velikost trojúhelníků co nejmenší (1-10mm). V případě použití větší velikosti trojúhelníků (20mm) program upozorňuje na špatnou proporcionalní polohu trojúhelníků v síti, čímž vznikají problémy pro tvorbu 2D stříhu a jeho export. Malý rozměr sítě (10mm) však způsobuje zpomalení výpočtů programu, který následně přestane pracovat. Další nevýhodou pro potřebnou analýzu je například omezení z hlediska modelace stříhové konstrukce a také potíže při následném praktickém ověření, kdy je složité potáhnout celý objekt bez jakéhokoliv zapínání či jiné možnosti uzavření obalu.(Obr.č.58)



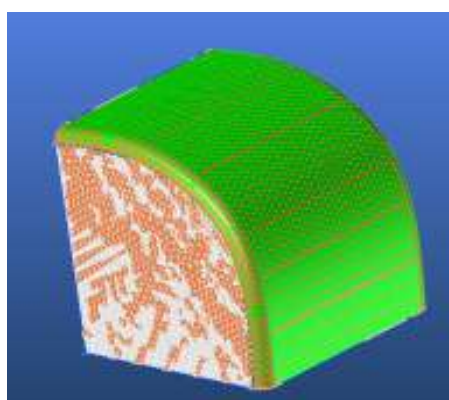
Obr.č. 58: Objekt 3 Koule

8.1.4. Objekt 4 filled

Objekt číslo 4 je kombinace předchozích použitých objektů, kdy byly využito veškeré potřebné tvarování důležité pro hodnocení pružného materiálu. Modelace objektu probíhá stejným způsobem jako u těch předešlých, kdy byla v tomto případě použita jako základ krychle. K dosažení požadovaného tvaru byla použita funkce **fillet**, dostupná v horním panelu možnosti **shape**. Při použití této funkce je možnost ořezu ostrých hran (obr.č.59) se zvolením vlastní vzdálenosti a velikosti. V tomto případě byla zvolena vzdálenost 300 mm.



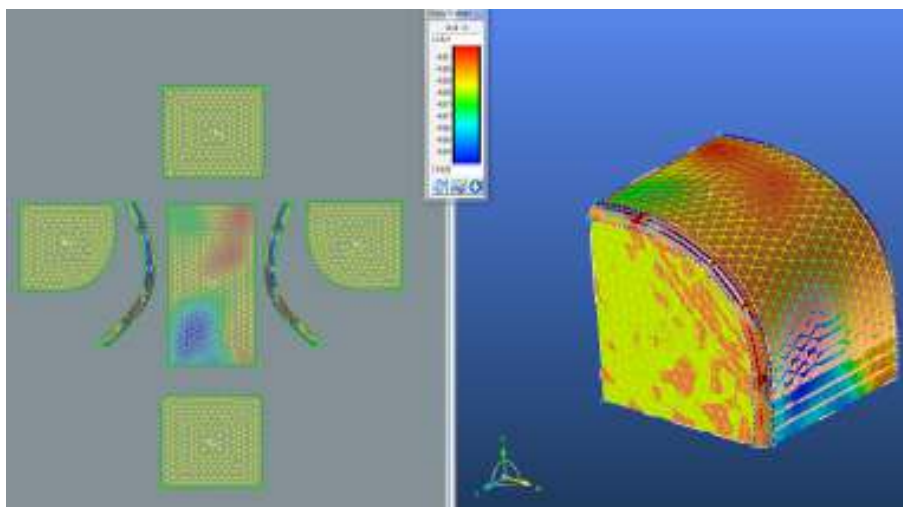
Obr.č. 59: Objekt 4 filled stříh 1



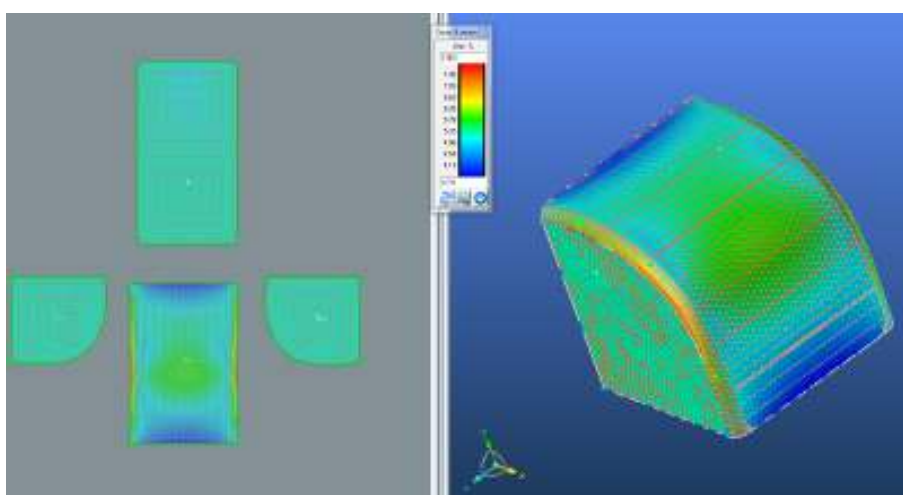
Obr.č. 60: Objekt 4 filled Stříh 2

Objekt 4 by tedy mohl být vhodný pro hodnocení vzhledem k jeho tvaru, kde jsou pro analýzu k dispozici jak oblé hrany, ostré hrany, tak i širší možnost tvorby modelace stříhových šablon a jejich následného exportu do 2D.

Opět je zde problém celkového potažení objektu, což komplikuje přesné prokázání optimalizace daného střihu. I přesto, že filled není hlavním objektem pro hodnocení možností softwaru DesignConcept3D a analýzu mechanických vlastností textilních materiálů, byl pro přesto pro zkoušku a zjištění nových možností a informací zanalyzován. Objekt 4 byl hodnocen z hlediska porovnání dvou střihových variací (střih 1 obrázek č.59 – je zde zvlášť vytvořený díl pro hranu objektu a střih 2 obrázek č. 60 – šev střihového dílu přesahuje hranu objektu) s ohledem na tažnost potahovaného textilního materiálu. Pomocí přemístování členících švů byla ovlivněna hodnocení a analýza tahových a tlakových vlastností.



Obr.č. 61: Objekt 4 filled Střih 1- analýza strain

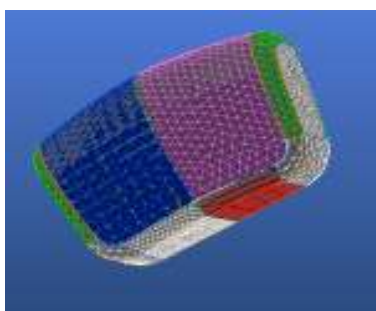


Obr.č. 62: Objekt 4 filled Střih 2- analýza strain

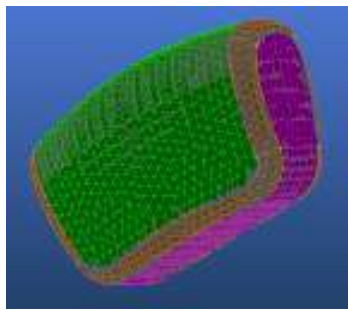
Po vyhodnocení naměřených výsledných hodnot mechanických vlastností textilie před optimalizací a po optimalizaci, bylo provedeno porovnání rozdílů mezi výsledným maximem a minimem tažnosti mezi oběma směry (Cross-X, Strain-Y a Bias 45°). Tímto porovnáním bylo dokázáno, že stříhová konstrukce má vliv na tahové a tlakové síly. Hodnocením optimalizace opěrky a jeho dvou stříhových variant pro materiál M1 bylo vyvozeno k závěru, že stříh 2 (Obr.č.62) vykazuje vyšší tažnost než stříh 1(Obr.č.61). To má za následek vyšší procentuální optimalizace stříhových konstrukcí a tedy také rozdíl mezi modelací. Rozdíly mezi stříhem 1 a stříhem 2 jsou větší plochy stříhových dílů u stříhu 2, čímž je docíleno k možnosti větší optimalizace a tím také zmenšení a napnutí. Stejně výsledky proběhly i pro materiál M2, u kterého však výsledky porovnání vykazují menší hodnoty než u materiálu M1, což je způsobeno vyšším modulem pružnosti u materiálu M1. Podrobné výsledky analýzy jsou odkázány do přílohy 1.

8.1.5. Objekt 5 Opěrka

Pátý objekt je použit vzhledem k jeho složitosti zaoblení a jedná se o vymodelovanou opěrku od autosedačky. Tvorba opěrky je poněkud složitější, jehož podrobný postup zpracování není předmětem této diplomové práce, proto zde není popsán. Pro podrobný postup zpracování objektu je odkázáno na práci studentky Evy Letkové a její diplomové práce : Konstrukční řešení autosedaček pomocí software DesignConcept 3D.



Obr.č. 64: Objekt 5 Opěrka- stříh 1



Obr.č. 63: Objekt 5 Opěrka- stříh 2

Poslední hodnocený objekt byl analyzován stejným způsobem jako objekt 4 filled, tedy s ohledem na stříhovou konstrukci obalu. Opět byly použity dvě různé modelace, kdy byl brán ohled na způsob členění a velikost šablon. Obrázek č. 63. znázorňuje opěrku s první stříhovou modelací (Stříh 1) a obrázek č.64. s druhou stříhovou modelací, dále popsanou jako stříh 2.

Hodnocení opěrky vykazuje stejné výsledky jako u objektu 4, kde střih 2 vykazuje vyšší možnost optimalizace než střih 1, a to jak pro materiál M1, tak i pro materiál M2. Rozdíl mezi střihem 1 a střihem 2 je opět modelace s menším počtem střihových dílů s větší plochou bez ohledu na ohyb materiálu přes oblé části či ostré hrany objektu. Výsledky hodnocení objektu 5 jsou k nahlédnutí v příloze 2.

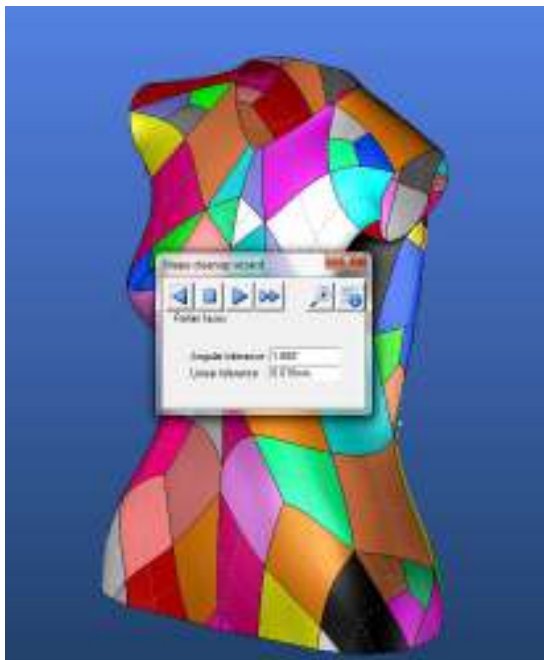
Poslední dva objekty (filled a opěrka), byly následně porovnány mezi sebou, kdy je možné vyhodnocení rozdílů a vlivu tvaru objektu a tvaru a velikosti střihových šablon. Z výsledků porovnání vyšlo najevo, že objektu 4, tedy filled, je umožněna větší optimalizace střihových šablon, jinak řečeno jejich zmenšení. Software klade velký důraz na celkové rozměry 2D šablon, u kterých procentuálně vyhodnotí optimalizaci s ohledem na jejich velikost a také umístění. Z uživatelského hlediska se jedná o velice praktickou výpomoc a ulehčení práce pro technologa, jelikož každý díl je potřeba optimalizovat individuálně dle tvaru, velikosti a umístění.

Bylo vytvořeno 5 objektů s odlišným tvarem a velikostí, které byly následně podrobeny potřebným zkouškám, nezbytným pro manipulaci s objektem a následující hodnocení mechanických vlastností použitých textilií. Zkouškou různých tvarů objektů a jejich hodnocením bylo potřeba zjistit, který z objektů vzhledem k jeho tvaru a schopnosti programu vytvořit vhodnou síť mesh tak, aby bylo jeho tvarování co nejpřesnější. Zároveň je nutné vzít ohled na možnosti modelace členění střihových šablon a jejich rozvinutí do formátu 2D. Hodnocením těchto 5 objektů byly vyzkoušeny základní funkce a možnosti softwaru DesignConcept3D. Dalším krokem bylo prozkoumat možnosti potahování objektů a analýzy mechanických vlastností DC3D ještě hlouběji a podrobněji.

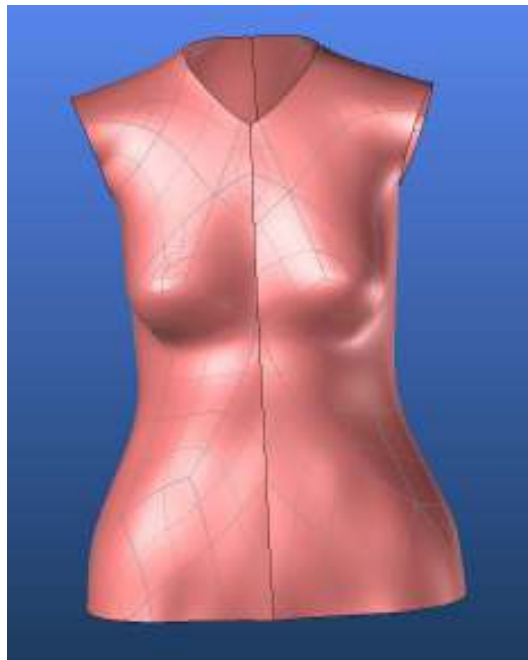
8.1.6. Výsledný objekt - dámské torzo

Po vytvoření a zhodnocení možností jednotlivých objektů, bylo vzhledem k vlastnostem a typu použitých textilií, které jsou určeny pro spodní prádlo, použito dámské torzo. Torzo bylo vytvořeno v diplomové práci studentky Marie Ženožičkové [31], kdy byla použita naskenovaná krejčovská figurýna, dostupná na katedře oděvnictví. Digitalizace figurýny byla vytvořena použitím laserového skeneru a následně převedena do programu Catia V5 a upravena. Vzhledem k použití programu Catia V5 bylo nutné importování torza z formátu .CATPart na formát .stp, který je vhodný pro otevření programem DC3D.

Importované torzo bylo následně zkontrolováno funkcí Cleaning Wizard (Obr.č.65), která vyhodnotí celistvost daného objektu a zobrazí nalezené otvory mezi jednotlivými prvky. Výsledný objekt zobrazen na obrázku č. 66.



Obr.č. 66: Dámské torzo- kontrola objektu



Obr.č. 65: Výsledný objekt- dámské torzo

8.1.6.1. Střihové modelace pro dámské torzo

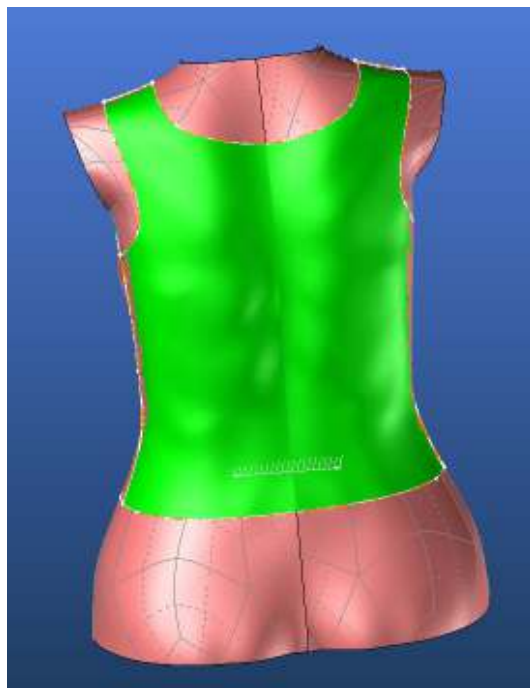
Pro hodnocení vztahu mezi objektem, jeho obalem a mechanickými vlastnostmi použitých textilií byly vytvořeny tři odlišné modely dámského topu. Konstrukce jednotlivých střihů jsou vymodelovány s ohledem na praktické využití daného modelu a možnost porovnání vlivu jednotlivých dílů na jejich optimalizaci. Nutností je zkonstruovat jednotlivé modely tak, aby bylo hodnocení a jejich porovnání co nejefektivnější.

8.1.6.1.1. Střih 1

První model (obrázek č.67 a 68) je vytvořen základní stříhovou konstrukcí, tedy top bez rukávů složen z předního a zadního dílu spojených bočním švem. Přední díl topu má prohloubený vymodelovaný průkrčník a jeho celková délka je 45 cm. Model znázorňuje nejčastěji používané klasické dámské tílko, které je využíváno nejen na běžné nošení, ale také právě jako spodní prádlo či prádlo noční.



Obr.č. 67: Střih 1 přední díl (PD)



Obr.č. 68: Střih 1 zadní díl (ZD)

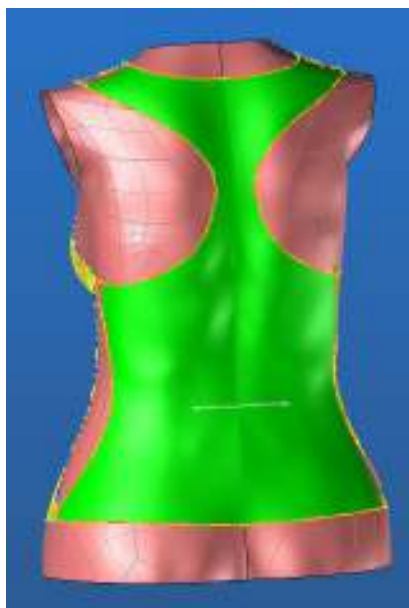
8.1.6.1.2. Střih 2

Další velmi časté využití dámského topu je při sportu, kde je kladen velký důraz na jeho střih a elasticitu. Při fyzické zátěži je důležité, aby byly oděvy optimálně přiléhavé a měli tak možnost sát pot, a proto je tedy vhodným modelem pro hodnocení a porovnání programem DC3D.

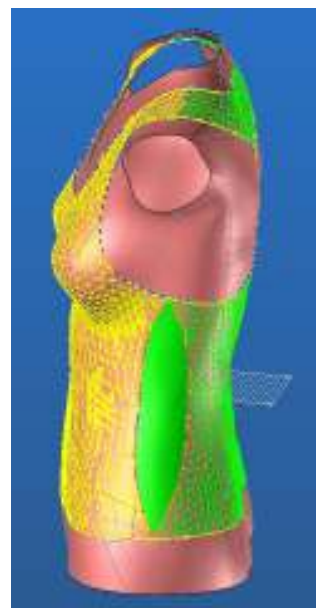
Přední díl je střižen v celku s kulatě tvarovaným prohloubeným průkrčníkem (obrázek č.69). Na zadním díle je hluboké vykrojení lemující lopatky, které je spojeno se zvětšeným a protáhlým průramkem předního dílu (obrázek č.70). Přední a zadní díl jsou spojeny symetrickými tvarovanými klíny umístěnými na boční linii, znázorněny na obrázku č. 71. Délka topu je 55 cm.



Obr.č. 69: Střih 2 přední díl (PD)



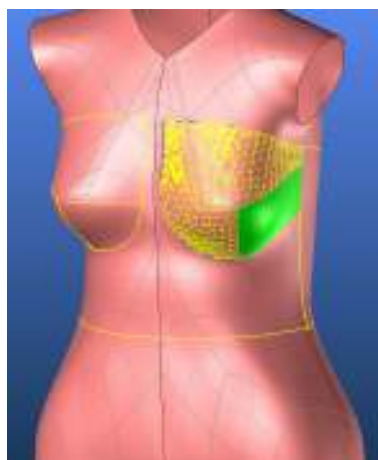
Obr.č. 70: Střih 2 zadní díl (ZD)



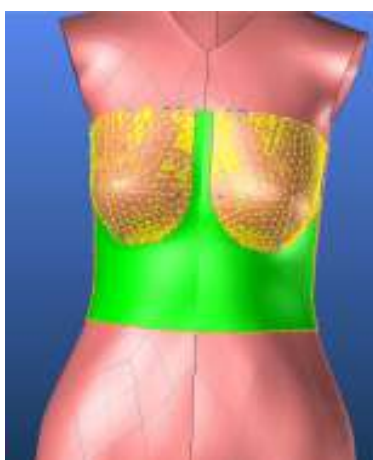
Obr.č. 71: Střih 2 boční díl (BD)

8.1.6.1.3. Střih 3

Střih třetí je korzetového typu, kde jsou na předním díle vymodelovány prsní košíčky (Obr.č.72), spojeny symetrickým sedlem končícím v pasové linii. (Obr.č.73) Přední díl je ve vrchní části tvarován a zvýšen. Zadní díl má podélné členící švy. (Obr.č.74) délka předního dílu korzetu je 25 cm a zadního dílu 20 cm.



Obr.č. 72: Střih 3 tvarování prsního košíčku



Obr.č. 73: Střih 3 tvarované sedlo



Obr.č. 74: Střih 3 členění zadního dílu

8.2. Analýza proveditelnosti

Diplomová práce se zabývá hodnocení vlastností a úpravy dílů zvoleného objektu, přičemž byly porovnány nejen jednotlivé materiály mezi sebou, ale také tři druhy stříhových konstrukcí. Pomocí změny velikosti a přemístování členících švů byla ovlivněna hodnocení a analýza tahových a tlakových vlastností. Vzhledem k široké škále dostupných vlastností pro analýzu textilie, jsou v hlavní části diplomové práce zobrazeny pouze nejdůležitější data a obrázky, ukazující optimalizaci hodnocených stříhů a materiálů. Na všechna ostatní data a obrázky je odkázáno do příloh, katalogu, nebo CD. V dostupném katalogu je k dispozici obrazová dokumentace hodnocení mechanických vlastností pro tažnost (Strain) pro jednotlivé stříhy a díly. Dále se v katalogu nachází postup optimalizace, její výsledky a tabulky s porovnáním všech naměřených hodnot. Obrazová dokumentace pro zbylé mechanické vlastnosti, postupy tvorby objektů a jejich hodnocení jsou umístěny v příloženém CD.

8.2.1. Hodnocení Stříhu 1

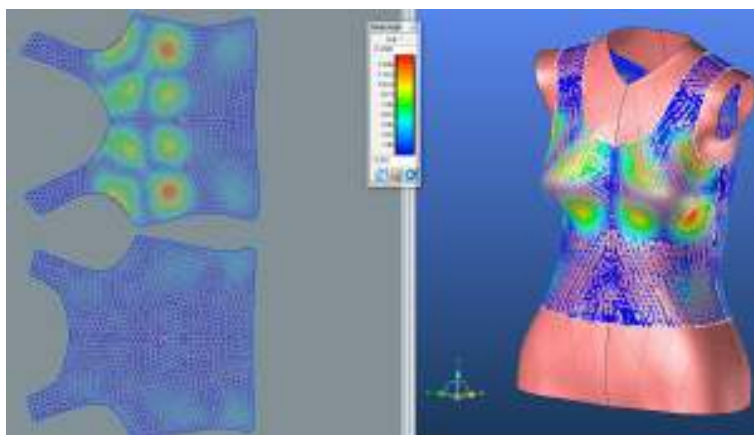
8.2.1.1. Hodnocení Stříhu 1- varianta 1

Variantou první je hodnocení základního stříhu provedlo použitím všech dostupných možností pro optimalizaci. Při tvorbě sítě zde byla použita základní (přednastavená) velikost trojúhelníků sítě mesh 10mm. Jelikož je diplomová práce zaměřena převážně na mechanické vlastnosti, konkrétně tažnost v osnově a útku, jsou zde zobrazeny pouze hodnoty a výsledky pro vyhodnocení Strain (tažnost) pro osnovu (Cross-X) a útek (Grain-Y). Hodnoty ostatních vyhodnocených vlastností jsou nakopírovány volbou PrintScreen a vloženy do příloženého CD. Zároveň jsou veškerá naměřená data zpracována do tabulek pro porovnání hodnot původních s hodnotami po optimalizaci. Hodnoceny jsou zároveň oba textilní materiály tedy M1 a M2, popsány v odstavci 7.3.1.2.1.

8.2.1.1.1 Hodnocení základních vlastností jednotlivých materiálů

➤ **Shear angle:**

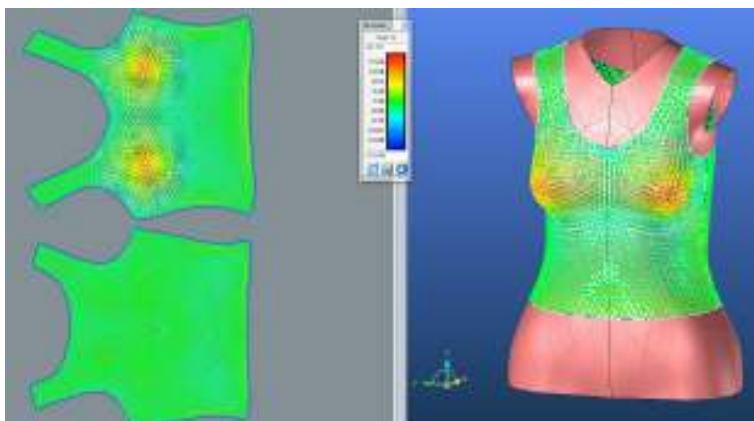
Možností shear angle je vyhodnocena smyková zóna a kontrolována kompatibilita stříhu vzhledem k předem nastavenému materiálu. [°]



Obr.č. 75: Střih 1 Shear angle

➤ **3D strain**

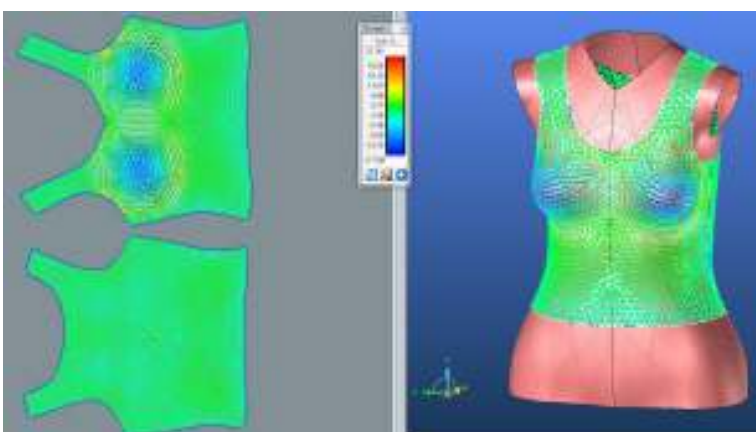
Možnost určující vazební poruchy mezi trojúhelníky sítě Mesh ve 3D. Toto vyhodnocení je vytvářeno v případě, že na 2D stříhy nepůsobí žádné deformační vlivy, zobrazující se jako napnuté či kompresní zóny. [%]



Obr.č. 76: Střih 1 3D strain

➤ **2D Strain**

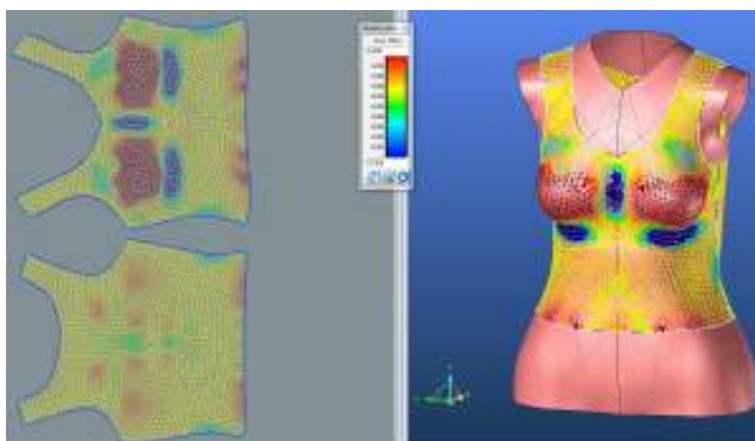
Možnost vyhledávající narušené vazby mezi trojúhelníky sítě Mesh ve 2D zobrazení v případě, že na 3D stříhy nepůsobí žádné deformační vlivy, které jsou zobrazeny jako napnuté kompresní zóny.



Obr.č. 77: Střih 1 2D strain

➤ Global Pressure

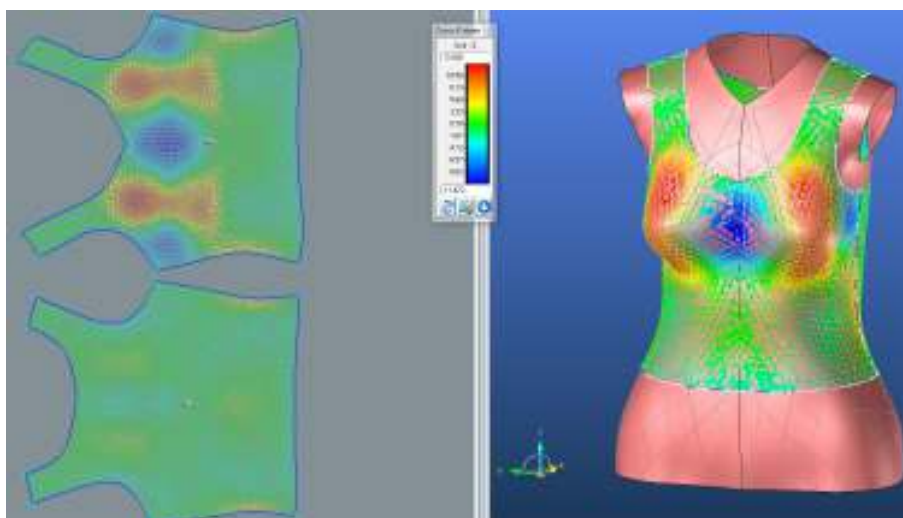
Možnost analyzující celkové tlakové rozložení, které je vyvíjeno stříhem na 3D objekt vzhledem k mechanickým vlastnostem dané textilie.



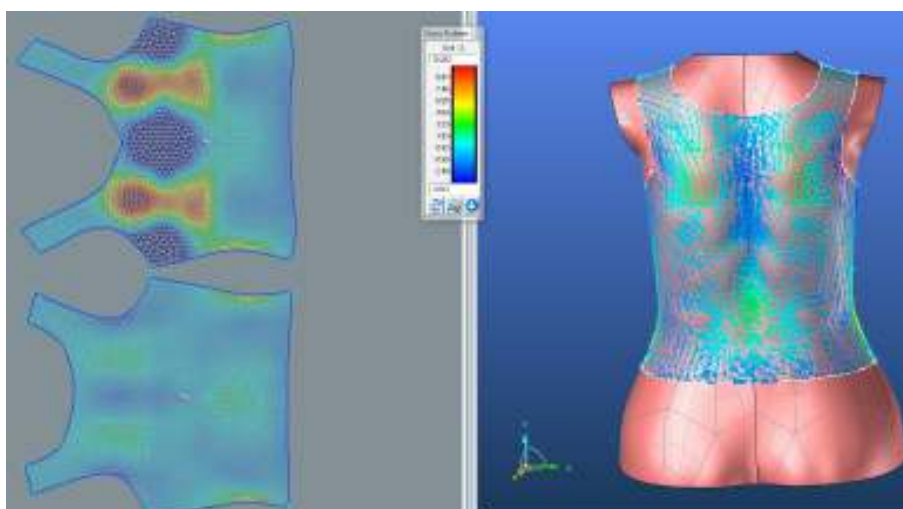
Obr.č. 78: Střih 1 Global pressure

Těmito možnostmi jsou hodnoceny mechanické vlastnosti bez ohledu na směr osnovy či útku. Na dostupných obrázcích zobrazujících analýzu mechanických vlastností, je zobrazen souřadnicový systém (x,y,z), podle kterého lze snadno určit hodnocený směr. Jak bylo popsáno v kapitole 7.3.1.2. souřadnicový systém x je pro vyhodnocení po směru osnovy (vodorovná linie) a y pro směr útku (svislá linie).

➤ Cross-X – Strain M1



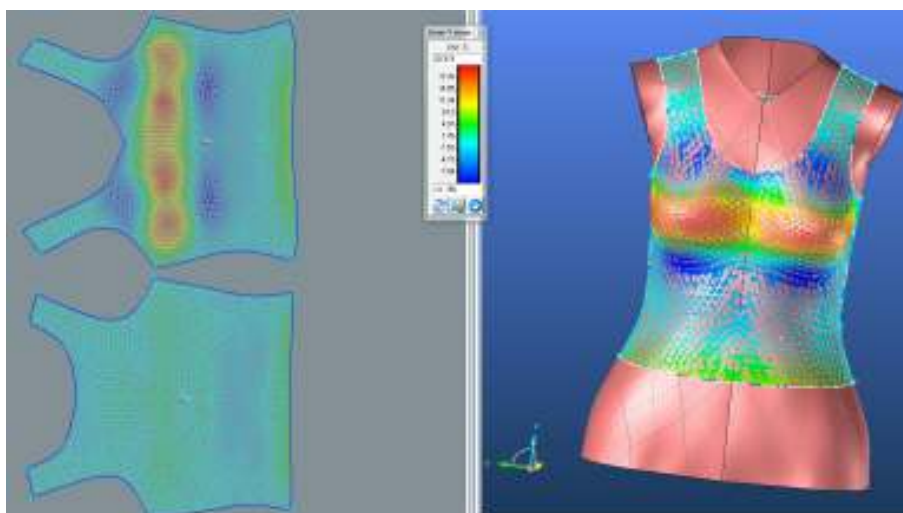
Obr.č. 79: Střih 1 Cross-X strain PD M1



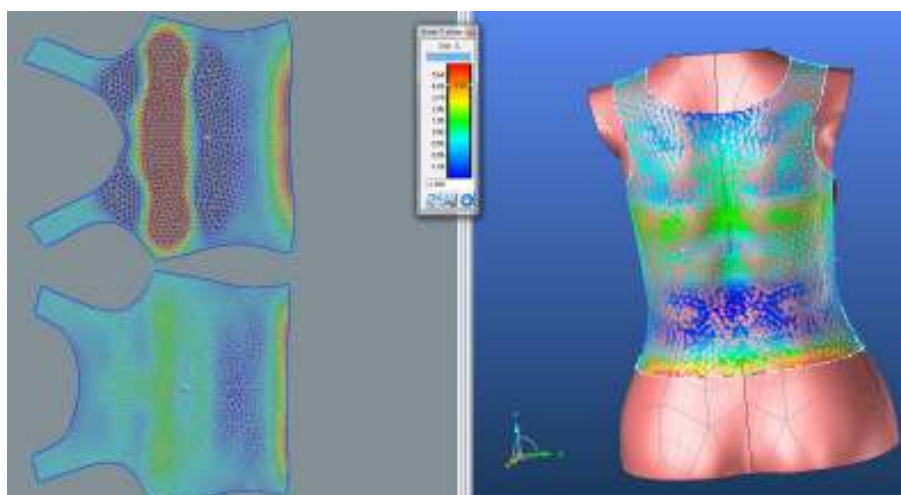
Obr.č. 80: Střih 1 Cross-X strain ZD M1

Na obrázku č.79. a 80. je znázorněna analýza modulu tažnosti ve směru osnovy (Cross-X) pro materiál M1 předního a zadního dílu. I přesto, že neproběhla žádná úprava stříhové konstrukce, program vyhodnotil na předním díle značný tah v prsní oblasti, což je také zobrazeno na vyhodnocovací škále. Porovná-li se vyhodnocovací škála pro přední díl a zadní díl je zřejmé, že zadní díl není namáhán tak, jako díl přední.

➤ **Grain-Y – Strain M1**



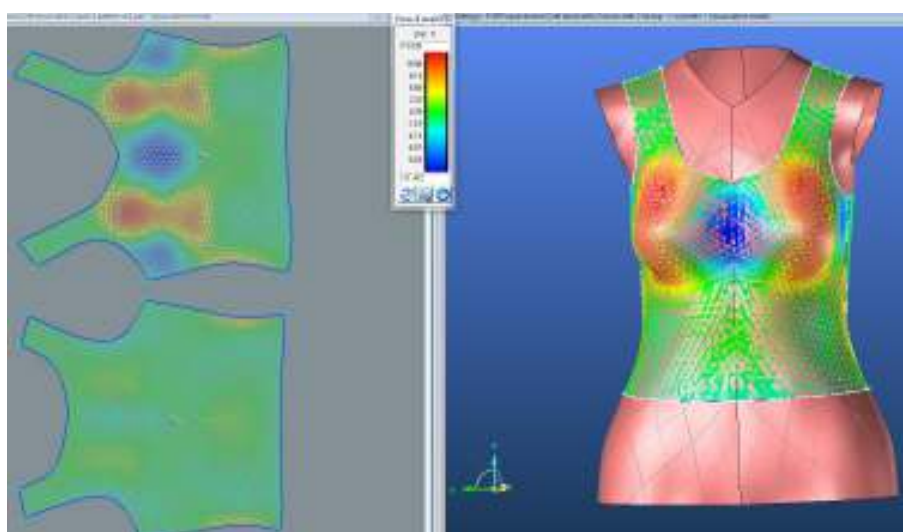
Obr.č. 81: Střih 1 Grain-Y strain PD M1



Obr.č. 82: Střih 1 Grain-Y strain ZD M1

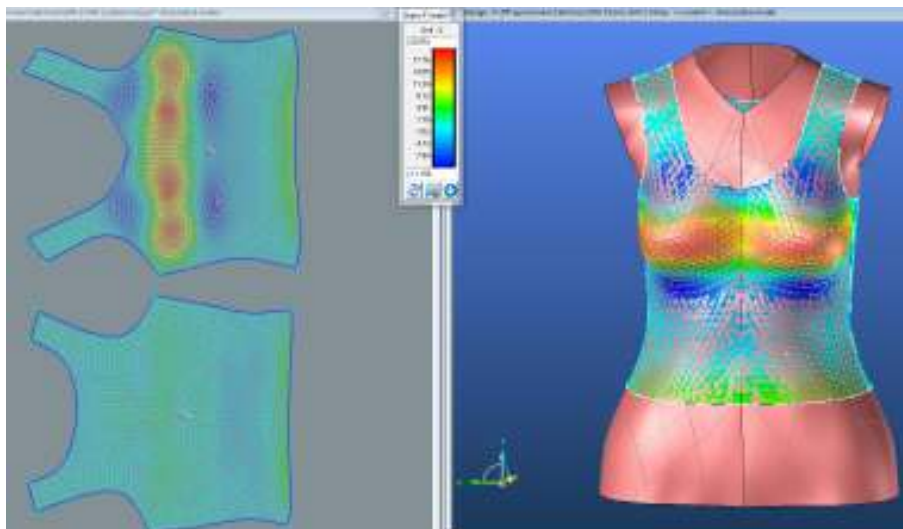
Pro správnou optimalizaci a vyrovnání modulu tažnosti obou stříhových dílů je nutné zadání vyššího procenta zmenšení zadního dílu. V případě hodnocení tažnosti ve směru útku (Grain-Y, obr.č.82.,83.) je opět tažnost předního dílu vyšší. Při měření mechanických vlastností textilií přístrojem KES FB1 vyšel vyšší modul pružnosti pro materiál M1 ve směru útku, proto budou procentuální hodnoty pro zmenšení a optimalizaci dílů ve směru útku vyšší, než ve směru osnovy. Stejným způsobem a s podobnými hodnotami vyšlo hodnocení pro materiál M2.(Obr.83.,84. a 85.)

➤ **Cross-X – Strain M2**

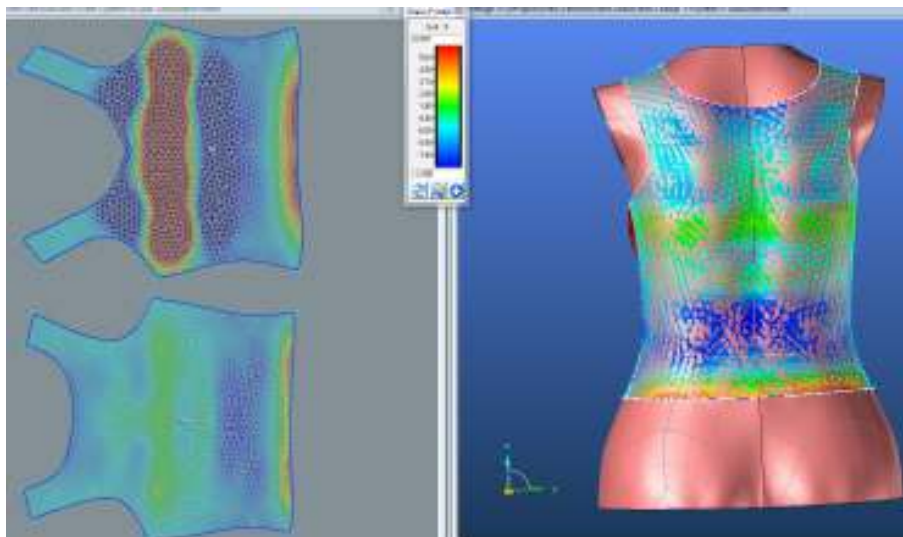


Obr.č. 83: Střih 1 Cross-X strain PD M2

➤ Grain-Y – Strain M2



Obr.č. 84: Střih 1 Grain-Y strain PD M2



Obr.č. 85: Střih 1 Grain-Y strain ZD M2

8.2.1.1.2. Optimalizace stříhových dílů

Po provedení analýzy a vyhodnocení naměřených dat vzhledem k textilnímu materiálu a stříhové, byly prozkoumány možnosti pro úpravu stříhu. Z obrázků je zřejmé, že textilie není kromě prsní linie nijak namáhaná. Proto je vzhledem k faktu, že se jedná o elastický materiál, možné stříhy zmenšit. Procentuální hodnoty, které jsou následně odečteny z původních rozměrů stříhové konstrukce 3D objektu, jsou zjištěny dle barevné vyhodnocovací stupnice.

Touto stupnicí je zobrazována maximální a minimální procentuální hodnota namáhání textilie, kde oblast zelená zaznamenává střed, tedy průměrnou hodnotu umožňující natažení textilie. V tomto případě vzhledem k experimentu a průzkumu možností programu a praktickému vyhodnocení výsledných stříhů, byly hodnoty upraveny s ohledem na vyšší pružnost. Výsledná hodnota je výsledkem odečtení hodnoty ze zelené až oranžové části stupnice od nejvyšší možné hodnoty.

V příkazovém řádku **2D pattern** je k dispozici možnost **Stretch pattern**. Tato ikona umožňuje vybrat každý stříhový díl zvlášť a zobrazí tabulku, do které jsou následně zapsány požadované hodnoty. Hodnoty je možno zadat pro obě strany tedy pro Cross-X (osnovu) a Grain-Y (útek). Vzhledem k tomu, že je potřeba stříh zmenšit, musí se hodnoty zapsat jako záporné, aby se odečetly. Po aplikaci záporných hodnot se jsou díly systémem zmenšeny s ohledem na jejich tvar.

Hodnoty zadávané do DC3D pro úpravu stříhových dílů:

Stříh 1

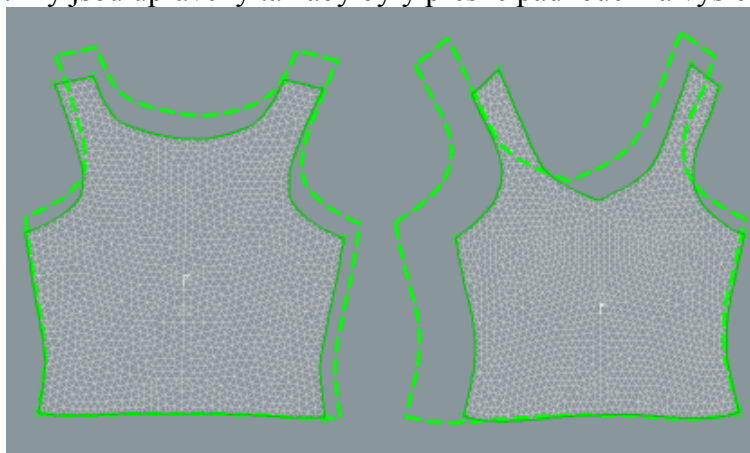
Název objektu Stříh 1	PD M1	ZD	PD M2	ZD
Cross-X %	-8.500	-8.000	-8.500	-8.000
Grain-Y %	-17.500	-5.000	-15.000	-5.000

Tabulka 5: Hodnoty pro úpravu stříhu 1 varianty 1

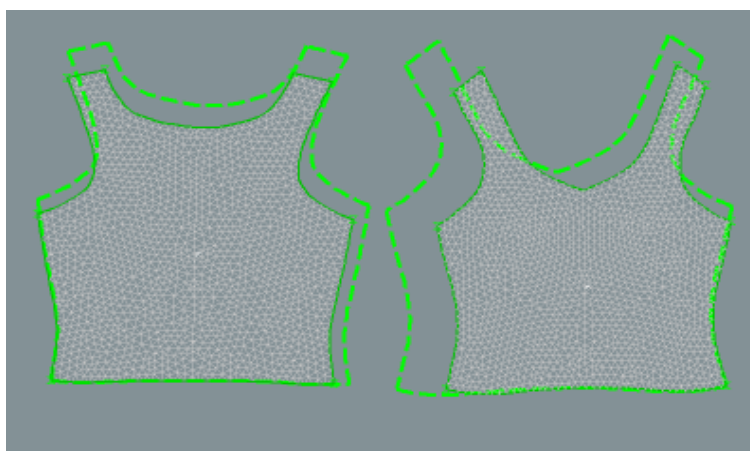
Zadané hodnoty pro optimalizaci dokazují odlišnost použitých textilních materiálů. U materiálu M1 byla systémem KES vyhodnocen vyšší modul pružnosti ve směru útku, z čehož vyplývá, že pro útkový směr (Grain-Y) jsou hodnoty pro optimalizaci vyšší než pro směr osnovy. Tabulka 5 ukazuje, případě materiálu M1 nejvyšší hodnotu pro optimalizaci pro přední díl útkového směru. S ohledem na tvarování dámského torza, má prsní linie největší vliv na vyhodnocené mechanické vlastnosti, zvláště pak na tah. Možné odůvodnění takto vysoké hodnoty pro PD -17.500 %, je snaha systému vytvořit průměr celkového analyzovaného prostoru. To znamená, že vysoký modul tažnosti v prsní linii celkově zvedl průměr vyhodnocení celého předního dílu, čímž je vyšší než dílu zadního.

8.2.1.1.3. Výsledný střih

Na obrázku č.86. je znázorněna linie původní velikosti střihu (zelená) pro materiál M1, spolu s upravenou velikostí, ze kterého je zřejmé, že program DesignConcept 3D umožňuje úpravu střihů s ohledem na jeho tvar. Vzhledem k tomu, že dokáže rozeznat nejen mechanické vlastnosti, ale i tvar, výsledné střihy jsou upraveny tak aby byly přesně padnoucí na výsledný objekt.



Obr.č. 86: Optimalizace střihu 1 pro materiál M1



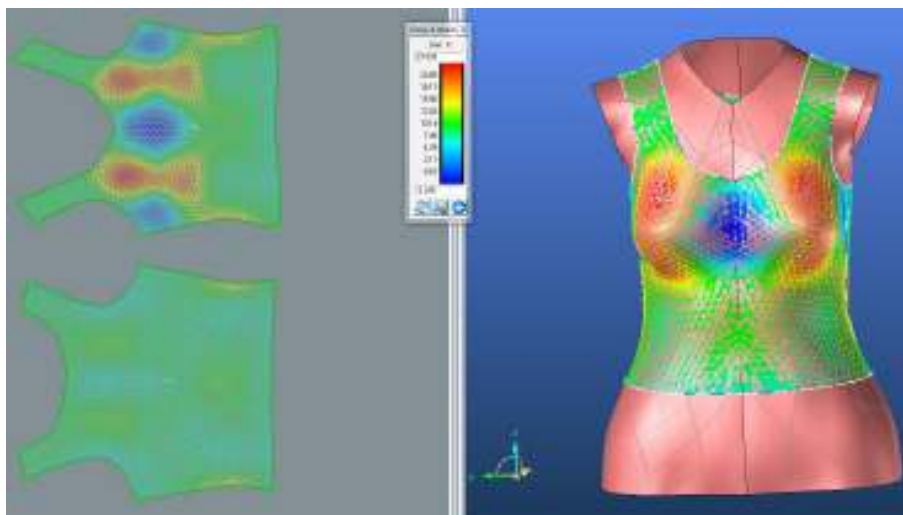
Obr.č. 87: Optimalizace střihu 1 pro materiál M2

Obrázek č.87 Znárodnuje optimalizaci střihu při hodnocení mechanických vlastností materiálu M2, kde je v porovnání s materiálem M1 na obrázku č.86. Není viditelná změna zmenšení střihových šablon. V případě materiálu M1 je vygenerována a určena hodnota pro zmenšení předního dílu ve směru útku, která se jako jediná liší od hodnot určených pro optimalizaci materiálu M2. Program DC3D rozpoznal vyšší modul pružnosti u materiálu M1, a proto jsou procentuální hodnoty pro optimalizaci vyšší.

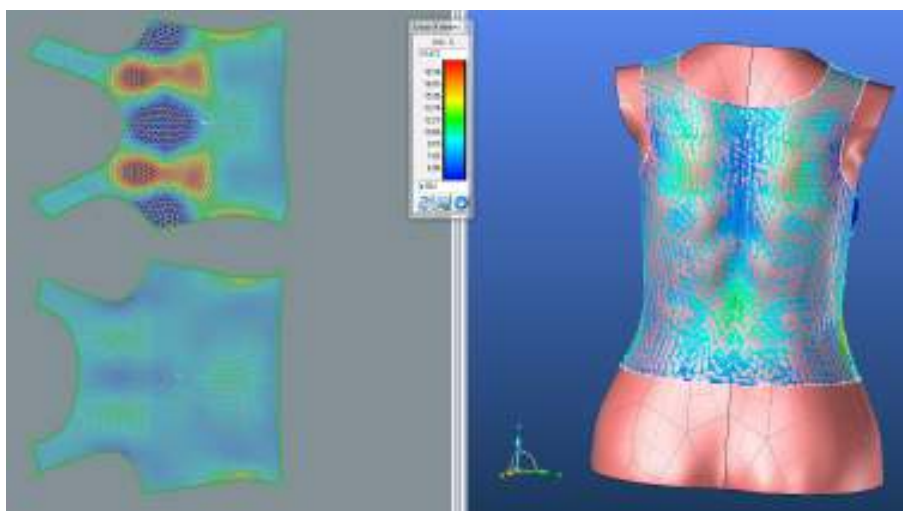
8.2.1.1.4. Analýza upravených střihů

Po úpravě střihových dílů, tedy jejich optimalizaci, byla opět provedena analýza hodnocení padnutí materiálu na vytvořený objekt. Optimalizací střihu odečtením hodnoty pnutí pro dosažení co nejlepšího padnutí je materiál více napnut na objekt, který znázorňuje obrázek č.88. a 89. Analýza napětí v osnově (Cross-X) a útku (Grain-Y) vykazuje vyšší hodnoty, a tím je objekt přizpůsoben zeleným a oranžovým barvám. Z vyhodnocených obrazů lze vyvodit, že je na největší zaoblení objektu kladen největší tlak potahované textilie, a tudíž je zde zobrazen přechod od minimálního namáhání až po kritický červený bod.

➤ **Cross-X – Strain M1**

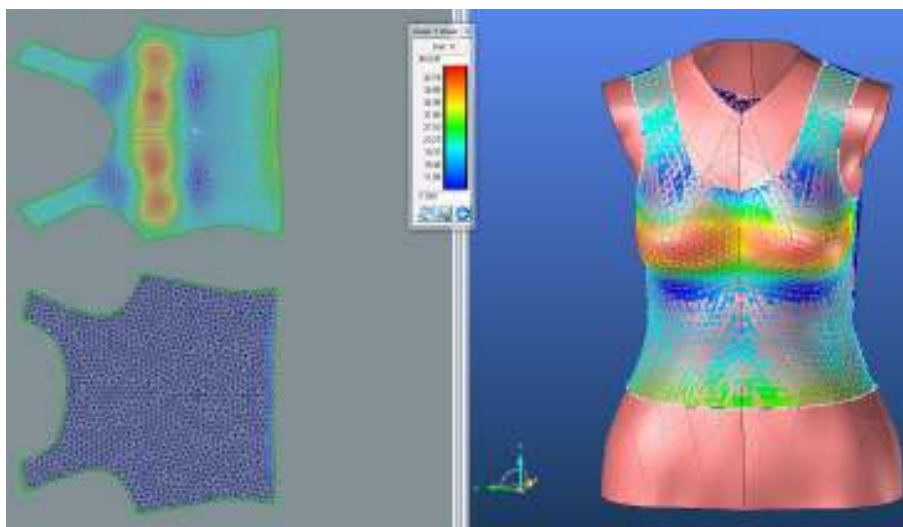


Obr.č. 88: Střih 1 Cross-X strain PD po optimalizaci M1

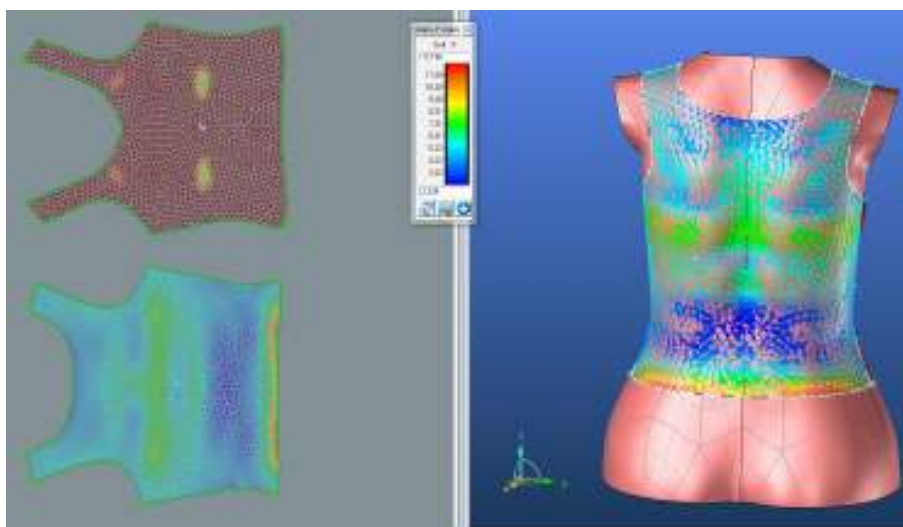


Obr.č. 89: Střih 1 Cross-X strain ZD po optimalizaci M1

➤ Grain-Y strain M1

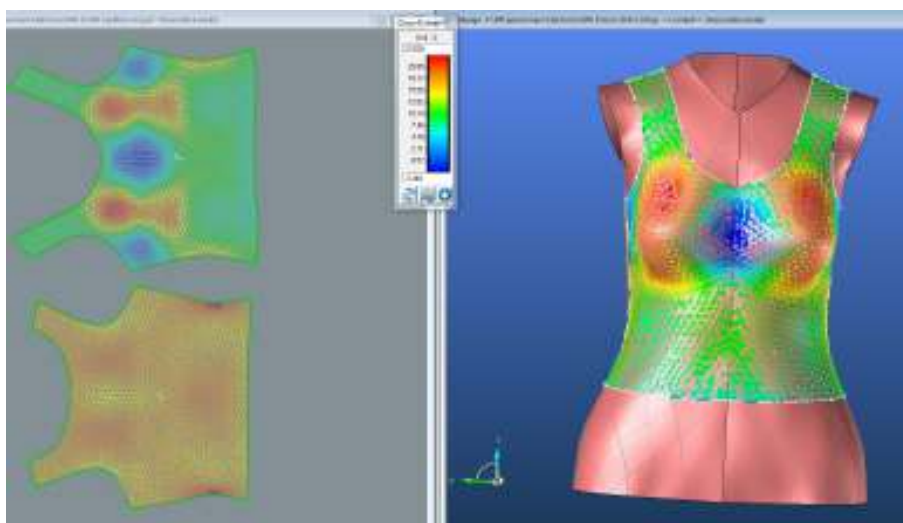


Obr.č. 90: Střih 1 Grain-Y strain PD po optimalizaci M1

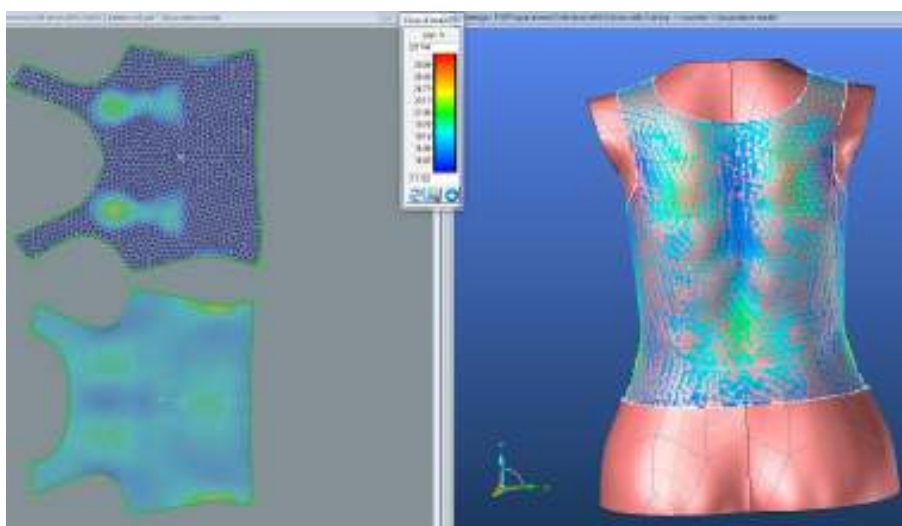


Obr.č. 91: Střih 1 Grain-Y strain ZD po optimalizaci M1

➤ Cross-X – Strain M2



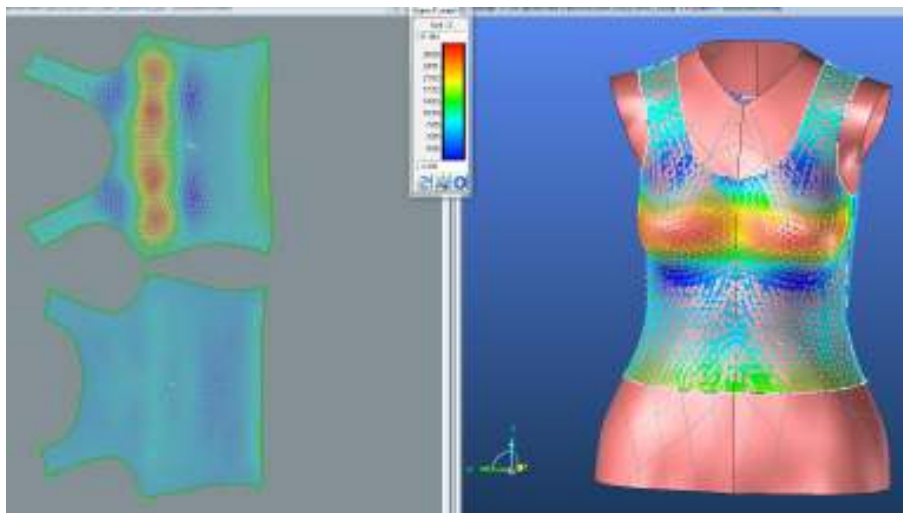
Obr.č. 92: Střih 1 Cross-X strain PD po optimalizaci M2



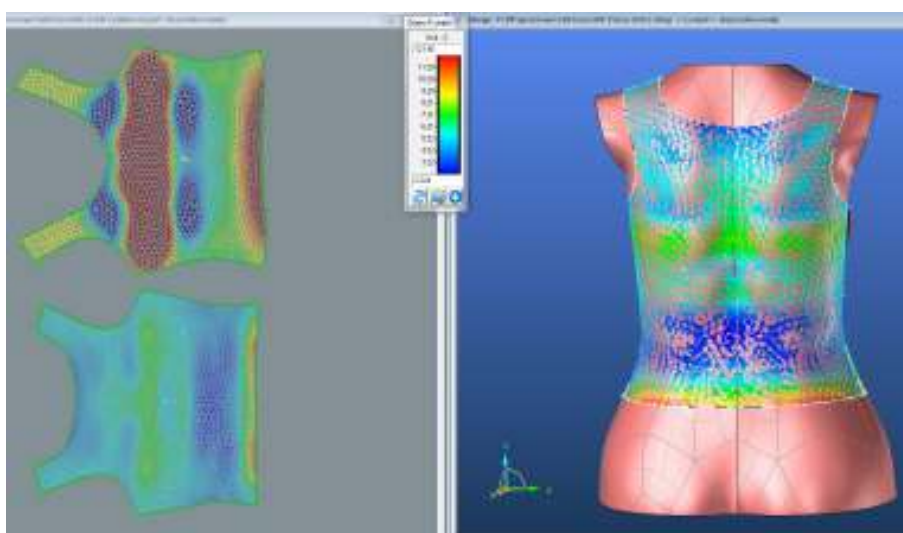
Obr.č. 93: Střih 1 Cross-X strain ZD po optimalizaci M2

Porovnáním dostupných naměřených hodnot před a po optimalizaci (přehledněji v katalogu materiál M1- 1.1.4., materiál M2- 1.2.5.), je dokázána efektivita zmenšení stříhových dílů programem DC3D. Procentuální zmenšení stříhových dílů zajistilo zvýšení tahové síly, zobrazené vyhodnocovací škálou. Co se týče barevného zobrazení rozdílu před a po zmenšení stříhových dílů, není zde viditelná radikální změna. To je zapříčiněno automatickému přizpůsobení barevné stupnice dostupným hodnotám, které jsou rovnoměrně rozloženy ve vyhodnocovací škále od modré linie po červenou.

➤ Grain-Y strain M2



Obr.č. 94: Střih 1 Grain-Y strain PD po optimalizaci M2



Obr.č. 95: Střih 1 Grain-Y strain ZD po optimalizaci M2

Vyhodnocení finální optimalizace Střihu 1 pro materiál M1 a M2 prokazuje vyhodnocovací škálou značné zvýšení tažnosti ve směru osnovy i útku. Co se týče vizuálního zobrazení analyzovaného dámského topu, přední díl je vykreslen stejně před i po úpravě. Na zadním díle je zaznamenán rozdíl vykreslení tahových linií změnou z modré barvy na zelenou, avšak zcela nepatrně. Co se týče naměřených hodnot, po optimalizaci hodnoty klesly až do mínusové hranice.

V diplomové práci je hodnocen vztah mezi objektem, obalem a jeho vlastnostmi, kde bylo jako objekt zvoleno dámské torzo a obal dámský tom se třemi druhy stříhové modelace. Vzhledem k širokým možnostem analýzy mechanických vlastností dané textilie při daném stříhu bylo na každém z modelů jako první provedena analýza hodnocení s použitím velikosti sítě mesh o velikosti trojúhelníku 10mm. Díky stejné analýze u všech modelů může být hodnocen rozdíl a vliv stříhové konstrukce modelů na mechanické vlastnosti dané textilie. Dále pak, pro podrobnější průzkum možnosti softwaru, byly jednotlivé modely a jejich stříhy hodnoceny různými formami bez ohledu na výsledné porovnání s ostatními.

8.2.1.1.5 Tvorba stříhů a import do programu AutoCAD

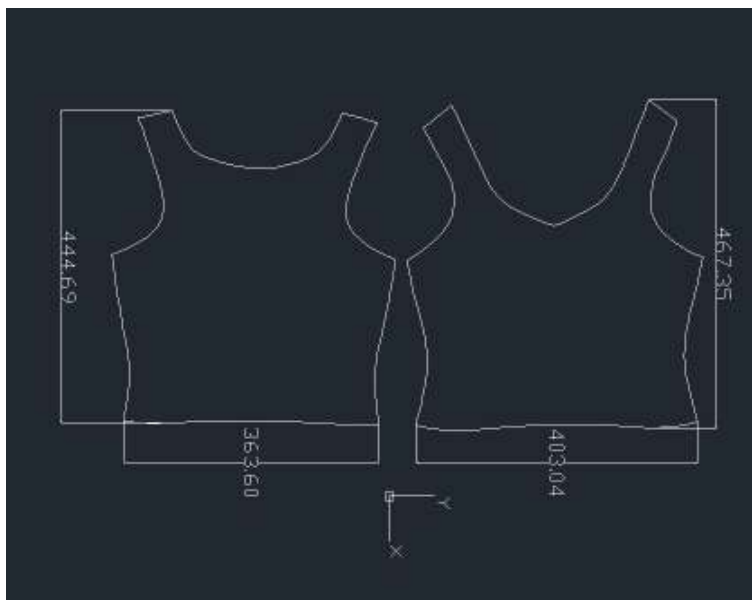
Ověření efektivity optimalizace a porovnání jednotlivých stříhových variant mezi sebou bylo prováděno v souboru 2D Product. Po otevření souboru byly stříhové díly exportovány ze souboru 2D Pattern pomocí možnosti **Design Parts**, kde je zadána funkce **Create seamline parts**. Po zvolení funkce je nutné označit každý stříhový díl zvlášť a v příkazovém řádku vybrat **Create Parts**. Možnost Create Parts převede vybrané díly do otevřeného okna souboru 2D product.

Výsledkem varianty 1 je nejen vyhodnocení optimalizace dle jednotlivých materiálů a stříhů, ale také zjištění chování a rozdílů mezi textilními materiály (M1,M2) a jejich vzájemné porovnání. Na obrázku č 96. je zobrazeno porovnání optimalizace u materiálu M1 (černá) a materiálu M2 (šedá). Poměřením výsledných stříhových dílů pro oba materiály je dokázáno, že hodnocení variantou 1 není radikálně ovlivněno rozdílnými vlastnostmi textilních materiálů. Je zde viditelný pouze rozdíl většího předního dílu pro materiál M1.

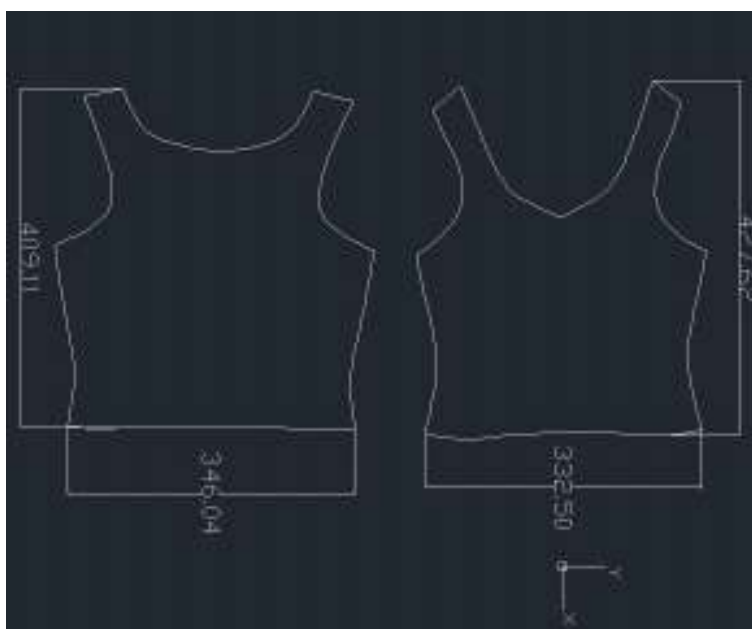


Obr.č. 96: Porovnání optimalizovaných stříhů pro M1(černá) a M2 (šedá)

Výsledný střih byl volbou **Uložit jako** převeden do formátu dxf. pro další postup. Dalším z použitých programů je AutoCAD, který umožňuje kontrolu referenčních linií a optimalizaci délky švů. Střihy byly v programu okótovány a změřeny pro vyhodnocení výsledků z hlediska velikosti šablon. (Obr.č.97 – původní střih, 98 – materiál M1, 99 – materiál M2)



Obr.č. 97: Střihové šablony pro původní střih, AutoCAD



Obr.č. 98: Střihové šablony pro M1 AutoCAD



Obr.č. 99: Střihové šablony pro M2AutoCAD

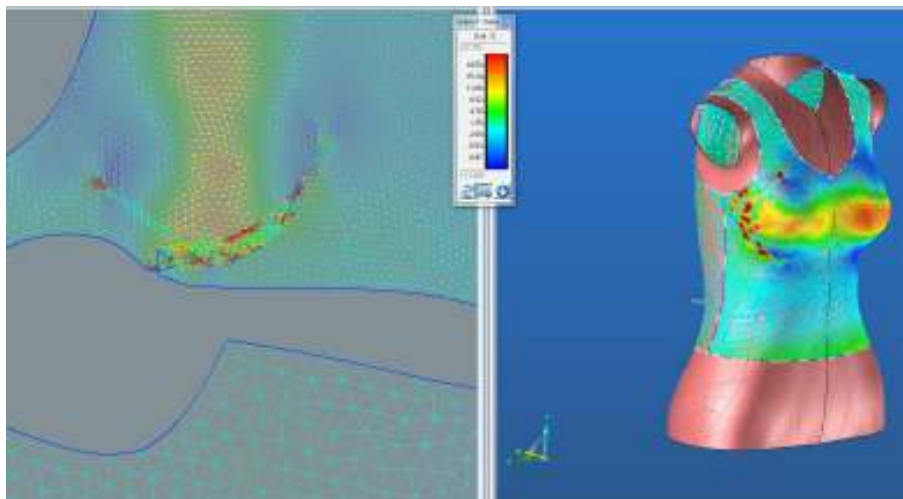
Díl / materiál	Původní	Varianta 1 M1	Varianta 1 M2
PD výška/ šířka (cm)	46,7 / 40,3	42,7 / 33,2	42,7 / 34,1
ZD výška/ šířka (cm)	44,4 / 36,3	40,9 / 34,6	40,9 / 34,6

Tabulka 6: Rozdíly naměřených rozměrů pro střih 1 varianta 1

V tabulce 6 jsou vypsané naměřené rozměry původní velikosti střihových dílů a rozměry střihových dílů po optimalizaci pro materiál M+ a M2. Porovnáním rozměrů pro M1 a M2, není viditelný zásadní rozdíl vlivu vlastností textilních materiálů na optimalizaci.

8.2.1.2. Hodnocení střihu 1- varianta 2

Druhou možností analýzy střihu 1 bylo použití velikosti trojúhelníků pro síť mesh 5 mm. V případě použití jemnější a podrobnější sítě pro tvarování střihové modelace by se mohlo jednat o kvalitnější analýzu. Při jakémkoliv použití této však přichází problémy, vzhledem k obrovskému zatížení softwaru, který se následně zasekává či vypadáva. V tomto případě došlo ke změně a deformaci střihové konstrukce předního dílu jak je znázorněno na obrázku č.100.



Obr.č. 100: Střih 1 varianta 2-deformace

Deformace v prsní části předního dílu značně ovlivnilo mechanické vlastnosti a jejich hodnocení, dále pak celý střih, proto nebyla analýza dokončena.

8.2.1.3. Hodnocení střihu 1- varianta 3

Třetí varianta hodnocení Střihu 1 je použita síť mesh s trojúhelníky o velikosti 30 mm, kdy sice neproběhla žádná změna či deformace střihu, ale došlo zde k zasekávání a výpadku celého softwaru. Z tohoto důvodu nebylo možné analýzu dokončit.

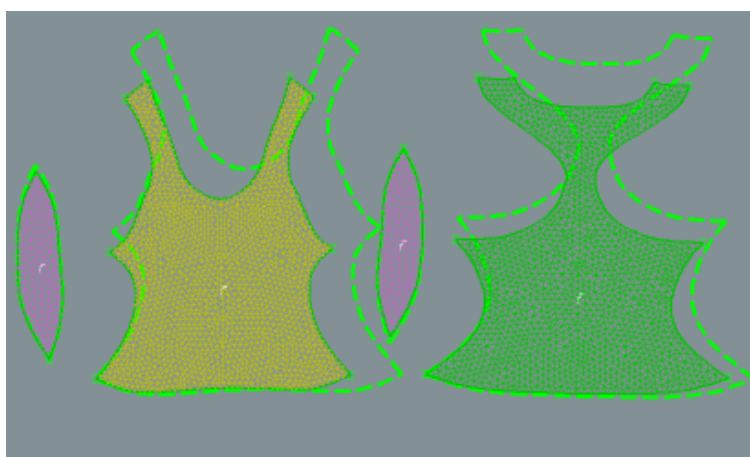
8.2.2. Hodnocení Střihu 2

Druhá střihová konstrukce byla vytvořena s ohledem na využití dámského topu při sportovní aktivitě, kdy je důležité aby byl oděv co nejpohodlnější a zároveň komfortní s ohledem na mechanické vlastnosti daného materiálu.

8.2.2.1. Hodnocení Střihu 2 - varianta 1

Střih 2 byl hodnocen stejným způsobem jako střih 1- varianta 1, tedy optimalizace pro Cross-X a Grain-Y při použití sítě o velikosti trojúhelníků 10mm, avšak v tomto případě došlo ke komplikacím v průběhu optimalizace šablon. Vzhledem k tomu, že je střihová konstrukce modelu optimalizována jak po osnově, tak i po útku, byl model deformován. (Obrázek č.101) Podobně je to i u střihu 1 (kapitola 8.2.1.1.3. výsledný střih, obrázek 86,87.), kde však střih není tak poznamenán

optimalizací a deformován. Tato deformace však nepříznivě ovlivňuje celkovou délku dámského topu, což je pro návrháře, či technologa nepřijatelné. Při tvorbě modelů jsou jasně dány délkové rozměry daných modelů, zatímco šířkové rozměry se mohou s ohledem na elasticitu materiálu měnit. Tvorba a průběh hodnocení Střihu 2 stejným způsobem jako Střih 1 je tedy kompletně odkázán do příloženého katalogu (2) I přes komplikace s optimalizací stříhových šablon bude střih 2 v závěru práce porovnán s ostatními.(Střih 1 varianta 1, střih 3 varianta 1) Výsledné stříhové díly, spolu s kótami a tabulkou s rozměry byly vloženy do přílohy 3.



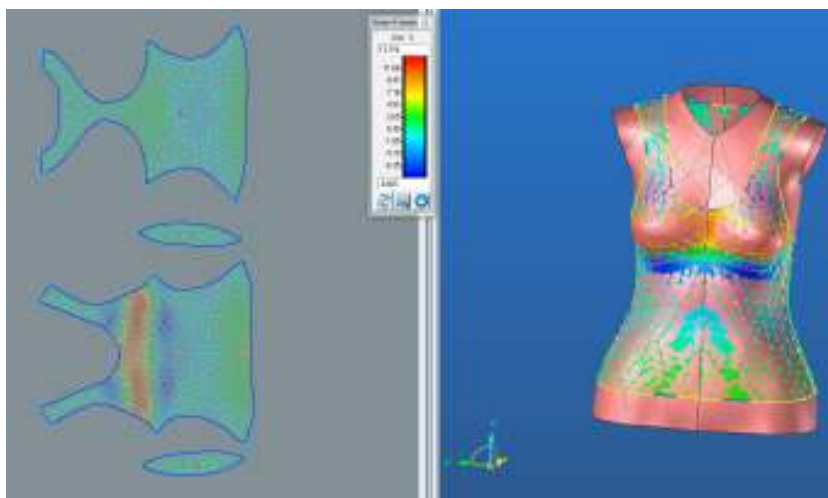
Obr.č. 101: Střih 2 varianta 1 -optimalizace střihu

8.2.2.2. Hodnocení střihu 2 - varianta 2

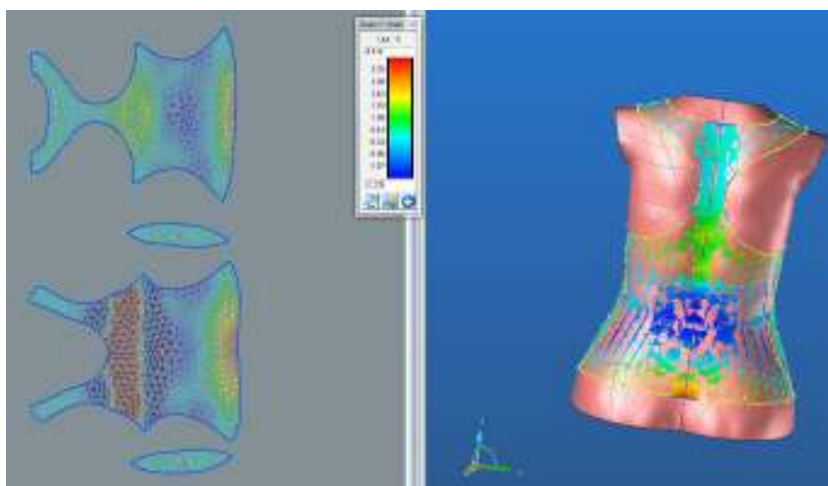
Druhé možné vyhodnocení střihu 2 je za použití velikosti trojúhelníků sítě mesh 20 mm spolu s optimalizací stříhových šablon pouze pro směr útku (Grain-Y) a pro materiál M1. Co se týče vlivu velikosti trojúhelníků sítě mesh, i přes některé problémy se podařilo importovat modelaci na 2D stříhové díly, což v případě střihu 1 nebylo možné z důvodu zasekávání programu. Při kontrole analýzy mechanických vlastností a jejich naměřených hodnot byly zjištěny rozdíly dat i přesto, že se jedná o stejný střih a stejný materiál. V dostupném katalogu je k dispozici obrazová dokumentace a tabulka s porovnáním dat naměřených při analýze za použití velikosti trojúhelníků 10 mm a 20 mm.(2.4.) Toto zjištění potvrzuje fakt, že velikost sítě mesh je jedním z faktorem, ovlivňujícím analýzu mechanických vlastností, bez ohledu na jakoukoliv předchozí úpravu velikosti či tvaru.

Pro vyhodnocení optimální velikosti stříhu byl Střih 2, tentokrát tedy za použití sítě o velikosti 20mm, hodnocen pouze pro Grain-Y tedy útek, čímž byla celkově upravena pouze šířka šablon. Případě předešlého postupu (varianta 1), hodnocení každého stříhového dílu zvlášť nevykazuje hodnoty použitelné pro maximální optimalizaci.

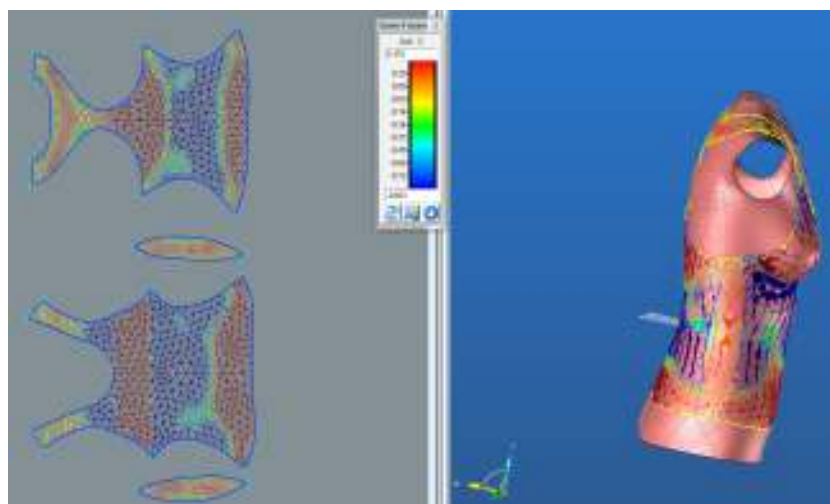
➤ **Grain-Y strain M1**



Obr.č. 102: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain PD



Obr.č. 103: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain ZD

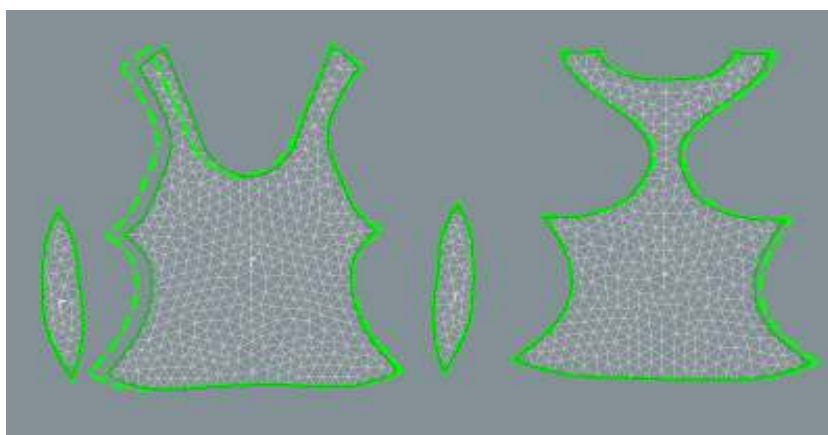


Obr.č. 104: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain BD

Na obrázku č.102, 103 a 104 jsou znázorněny zanalyzované hodnoty pro tažnost ve směru útku (Grain-Y strain), které jsou v porovnání s hodnotami u předešlého měření (kapitola 8.2.2.1.)hodnocení Střihu 2 - varianta 1) mnohem menší. Dostupné hodnoty mají za následek také menší procentuální optimalizaci stříhových dílů, znázorněných v tabulce 7. Po optimalizaci stříhových dílů a jejich porovnání s díly původními je zřejmé, že použití metody optimalizace jednotlivých stříhových dílů zvláště není pro tuto kombinaci stříhových dílů a jejich sítí mesh o velikosti 20 mm zcela vhodný. Porovnání původního stříhu a stříhu optimalizovaného je znázorněno na obrázku č.105.

Název objektu STŘIH 2 mesh 20 mm	PD M1	BD	ZD
Grain-Y - Strain %	-8.000	-0.100	-3.000

Tabulka 7: Hodnoty pro optimalizaci stříhu 2 varianty 2

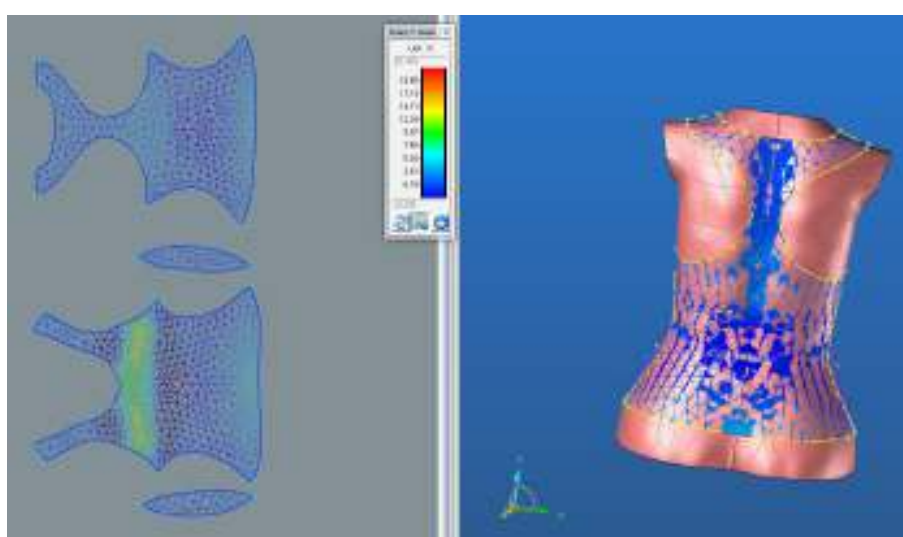


Obr.č. 105: Střih 2 varianta 2-porovnání stříhů před a po optimalizaci M1

8.2.2.3. Hodnocení stříhu 2 - varianta 3

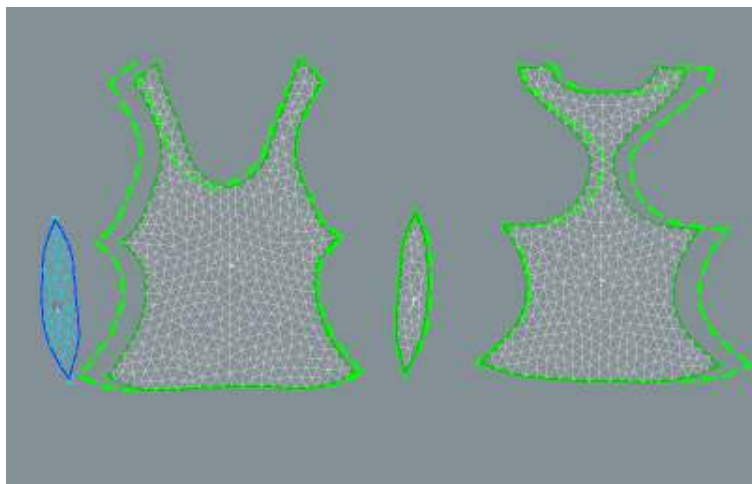
8.2.2.3.1 Použití funkce LIMIT

Vzhledem k minimální procentuální optimalizaci stříhu 2 tvořeného sítí mesh o velikosti trojúhelníku 20 mm a s ohledem pouze na směr útku, bylo rozhodnuto podrobit tento model poslední analýze. Jedná se o analýzu hodnocení mechanických vlastností dané textilie (materiál M1), tentokrát s použitím funkce **LIMIT**. Při analýze mechanických vlastností materiálu M1 za použití větší rozlohy trojúhelníků sítě mesh, funkce **LIMIT** vykazovala vyšší hodnoty než bez ní. Jedná se opět o zaměření pouze na směr útku Grain-Y (Obr č.106)



Obr.č. 106: Střih 2 varianta 3-funkce LIMIT

Pro optimalizaci každého střihu bylo přihlédnuto v hodnotící škále na vyšší hodnoty (oranžová barva), pro větší efektivitu analýzy s ohledem na tvar a konstrukci jednotlivých modelů. Pro optimalizaci předešlého střihu byly zadány procentuální hodnoty pro PD -8%, BD -0.1% a ZD -3%, v případě použití funkce **LIMIT** byla zvolena hodnota **-13.000 %**. Obrázek č.107. znázorňuje rozdíl mezi původním střihem a střihem po optimalizaci.



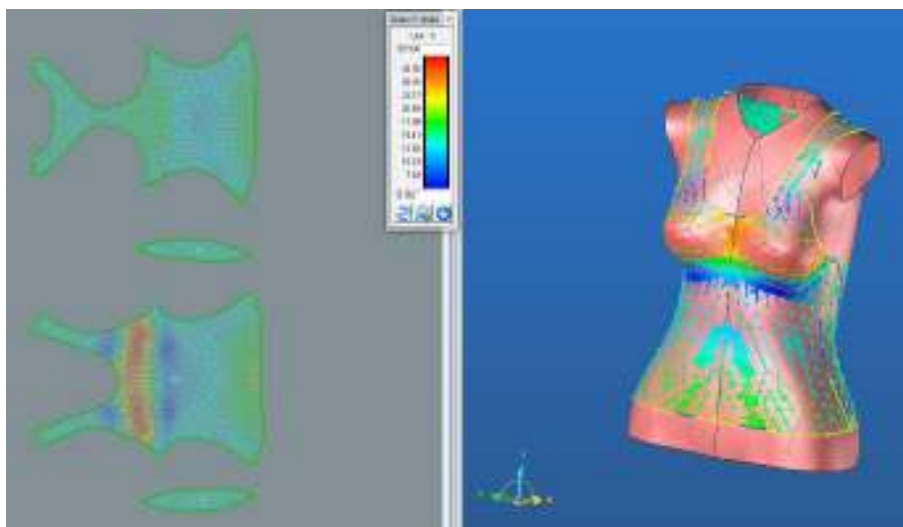
Obr.č. 107: Střih 2 varianta 3-optimalizace funkcí LIMIT

Na obrázku č.108. je znázorněn rozdíl mezi první verzí optimalizace, tedy dle jednotlivých dílů a pomocí použití funkce limit. Díly hodnocené každý zvlášť, jsou znázorněny černou barvou, zatímco střihy optimalizované funkcí LIMIT jsou barvy bílé. Výsledek porovnání potvrzuje vyšší efektivitu při použití varianty 3. Opět je zbylá dokumentace odkázána do katalogu (2.5.), kde je možné podrobnější porovnání efektivnosti jednotlivých variant pro jednotlivé střihy.

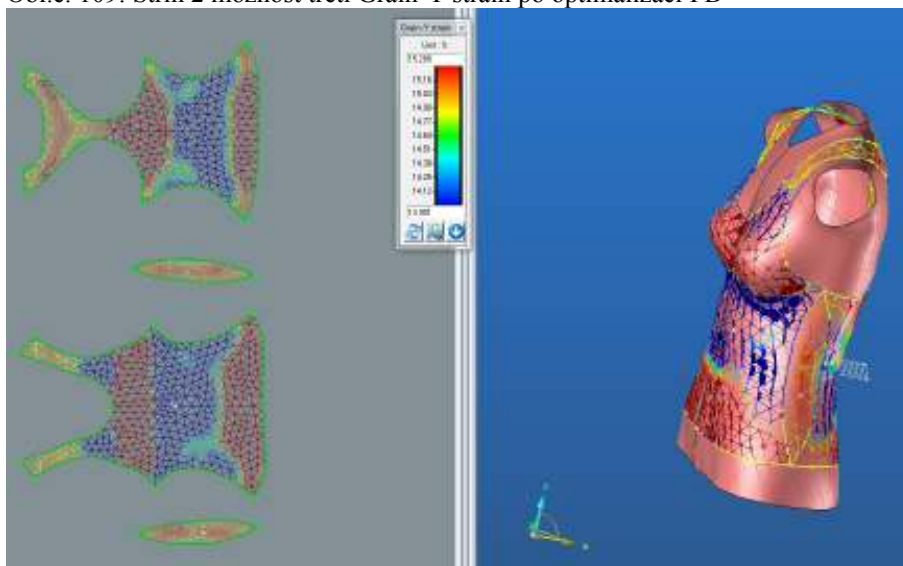


Obr.č. 108: Střih 2 porovnání varianta 2(černá), varianta 3(bílá)

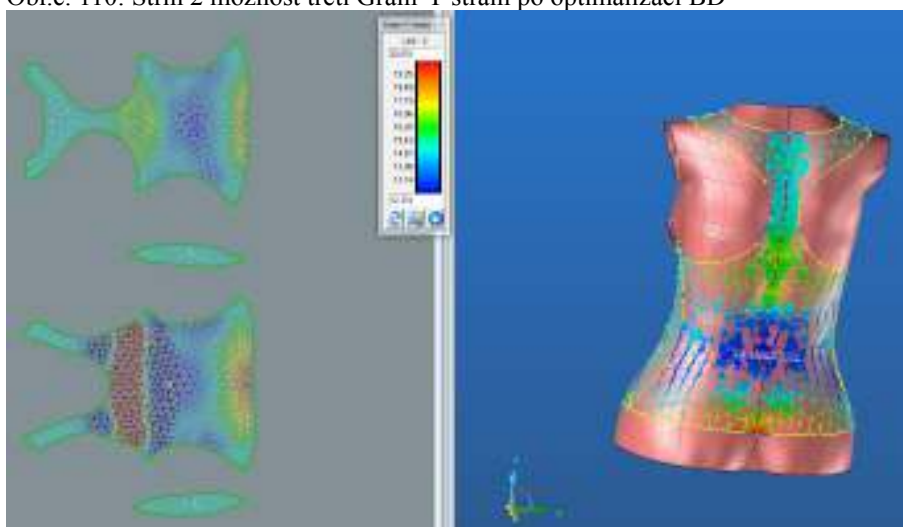
➤ Grain-Y strain



Obr.č. 109: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci PD

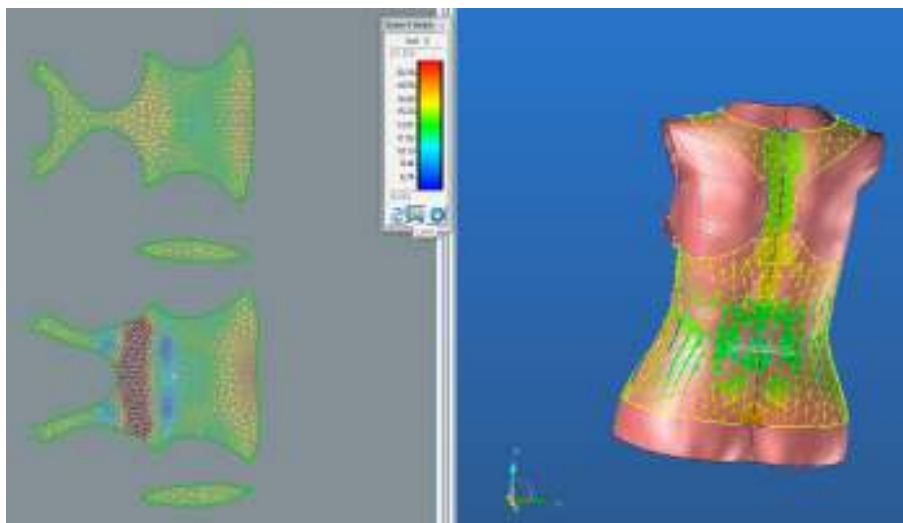


Obr.č. 110: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci BD



Obr.č. 111: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci ZD

Funkce Limit

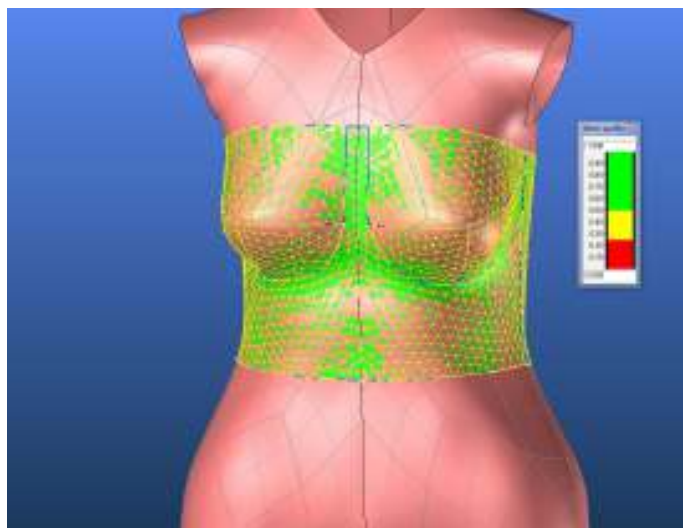


Obr.č. 112: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci LIMIT

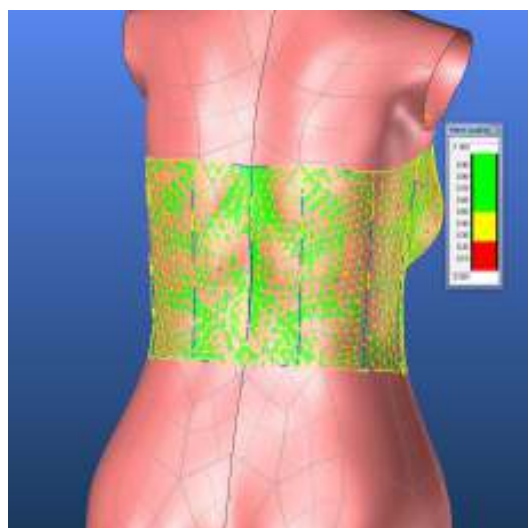
Pro porovnání efektivity optimalizace jednotlivých variant, tedy varianty 2 a varianty 3, je k dispozici příloha 3.4. a 3.5. V příloze jsou okótované stříhové díly spolu s tabulkou naměřených rozměrů. Tabulkou je potvrzena vyšší efektivita zmenšení stříhových dílů pomocí varianty 3, tedy za použití funkce LIMIT, kterou je vygenerovaný průměr naměřených hodnot mechanických vlastností textilie.

8.2.3. Hodnocení střihu 3

Poslední stříhová verze je vymodelována v korzetovém stylu. Důvodem je zkouška chování a hodnocení programem faktorů ovlivňujících mechanické vlastnosti textilií vzhledem ke tvaru 3D objektu, stříhové konstrukci potahovaného obalu a druhu textilního materiálu. V předchozích měření (Střih 1, Střih 2) byly analyzovány modely dámského topu s aplikováním jednoduché modelace. V případě Stříhu 1 se jedná o klasické dámské tílko, sešité ze dvou stříhových dílů (PD, ZD). Pro střih 2 byla zvolena modelace pro sportovní dámský top se složitější stříhovou modelací v porovnání se střihem 1. (Vykrojený zadní díl, tvarované boční díly) Z důvodu záměrného stupňování složitosti stříhové modelace jednotlivých modelů, byl poslední Střih 3 vymodelován v korzetovém stylu. Střih obsahuje na předním díle vybrání a vymodelování prsních košíčků pomocí 3 stříhových dílů, spojených symetrickým sedlem. (Obr.č.113) Zadní díl je členěn podélně na 6 opět symetrických dílů. (Obr.č.114)



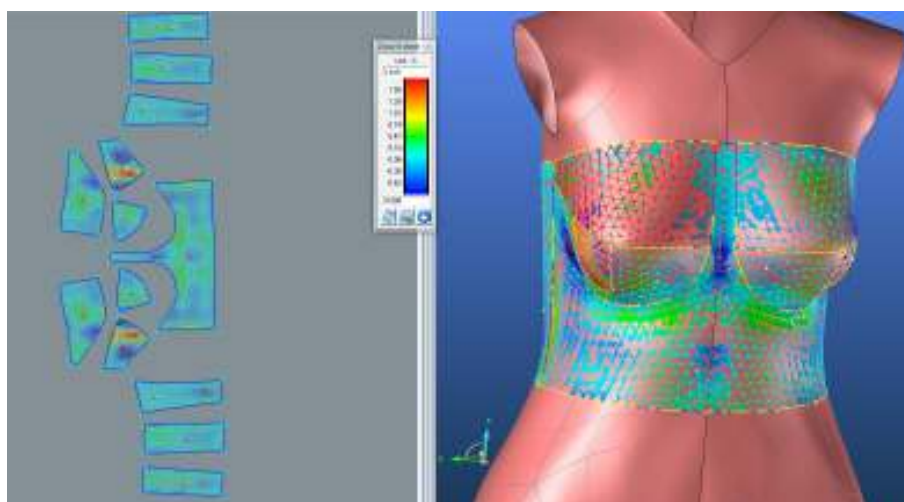
Obr.č. 113: Střih 3 základní modelace přední díl



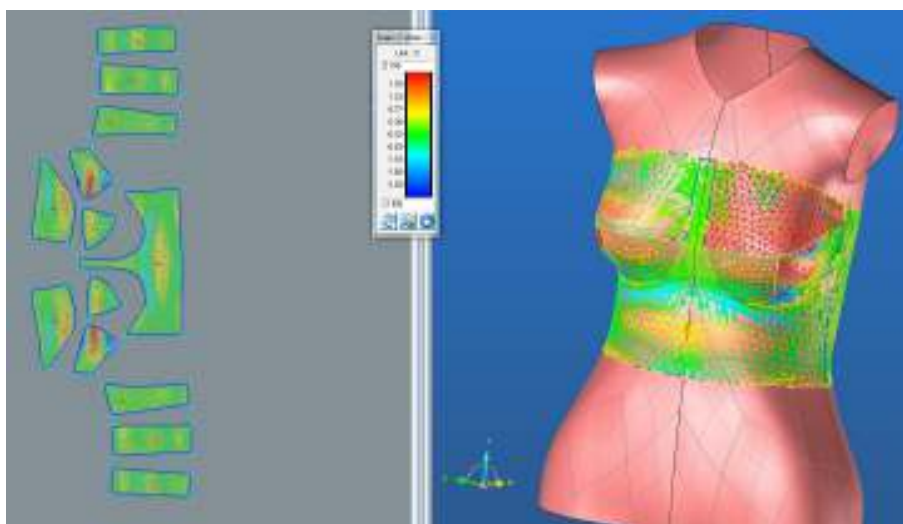
Obr.č. 114: Střih 3 základní modelace zadní díl

8.2.3.1. Hodnocení střihu 3 – varianta 1

Varianta 1 pro hodnocení Střihu 3 bylo analyzování mechanických vlastností textilních materiálů M1 a M2 s ohledem na jednotlivé střihové díly. Obrázek č. 115 a 116 zobrazují vyhodnocenou tažnost (strain) pro osnovu a útek u PD1 (přední díl 1) materiálu M1. Z tohoto hodnocení je zřejmé, že procentuální hodnoty zadávané pro optimalizaci střihu by byly velice malé. (Cross-x strain – 1,3%, Grain-Y strain - 1,25%) Výsledky vyhodnocení tažnosti ostatních střihových dílů jsou odkázány do katalogu (M1-3.1, M2 3.3.). Vzhledem k nízkým hodnotám bylo rozhodnuto optimalizaci dle jednotlivých dílů neprovádět, z důvodu minimální změny tvaru a velikosti, tím pádem také minimální změny výsledných hodnot.



Obr.č. 115: Střih 3 varianta 1, Cross-X strain PD M1



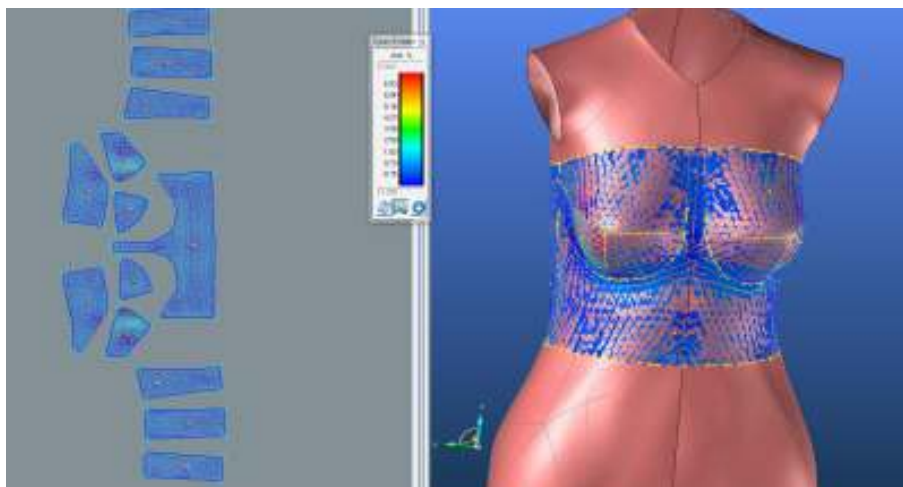
Obr.č. 116: Střih 3 varianta 1, Grain-Y strain PD M1

Hodnocení materiálu M2 proběhlo stejným způsobem, jako u materiálu M1., jehož výsledky jsou stejné. Z tohoto důvodu nebyla optimalizace provedena.

8.2.3.2. Hodnocení střihu 3 – varianta 2

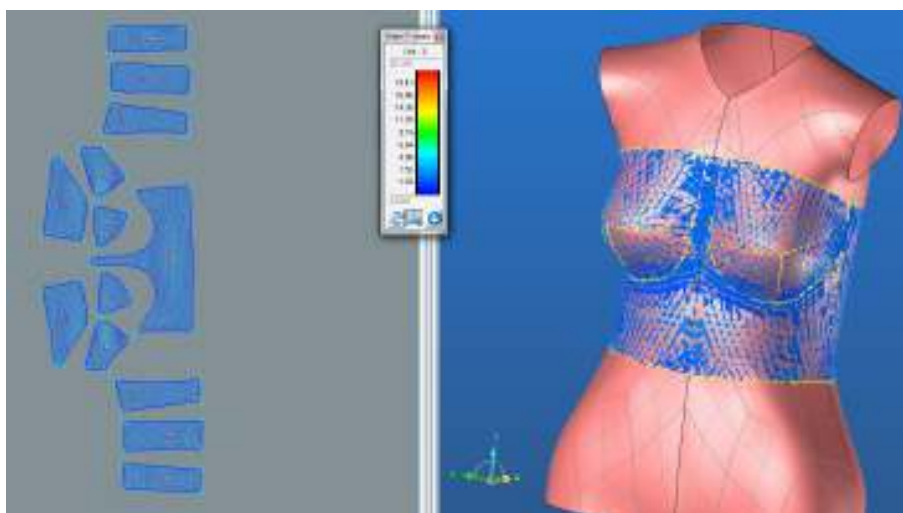
Z hlediska optimalizace střihových šablon pro Střih 3 je efektivnější použití funkce limit (stejně jako u Střihu 2 varianty 3), kdy je analýza mechanických vlastností vyhodnocena průměrem z jednotlivých dílů. Dochází zde k vyšším naměřeným hodnotám, tudíž také možnosti viditelnějšího zmenšení střihu. V případě hodnocení každého střihového dílu zvlášť program zobrazuje malé hodnoty (Cross-X strain – 1.3 % pro optimalizaci), čímž po aplikaci není zřetelné jejich zmenšení. Na obrázku č.117 a 118 je vyhodnocení tažnosti ve směru osnovy (Cross-X strain) pro materiál M1. Na vyhodnocovací škále je zobrazen celkový průměr analýzy tahu, kdy pro nás důležitá oblast (oranžová) zobrazuje vyšší hodnoty, než v případě varianty 1. Ostatní dokumentace je přiložena v katalogu (M1-3.2., M2 -3.4.)

➤ **Cross-X strain**



Obr.č. 117: Střih 3 varianta 2, Cross-X strain LIMIT

➤ **Grain-Y strain**



Obr.č. 118: Střih 3 varianta 2, Grain-Y strain LIMIT

8.2.3.2.1 Optimalizace Střihu 3 – varianta 2

Tabulka 8 obsahuje hodnoty zadávané pro optimalizaci střihu 3 při použití funkce LIMIT pro materiál M1 a M2.

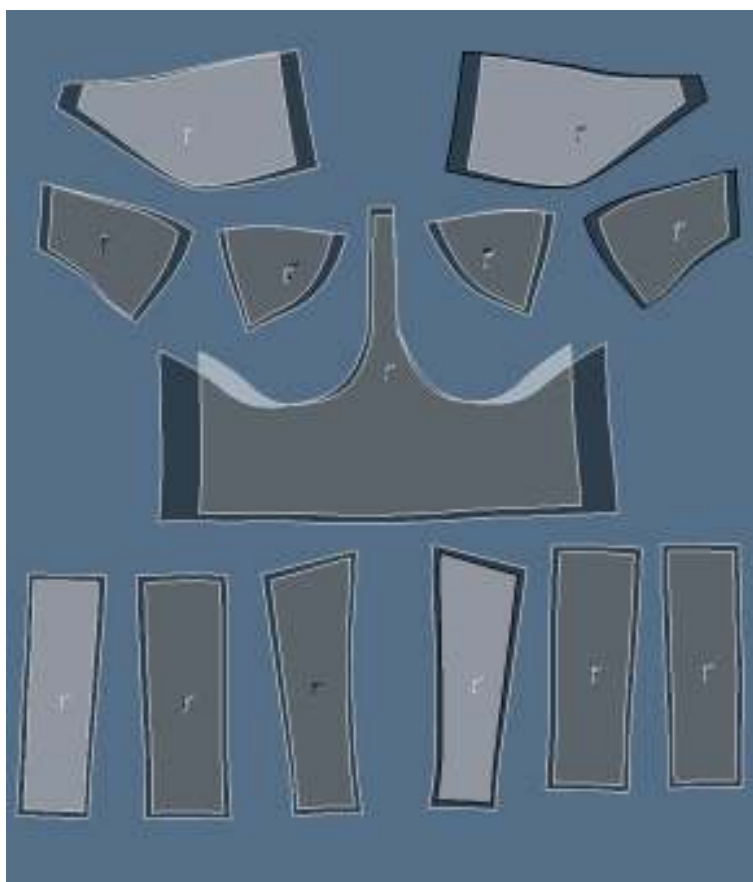
Název objektu	STŘIH 3	M1	M2
Cross-X – Strain %		- 5.500	-5.500
Grain-Y - Strain %		-17.000	-0.500

Tabulka 8: Hodnoty pro optimalizaci střihu 3 varianty 2

➤ Výsledky stříhových šablon

➤ Materiál M1

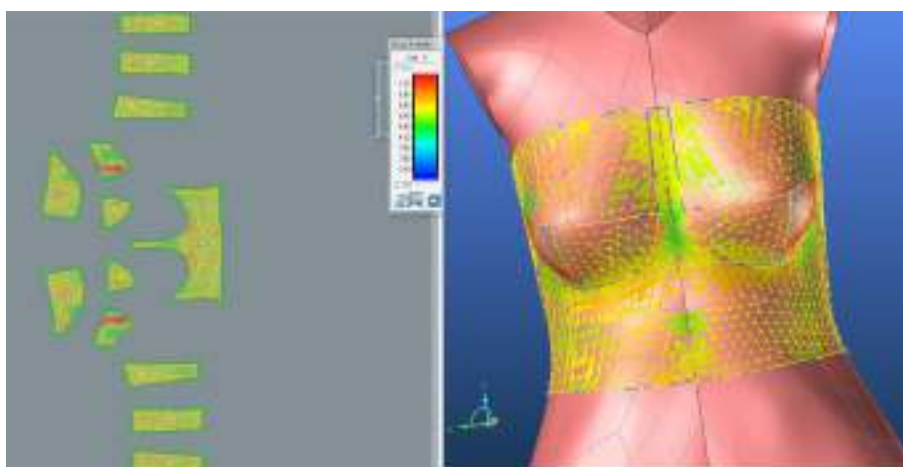
Porovnání stříhových dílů před a po optimalizaci pro materiál M1 je zobrazeno na obrázku č.119 tmavší stříhové díly zobrazují původní stříhové šablony a světlé (menší) šablony po optimalizaci. Stejně jako u stříhu 1 a stříhu 2 je prokázána vyšší efektivita optimalizace stříhových dílů pro materiál M1. V případě zmenšení stříhových dílů korzetového stříhu je zde riziko radikální deformace prsních košíčků, která by mohla negativně ovlivnit padnutí oděvu.



Obr.č. 119: Porovnání původního stříhu 3 a stříhu optimalizovaného varianty 2

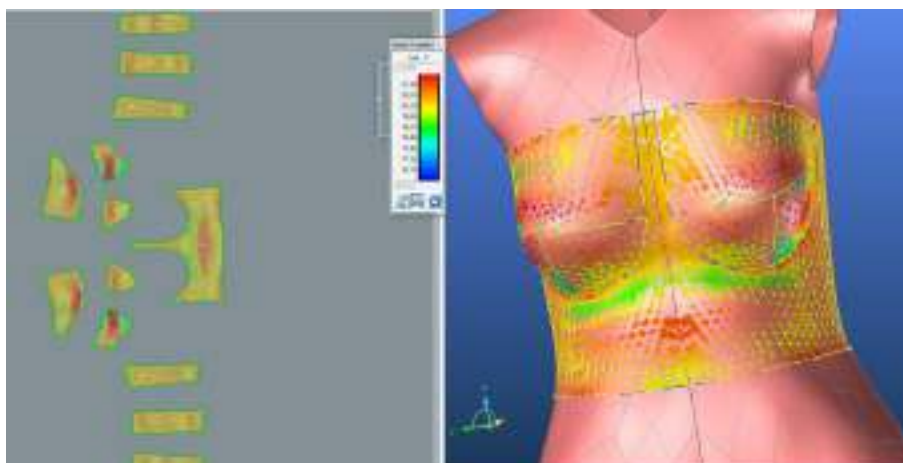
Materiál M1 analýza mechanických vlastností po optimalizaci

➤ Cross-X strain



Obr.č. 120: Střih 3 Cross-X strain LIMIT M1

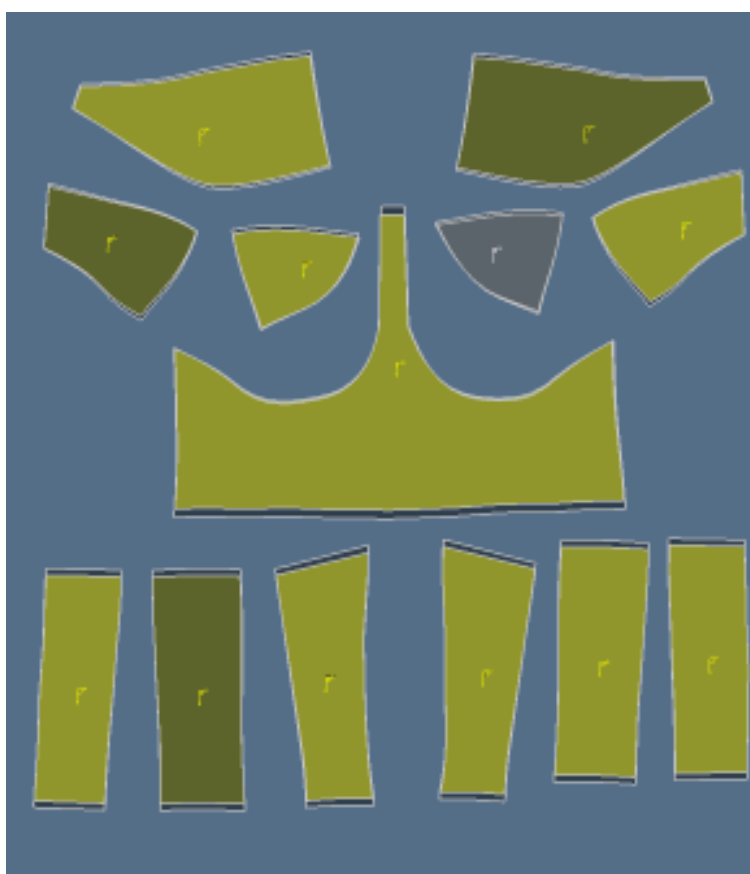
➤ Grain-Y strain



Obr.č. 121: Střih 3 Grain-Y strain LIMIT M1

Optimalizace materiálu M2

Porovnání stříhových šablon před a po optimalizaci pro materiál M2

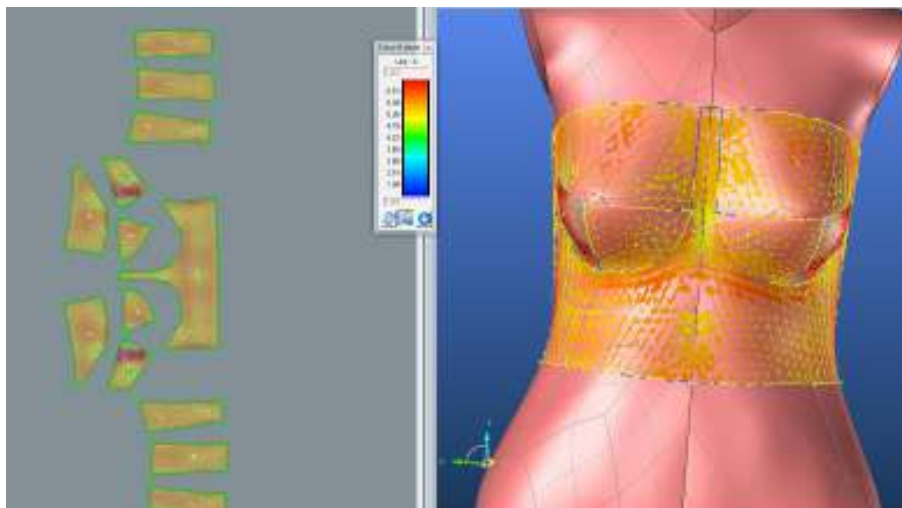


Obr.č. 122: Porovnání stříhových šablon před a po optimalizaci pro materiál M2

Porovnáním optimalizovaného stříhu materiálu M1 a materiálu M2 je dokázán vyšší modul pružnosti pro M1, kdy jsou díly více zmenšeny než u materiálu M2. (Obr.č.122)

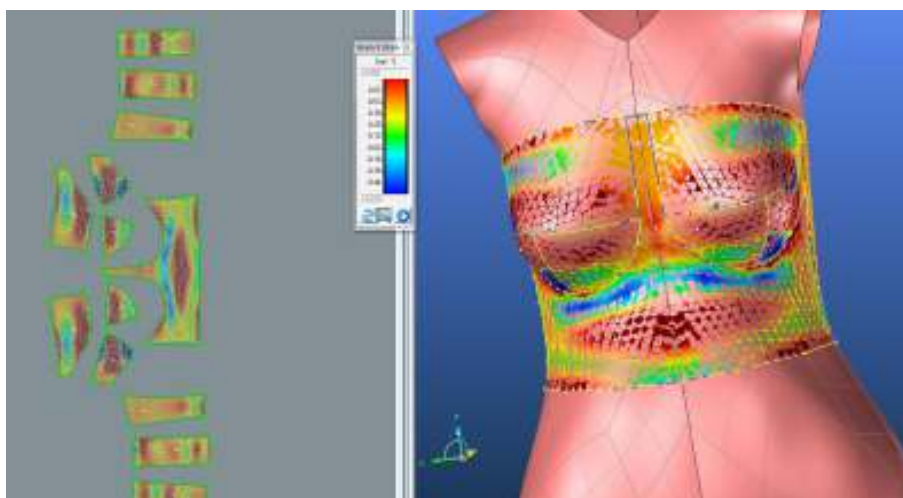
Materiál M2 po optimalizaci

➤ **Cross-X strain**



Obr.č. 123: Střih 3 Cross-X strain LIMIT M1 po optimalizaci

➤ **Grain-Y strain**



Obr.č. 124: Střih 3 Grain-Y strain LIMIT M1 po optimalizaci

Porovnání optimalizovaného střihu pro M1 a M2.

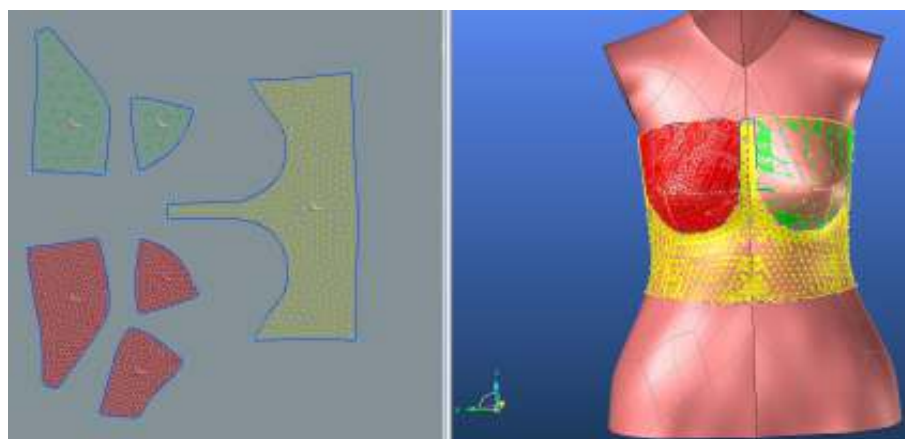


Obr.č. 125: Střih3 porovnání střihu po optimalizaci pro materiál M1(červená) a materiál M2 (žlutá)

Výsledkem hodnocení střihu 3 variantou 2, byla opět prokázána vyšší efektivita optimalizace střihových dílů použitím dostupné funkce LIMIT. Vygenerování průměru z analýzy a vyhodnocení mechanických vlastností textilie má za následek procentuální zvýšení hodnot v hodnotící škále. Vyššími hodnotami v hodnotící škále je tak zajištěno vyšší procentuální zmenšení střihových dílů. Pro potvrzení tohoto vyhodnocení jsou k dispozici okótované střihové díly spolu s tabulkou naměřených rozměrů v příloze 4.

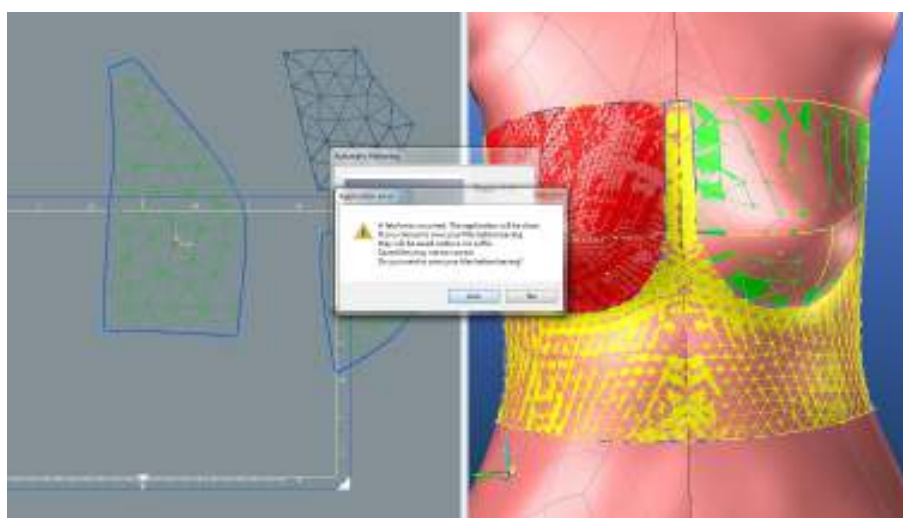
8.2.3.3. Hodnocení stříhu 3 - varianta 3

Poslední možností pro hodnocení stříhu 3 je použití různé velikosti trojúhelníků pro tvorbu sítě mesh. Při použití kombinace sítě mesh o velikosti trojúhelníků 5mm, 10mm a 30mm, nastaly opět komplikace při exportu stříhových dílů na 2D šablony.



Obr.č. 126: Střih 3 varianta 3, kombinace sítě mesh

Program exportováním dílů přestává pracovat, z důvodu zahlcení dat pro výpočet a tvorbu sítě mesh a je potřeba ukládat každý krok. Po vytvoření většiny stříhových dílů (Obr.č.126) program přestal úplně pracovat. (Obr.č.127)



Obr.č. 127: Střih 3, varianta 3 komplikace

9. Praktické ověření

Program DC3D je schopen hodnocení analýzy mechanických vlastností textilních materiálů s ohledem na tvar objektu a stříhovou modelaci jeho obalu. V diplomové práci byly hodnoceny tři stříhové modelace pro dámský top spolu se třemi variantami způsobu optimalizace. Obrázková dokumentace zkoumaných objektů a dámského torza a jeho potahu, tedy topu ukazují, že program je schopen potáhnout jakýkoliv tvar. Vyskytl se zde však problém v případě potahování dámského torza, kdy je textilie automaticky obepnuta kolem objektu. Z technologického hlediska je v případě použití klasického dámského tílka nemožné, aby byla textilie přilnuta k torzu v oblasti hrudníku mezi prsy. Tato chyba je ovlivňujícím faktorem při tvorbě stříhových šablon a jejich následné optimalizaci.

Vzhledem k nedostatečnému množství textilního materiálu byl vybrán jeden hodnocený model, který byl prakticky zhotoven. Zvoleným modelem je model první Stříh 1, dámský top, optimalizovaný použitím varianty 1. (8.2.1.1.Hodnocení Stříhu 1- varianta 1)



Obr.č. 128: Vytvořené stříhové díly

Praktické ověření bylo provedeno pro oba hodnocené textilní materiály M1, M2. Stříhové šablony byly vystříženy se švovými záložkami o rozměru 1 cm, na kterých byla vytvořena centimetrová síť pro možnost porovnání deformace textilie před a po optimalizaci. (Obr.č.128 Stříhové díly byly sešity obnitkovacím stehem pro zachování pružnosti. Vzhledem k možnému vlivu použitých začíšťovacích švů a stehů, nebyly okraje (průkrčník, průramek, dolní kraj) nijak začíšťěny, pouze byla ustřížena švová záložka.

9.1. Hodnocení materiálu M1



Obr.č. 129: Střih 1, M1 , PD



Obr.č. 130: Střih 1, M1 po optimalizaci , PD

Obrázky č.129 a 130 zobrazují porovnání střihu 1 před a po optimalizaci, kde vidět značný rozdíl. Dámské tílko před optimalizací nesedí tak jako v grafické formě. Po navlečení tílka na dámské torzo je vytvořena volnost v oblasti prŕamku a také ve spodní části předního dílu. Důvodem této deformace je již zmiňovaný problém s přirozenou neschopností obepnutí textilie celý povrch. Po optimalizaci stříhových dílů je dámské tílko zmenšeno nejen po obvodu, ale také po jeho délce. V případě optimalizace bylo dosaženo požadovaného padnutí a obepnutí tílka, což dokazuje její efektivitu.

Na obrázku č.131 je detail hrudníku optimalizovaného modelu, kde je pomocí vytvořené sítě dokázána deformace textilie. V případě zadního dílu, má původní střih lepší padnutí a neprokazuje žádné výrazné chyby, je zde opět viditelná volnost ve spodní části. Obrázek 132 je optimalizovaný model, který dokazuje lepší padnutí, avšak bez deformace sítě.



Obr.č. 131: Střih 1, M1 po optimalizaci, detail PD



Obr.č. 132: Střih 1, materiál M1, ZD



Obr.č. 133: Střih 1, materiál M1, po optimalizaci, ZD

9.2. Hodnocení materiálu M2

V případě praktického ověření materiálu M2 byla vytvořena centimetrová síť pouze u předního dílu optimalizovaného střihu. Materiál M2 má vyšší hustotu oček ve sloupku a řádku, čímž je ovlivněna jeho pevnost a jeho deformace je více zřetelná na čistém povrchu. Stejně jako u materiálu M1 je původní stříhová modelace nepadne přesně tak jak by měla. Jsou zde viditelné volnosti v oblasti průramků, výstřihu a ve spodní části. (Obr.č.134) V porovnání s optimalizovaným střihem na obrázku č. 135, má dámské tílko mnohem lepší padnutí. I přesto je zde upozornění na mírné uvolnění materiálu oblasti průramku a výrazně zkrácenou délku .



Obr.č. 134: Střih 1, materiál M2, PD



Obr.č. 135: Střih 1, materiál M2, po optimalizaci, PD

V případě zadního dílu je na původním modelu (Obr.č.136) uvolnění materiálu v oblasti horní mezi lopatkami a části spodní. Porovnáním s optimalizovaným modelem (Obr.č. 137), je opět dokázána efektivita optimalizace programem DesignConcept 3D.



Obr.č. 136: Střih 1, materiál M2, ZD



Obr.č. 137: Střih 1, materiál M2, po optimalizaci ZD

10. Diskuse

Po provedení všech dostupných testování hodnocení padnutí textilního materiálu na objektu vzhledem ke tvaru objektu, mechanickým vlastnostem materiálu, stříhové konstrukci a její optimalizaci, bylo provedeno jejich závěrečné hodnocení. Bylo posouzeno testování objektů vzhledem k jejich tvarům, dokazující vliv tvaru objektu na celkové hodnocení padnutí textilie, které může být ovlivněno jeho modelací jako jsou ostré hrany, oblé části a jiné. Pokud jde o porovnání vlivu tvaru objektu, je zde zřejmý vliv vyšší velikosti na celkovou analýzu, než jejich tvar. Co se týče tvaru dle hodnocení analýzy dámského torza, byl zaznamenán vliv hodnocení přední části torza v oblasti hrudníku. Vystouplost objektu ovlivnila vyhodnocení mechanických vlastností použité textilie, zobrazeném na vyhodnocovací škále. Porovnáním hodnot dílu zadního a předního jsou zřejmé rozdíly v poměru nejvyššího dosaženého modulu pružnosti po nejnižší. Vyšší tahová síla působící v prsní linii ovlivnila celkový průměr z hodnocení, což se projevilo na výsledné optimalizaci stříhových dílů. Přesto, že větší předpoklad pro vyšší procentuální optimalizaci měl díl zadní, výsledek dokazuje opak.

Dalším faktorem ovlivňujícím analýzu byla chybná simulace dámského topu v prsní části, kdy je textilie znázorněna jako obepnuta kolem torza. V reálném zobrazení je top napnut přes prsa, čímž je mezi nimi vytvořena mezera. Tento faktor ovlivňuje stříhovou konstrukci a v případě praktického ověření také celkové padnutí a vzhled topu.

Z hlediska vlivu stříhové konstrukce byl dokázán vliv velikosti stříhových šablon na finální analýzu mechanických vlastností textilií a jejich optimalizace. Porovnáním objektu č.5 Opěrky a objektu finálního, tedy dámského torza, je prokázána větší možnost vyšší optimalizace stříhových dílů v případě větších stříhových šablon. Z ohledem na mechanické vlastnosti textilního materiálu byl ověřen jejich vliv na celkovou optimalizaci stříhové konstrukce, kdy DC3D vyhodnotil materiál s nižším modulem pružnosti (materiál M2) jako méně účinný pro vyšší optimalizaci, tedy zmenšení dílů. Jako vysvětlení tohoto jevu je nutné zmínit odlišnou vazbu textilního materiálu, kdy je materiál M2 upleten s vyšší hustotou oček v řádku a sloupku, čímž je materiál pevnější. To vše je program DC3D schopný posoudit pomocí vložených vlastností, a tím je také schopný vytvořit vhodnou optimalizaci pro jeho využití.

Dámské torzo jako finální hodnocený objekt, bylo potaženo třemi různými modely dámského topu. Modely byly vytvořeny dle funkčnosti a jednoduchosti členění stříhových dílů. Každý z modelů byl vyhodnocen třemi různými variantami, dle možností softwaru DesignConcept 3D. Varianta první byla u všech modelů stejná, aby bylo možné porovnání vlivu stříhové konstrukce na mechanické vlastnosti materiálů a jejich optimalizace. Varianta 1, tedy optimalizace stříhových dílů s ohledem na oba směry, osnovu a útek, dle jednotlivých dílů, dokázala vyšší efektivitu optimalizace při její aplikaci pro stříh 2. (sportovní tílko) Výsledek je nejspíše způsoben většinou vykrojení dílů, což umožňuje textilií větší možnost pro jejich napnutí. Naopak nejnižší efektivitu optimalizace vykazuje stříh 3, kdy je model rozdělen na více menších stříhových dílů, které stejně jako objekt 6 opěrka, nejsou programem vyhodnoceny tak jako díly větší. Další z použitých variant jsou možnosti kombinací velikostí sítě mesh, a to hrubší (20,30mm), nebo jemnější (5mm). Velikost trojúhelníků v síti mesh také dokázala opět vliv na vyhodnocení mechanických vlastností naměřených textilií. Stříh 2 varianta 1 a varianta 2 dokazuje, že hodnoty vyhodnocené při použití klasické velikosti sítě (10mm) jsou jiné, než u velikosti sítě 20mm, i přesto, že stříh nebyl nijak optimalizován či deformován. Jako poslední ovlivňující faktor analýzy je softwarem dostupná funkce LIMIT, kterou je vytvořen průměr z celkového rozsahu naměřené tažnosti, zobrazené ve vyhodnocovací škále. Vytvořený průměr automaticky zvýší hodnoty pružnosti ve vyhodnocovací

škále, což zapříčiní také větší optimalizaci střihových šablon jak je dokázáno v případě střihu 2 varianty 3, nebo střihu 3 varianty 2. Co se týče střihu 2 s ohledem na nejvyšší efektivitu optimalizace, byla upozorována deformace střihových dílů. Deformace je zapříčiněna optimalizací ve směru osnovy, kdy byly u sportovního topu zmenšeny nejen šířkové rozměry, ale také délkové, čímž se také celkově zkrátila délka celého modelu. Z hlediska technologického i návrhářského je tato deformace nepřijatelná. Z tohoto důvodu byl střih 2 hodnocen variantou 2 a variantou 3 pouze s ohledem na směr útku (Grain-Y strain), což dokázalo další možnost softwaru pro hodnocení střihů.

Praktické ověření a zhotovení jednoho z modelů, bylo provedeno z důvodů ověření efektivitu optimalizace a vlivu negativních faktorů. Pro reálné zhotovení byl zvolen střih 1, který byl aplikován pro oba dostupné a použité textilní materiály. Porovnání proběhlo aplikací dámského tílka na naskenované dámské torzo původního střihu a střihu optimalizovaného. Nafocená dokumentace dokazuje, že střihové šablony vytvořené softwarem DC3D, nejsou zcela přesné, jak by dle technologického hlediska měly být. Simulace textilie přilnuté na dámském torzu ve 3D zobrazení ovlivnilo reálné zhotovení tílka, které způsobilo tvorbu volností a deformace textilie v oblasti prúramku a průkrčníku. Dále pak není model zcela přilnut k torzu tak jak by měl. Optimalizované střihy dokazují efektivitu optimalizace střihů vyhodnocené softwarem, kdy je vidět jasně zřetelná vyšší přilnavost. Stejně tak je jasně zřetelná zkrácená délka modelu.

Závěr

Diplomová práce se zabývá hodnocení 3D objektu vzhledem k vlastnostem textilního materiálu a střihové konstrukci vyhodnocených modelů. Hodnocené materiály jsou z elastické pleteniny, kterým byly pomocí systému KES změřeny jejich mechanické vlastnosti. Naměřené vlastnosti byly následně importovány do softwaru DesignConcept 3D a analyzovány s ohledem na tvar potaženého objektu a jeho konstrukci. Jako hlavní cíl byl průzkum chování textilie po optimalizaci střihových dílů jednotlivých objektů a porovnání změn vzhledem ke změně střihové modelace. Toto hodnocení potvrdilo myšlenku o tom, že střihová konstrukce má vliv na mechanické vlastnosti textilie jako je ohyb, tažnost a tlak. Toto zjištění umožňuje pohled na tvorbu a modelování střihů oděvů, či průmyslových objektů jako jsou auto sedačky, či nábytek opět z jiného úhlu pohledu. Díky programu je designerům a technologům poskytnuta možnost vytváření modelací nejen z hlediska estetického, ale také z hlediska uživatelského, či zpracovatelského. Začátkem diplomové práce bylo vytvoření několika objektů, na kterých byl hodnocen vliv a analýza použité sítě mesh, spolu s aplikací mechanických vlastností použitých materiálů. Výstupem bylo určení finálního použitého objektu pro hodnocení. Jako finální objekt bylo zvoleno dámské torzo, na kterém byly vymodelovány 3 střihové varianty dámského topu. Každý z těchto modelů byl vyhodnocen třemi různými variantami dle možností softwaru DesignConcept3D, kdy první varianta byla stejná pro všechny tři modely, pro závěrečné porovnání. Program DesignConcept umožňuje několik způsobů pro vyhodnocení a optimalizaci mechanických vlastností textilií, kdy má každý z nich odlišný vliv na finální vyhodnocení.

Porovnáním modelů z hlediska střihových dílů byl potvrzen vliv jejich umístění a velikosti na celkovou tažnost a možnost optimalizace. Hodnocení střihů potvrdilo fakt, že střihové díly jednodušších modelací tedy větších ploch, vykazuje vyšší možnosti optimalizace. V diplomové práci je poukázáno na spoustu faktorů, ovlivňujících optimalizaci střihu jako je velikost použité sítě mesh, funkce pro optimalizaci střihů (dle jednotlivých dílů, průměrem funkcí LIMIT), a ohled na směr osnovy a útku (sloupku a řádku). Byl zvolen jeden z výsledných střihů, který byl prakticky zhotoven, čímž byla ověřena efektivita optimalizace dle softwaru DC3D.

Z pohledu návrháře a technologa, není při porovnání s dostupnými inovacemi 3D softwarů tento použitý software zcela vybaven možnostmi, potřebnými k torbě oděvních kolekcí. Chybí zde funkce zjednodušující tvorbu oděvních modelů a jejich úprav, spolu s výslednou simulací celé postavy. Dle dostupných hodnocení je dokázána vyšší efektivita využití softwaru pro automobilový, či nábytkářský průmysl, kde jsou využity textilní materiály s nižší elasticitou a jsou jimi z většiny případů potahovány celé objekty, kdy je využití optimalizace střihů ve směru osnovy i útku více efektivní.

I přes některé nedostatky je program vynikajícím způsobem, jak se více přiblížit k hodnocení textilií za použití 3D simulace. Tato diplomová práce je dalším malým krokem, umožňujícím následujícím studentům pokračovat v průzkumu jak softwaru DesignConcept3D, tak i 3D modelace a vyhodnocení oděvních výrobků s ohledem na textilní materiály a jejich zpracování.

1 Seznam použité literatury

- 1 Beneš B., Felkel P., Sochor J., Žára J.: Moderní počítačová grafika, „ Computer press, Brno,,2004,,
- 2 Kargelová M., Mertl P.: Konstruktivní geometrie, „ ČVUT, Praha,,2005,,
- 3 Sochor J.: Základy počítačové grafiky, „ FI MU Brno,,2001,,
- 4 Černohorský D., Raida Z., Škvor Z., Nováček Z.: Analýza a optimalizace mikrovlnných struktur, „ 1. vydání, Vysoké učení technické v Brně,,1999, 80-214-1512-6,
- 5 Brož P., Procházka P.: Metoda okrajových prvků v inženýrské praxi, „ SNTL Praha,,1987,,
- 6 Courat R.: Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibrations, „ Bulletin of the American Mathematical Society 49,,1943,,
- 7 Boček L., Kubát V.: Diferenciální geometrie křivek a ploch, „ Státní pedagogické nakladatelství,,1983,,
- 8 Ježek F.: Geometrické a počítačové modelování, „ Plzeň,,2006,,
- 9 Hoffmann V.: A Brief History of 3D Scanning, „ ,,1998,,http://vr.isdale.com/3DScanners/3d_scan_history/history.htm
- 10 LMI Technologies: „ „ Iuniverse Inc.,2015,,<http://lmi3d.com/blog/new-frontier-consumer-3d-scanning-12>
- 11 James C., Schaaf Jr., Thompson F. L.: Systems Concept Development with Virtual Prototyping, „ Proceedings of the 29th conference on Winter simulation,,1997,10.1.1.74.2308,
- 12 Volino P., Magnenat-Thalmann N.: Simple, yet Accurate Nonlinear Tensile Stiffness, „ MIRALab, University of Geneva, Switzerland ,,2009,,
- 13 TUKATECH Technologies: TUKATECH 3D, „ ,,2015,,<http://www.tukatech.com/3D-fashion-design-software/TUKA3D>
- 14 Inovace studijních programů Strojírenské technologie: Systémy CAD, „ ,,2005,,14) http://esf.fme.vutbr.cz/modul/3/systemy_cad.pdf
- 15 Wang CL., Shana SF, Smith Matthew MF: Surface flattening based on energyobjekt, Computer-Aided Design, „ ,,2002,341182333,
- 16 Menga Y., Mokb Y.M., Xiaogang J.: Interactive virtual try-on clothing design systems, „ Institute of Textiles & Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, Hunghom, Hong Kong,,2010,,

- 17Ze Gang L., Yuen M.M.F.: Reactive 2D/3D garment pattern design modification, ,, Department of Mechanical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology,,2004,,
- 18Jianga Y. , Cuib M., Huc J.: Computer Generation of 3D Textile Draping Simulation, ,, Conference on Modeling, Identification and Control,,2012,,
- 19Baraff D., Witkin A.: Large Steps in Cloth Simulation, Computer Graphics, ,, Robotics InstituteCarnegie Mellon University,,1998,,
- 20Saito S., Umetani N. , Morishima S.: Macroscopic and microscopic deformation coupling inup-sampled cloth simulation, ,, Computer Animation and Virtual Worlds,,2014,,
- 21Volino P., Magnenat-Thalmann N., Faure F.: A simple approach to nonlinear tensile stiffness for accurate cloth simulation, ,, MIRALab, University of Geneva, Switzerland ,,2009,10.11451559755,
- 22Hu J., Reed M.: Development of a Methodology for Simulating Seat Back Interaction Using Realistic Body Contours, ,, University of Michigan,,2013,10.4271/2013-01-0452,
- 23CLO Virtual Fashion Inc: Marvelous Designer, ,, ,17-4, Dosan-daero 8-gil, Gangnam-gu, Seoul, 135-811, Republic of Korea,2015,,<http://www.marvelousdesigner.com/>
- 24Human Solutions GmbH: Human Solutions Assyst , ,, ,Europaallee 1067657 KaiserslauternGermany,2015,,www.human-solutions.com
- 25Lectra: Lectra DesignConcept 3D, ,, Lectra,France,,2015,,22)
<http://www.lectra.com/en/furniture/upholstered-design-product-development>
- 26Osvald V.: GIS a Delaunayova triangulace, ,, ,,2007,,<http://num.kma.zcu.cz/galerie/MMprace/Galerie-%20MM%202007/Osvald-%20GIS%20a%20Delaunayova%20triangulace.doc>
- 27Bayer T.: Triangulační algoritmy, ,, Univerzita Karlovav Praze. Přírodovědecká fakulta. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie,Praha,2012,,<http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/IM/idm4.pdf>
- 28 Výzkumné centrum TEXTIL II: KES - FB (Kawabata Evaluation System for Fabrics), ,, ,,2005-2009,,23) http://vct.tul.cz/prac_fyz_text1.php
- 29Katedra Oděvnictví, Technická univerzita v Liberci,fakulta Textilní: Hodnocení omaku textilií, ,, ,,2011,,http://www.kod.tul.cz/Laboratore/letaky/KES_cesky.pdf
- 30 Fléglová Z.: Hodnocení omaku – systém KES, ,, Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra oděvnictví.,,2008,,<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2008-07-17/13-28-02.pdf>
- 31Marie Ženožičková: Diplomová práce: Hodnocení 3D objektů a lidského těla, ,, Technická

Univerzita v Liberci, Katedra oděvnictví Fakulta, Textilní,,2009,KOD/2009/06/2 MS,

- 32 Jana Dannhoferová,: Modelování těles,Počítačová grafika,Ústav informatiky,PEF MZLU,
https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/283/Knihovna%20k%20projektu/Po%E8%EDta%E8ov%E1%20grafika/Slajdy%20z%20p%F8edn%E1%B9ek/Modelovani_teles.pdf
- 33 Geometrické modelování,České vysoké učení technické, Fakulta stavební,katedra mechaniky,
<http://mech.fsv.cvut.cz/~zemanj/teaching/mk10/prednasky/prednaska1.pdf>
- 34 Wikikniky: Geometrie-Úvod do křivek, https://cs.wikibooks.org/wiki/Geometrie/%C3%A4vod_do_k%C5%99ivek
- 35 Metoda koenčných prvků, České vysoké učení technické, Fakulta stavební,katedra mechaniky,
<http://mech.fsv.cvut.cz/~zemanj/teaching/mk10/prednasky/prednaska1.pdf>

2. Seznam obrázků

Obr.č. 1: Množinové operace [32].....	13
Obr.č. 2: Nejednoznačnost drátového objektu [32].....	14
Obr.č. 3: Model FWVS Vertex Edge Face Solid (vrchol, hrana, stěna, těleso) [33].....	14
Obr.č. 4: Příklad nesymetrické sítě obdélníkových dvojprvků [35].....	17
Obr.č. 5: Elementární obdélníkový dvojprvek (Gp) – globální uzly; (Lq) – lokální uzly [35].....	17
Obr.č. 6: Explicitní vyjádření křivky [35].....	18
Obr.č. 7: Křivka složená ze dvou segmentů [35].....	19
Obr.č. 8: Tvary fergusonovy křivky [35].....	20
Obr.č. 9: Beziérová křivka [35].....	20
Obr.č. 10: Coonsova křivka [33].....	20
Obr.č. 11: B-spline křivka [33].....	21
Obr.č. 12: Eora 3D skener [9].....	22
Obr.č. 13: Kscan3D [9].....	23
Obr.č. 14: Realizace objektu ve Virtual Prototyping [11].....	23
Obr.č. 15: TUKA3D Simulace oděvních materiálů a vzorů [13].....	24
Obr.č. 16: TUKA3D Simulace a tvorba 3D oděvů [13].....	24
Obr.č. 17: Porovnání výsledků simulace s reálným oděvem pro halenku. [16].....	26
Obr.č. 18: Metody přeměny 2D vzoru na 3D objekta a jeho nedostatky [18].....	27
Obr.č. 19: Výsledky simulace [19].....	28
Obr.č. 20: Použití naměřených hodnot při tvorbě sukně [19].....	29
Obr.č. 21: Lokalizace materiálů. [20].....	30
Obr.č. 22: Zobrazení dynamiky tkaniny [20].....	31
Obr.č. 23: Výsledky hodnocení deformace hrubé sítě [20].....	31
Obr.č. 24: Simulace nelineárních anizotropních látkových materiálů [21].....	32
Obr.č. 25: Lineární a nelineární hodnocení tahu a ohybu textilie.[21].....	33
Obr.č. 26: Simulace velkých deformací použitím Jacobianu [22].....	34
Obr.č. 27: Schéma procesu vytváření objektu lidského těla z naskenovaných dat. [22].....	35
Obr.č. 28: Zjednodušené objekty sedadel. [22].....	35
Obr.č. 29: Výsledky Simulované bezpečnostní deformace pro různé tvary trupu z hlediska BMI. [22].....	35
Obr.č. 30: Tvarování oděvů programem Marvelous Designer [23].....	36
Obr.č. 31: Polohování a konstruování oděvů [23].....	36
Obr.č. 32: Simulace oděvu před úpravou [23].....	37
Obr.č. 33: Simulace oděvu po úpravě [23].....	37
Obr.č. 34: Možnosti simulace draperie textilií [23].....	38
Obr.č. 35: Simulace oděvů v programu Vidya [24].....	39
Obr.č. 36: 3D simulace oděvu a 2D znázornění stříhové konstrukce [24].....	40
Obr.č. 37: Simulace padnutí oděvu z hlediska mechanických vlastností [24].....	40
Obr.č. 38: Proces tvorby MTM [24].....	41
Obr.č. 39: Fotorealistická prezentace nasimulovaných oděvů [24].....	42
Obr.č. 40: Vizualizace virtuálního e-shopu [24].....	42

Obr.č. 41: Panel nástrojů DC3D [25].....	43
Obr.č. 42: Delaunayova triangulace [27].....	45
Obr.č. 43: Greedy triangulace postup [27].....	46
Obr.č. 44: Vyhodnocovací škála	46
Obr.č. 45: Mesh quality [25].....	47
Obr.č. 46: Chordal distance.....	47
Obr.č. 47: Average curvature.....	48
Obr.č. 48: Přístroj KES-FB1 [29].....	49
Obr.č. 49: Přístroj KES-FB3 [29].....	50
Obr.č. 50: Mechanické vlastnosti vzorek M2	53
Obr.č. 51: Mechanické vlastnosti vzorek M1	53
Obr.č. 52: Objekt č.1 válec	56
Obr.č. 53: Objekt 1 válec - špatná modelace	57
Obr.č. 54: Objekt 1 válec- síť mesh.....	57
Obr.č. 55: Objekt 1 válec - špatná proporcionalita sítě.....	58
Obr.č. 56: Objekt 1 válec – Grain-Y - Strain (směr útku).....	58
Obr.č. 57: Objekt 2 Krychle.....	59
Obr.č. 58: Objekt 3 Koule.....	60
Obr.č. 59: Objekt 4 filled stříh 1.....	60
Obr.č. 60: Objekt 4 filled Stříh 2.....	60
Obr.č. 61: Objekt 4 filled Stříh 1- analýza strain	61
Obr.č. 62: Objekt 4 filled Stříh 2- analýza strain.....	61
Obr.č. 63: Objekt 5 Opěrka- stříh 2.....	62
Obr.č. 64: Objekt 5 Opěrka- stříh 1.....	62
Obr.č. 65: Výsledný objekt- dámské torzo.....	64
Obr.č. 66: Dámské torzo- kontrola objektu.....	64
Obr.č. 67: Stříh 1 přední díl (PD).....	65
Obr.č. 68: Stříh 1 zadní díl (ZD).....	65
Obr.č. 69: Stříh 2 přední díl (PD).....	66
Obr.č. 70: Stříh 2 zadní díl (ZD).....	66
Obr.č. 71: Stříh 2 boční díl (BD).....	66
Obr.č. 72: Stříh 3 tvarování prsního košíčku.....	66
Obr.č. 73: Stříh 3 tvarované sedlo.....	66
Obr.č. 74: Stříh 3 členění zadního dílu.....	66
Obr.č. 75: Stříh 1 Shear angle.....	68
Obr.č. 76: Stříh 1 3D strain.....	68
Obr.č. 77: Stříh 1 2D strain.....	68
Obr.č. 78: Stříh 1 Global pressure.....	69
Obr.č. 79: Stříh 1 Cross-X strain PD M1.....	69
Obr.č. 80: Stříh 1 Cross-X strain ZD M1.....	70
Obr.č. 81: Stříh 1 Grain-Y strain PD M1.....	70
Obr.č. 82: Stříh 1 Grain-Y strain ZD M1.....	71
Obr.č. 83: Stříh 1 Cross-X strain PD M2.....	71
Obr.č. 84: Stříh 1 Grain-Y strain PD M2.....	72
Obr.č. 85: Stříh 1 Grain-Y strain ZD M2.....	72
Obr.č. 86: Optimalizace stříhu 1 pro materiál M1.....	74
Obr.č. 87: Optimalizace stříhu 1 pro materiál M2.....	74

Obr.č. 88: Střih 1 Cross-X strain PD po optimalizaci M1.....	75
Obr.č. 89: Střih 1 Cross-X strain ZD po optimalizaci M1.....	75
Obr.č. 90: Střih 1 Grain-Y strain PD po optimalizaci M1.....	76
Obr.č. 91: Střih 1 Grain-Y strain ZD po optimalizaci M1.....	76
Obr.č. 92: Střih 1 Cross-X strain PD po optimalizaci M2.....	77
Obr.č. 93: Střih 1 Cross-X strain ZD po optimalizaci M2.....	77
Obr.č. 94: Střih 1 Grain-Y strain PD po optimalizaci M2.....	78
Obr.č. 95: Střih 1 Grain-Y strain ZD po optimalizaci M2.....	78
Obr.č. 96: Porovnání optimalizovaných stříhů pro M1(černá) a M2 (šedá).....	79
Obr.č. 97: Stříhové šablony pro původní stříh, AutoCAD.....	80
Obr.č. 98: Stříhové šablony pro M1 AutoCAD.....	80
Obr.č. 99: Stříhové šablony pro M2AutoCAD.....	81
Obr.č. 100: Střih 1 varianta 2-deformace	82
Obr.č. 101: Střih 2 varianta 1 -optimalizace stříhu.....	83
Obr.č. 102: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain PD.....	84
Obr.č. 103: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain ZD.....	84
Obr.č. 104: Střih 2 varianta 2-Grain-Y strain BD.....	85
Obr.č. 105: Střih 2 varianta 2-porovnání stříhů před a po optimalizaci M1.....	86
Obr.č. 106: Střih 2 varianta 3-funkce LIMIT.....	86
Obr.č. 107: Střih 2 varianta 3-optimalizace funkcí LIMIT.....	87
Obr.č. 108: Střih 2 porovnání varianta 2(černá), varianta 3(bílá).....	87
Obr.č. 109: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci PD.....	88
Obr.č. 110: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci BD.....	88
Obr.č. 111: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci ZD.....	88
Obr.č. 112: Střih 2 možnost třetí Grain-Y strain po optimalizaci LIMIT.....	89
Obr.č. 113: Střih 3 základní modelace přední díl.....	90
Obr.č. 114: Střih 3 základní modelace zadní díl.....	90
Obr.č. 115: Střih 3 varianta 1, Cross-X strain PD M1.....	90
Obr.č. 116: Střih 3 varianta 1, Grain-Y strain PD M1.....	91
Obr.č. 117: Střih 3 varianta 2, Cross-X strain LIMIT.....	92
Obr.č. 118: Střih 3 varianta 2, Grain-Y strain LIMIT.....	92
Obr.č. 119: Porovnání původního stříhu 3 a stříhu optimalizovaného varianta 2.....	93
Obr.č. 120: Střih 3 Cross-X strain LIMIT M1.....	93
Obr.č. 121: Střih 3 Grain-Y strain LIMIT M1.....	94
Obr.č. 122: Porovnání stříhových šablon před a po optimalizaci pro materiál M2.....	94
Obr.č. 123: Střih 3 Cross-X strain LIMIT M1 po optimalizaci.....	95
Obr.č. 124: Střih 3 Grain-Y strain LIMIT M1 po optimalizaci.....	95
Obr.č. 125: Střih3 porovnání stříhu po optimalizaci pro materiál M1(červená) a materiál M2 (žlutá)	96
Obr.č. 126: Střih 3 varianta 3,kombinace sítě mesh.....	97
Obr.č. 127: Střih 3, varianta 3 komplikace.....	97
Obr.č. 128: Vytvořené stříhové díly.....	98
Obr.č. 129: Střih 1, M1 , PD.....	99
Obr.č. 130: Střih 1, M1 po optimalizaci , PD.....	99
Obr.č. 131: Střih 1, M1 po optimalizaci, detail PD.....	100
Obr.č. 132: Střih 1, materiál M1, ZD.....	100
Obr.č. 133: Střih 1, materiál M1, po optimalizaci, ZD.....	100

Obr.č. 134: Střih 1, materiál M2, PD.....	101
Obr.č. 135: Střih 1, materiál M2, po optimalizaci, PD.....	101
Obr.č. 136: Střih 1, materiál M2, ZD.....	102
Obr.č. 137: Střih 1, materiál M2, po optimalizaci ZD.....	102

3. Seznam tabulek

Tabulka 1: Materiál M1.....	51
Tabulka 2: Mechanické vlastnosti materiálu M1.....	51
Tabulka 3: Materiál M2.....	52
Tabulka 4: Mechanické vlastnosti materiálu M2.....	52
Tabulka 5: Hodnoty pro úpravu střihu 1 varianty 1.....	73
Tabulka 6: Rozdíly naměřených rozměrů pro střih 1 varianta 1.....	81
Tabulka 7: Hodnoty pro optimalizaci střihu 2 varianty 2.....	85
Tabulka 8: Hodnoty pro optimalizaci střihu 3 varianty 2.....	92

4. Seznam příloh

Příloha 1 - Filled - Analýza mechanických vlastností Objektu pro střih 1 a střih 2

Příloha 2 - Opěrka - Analýza mechanických vlastností pro střih 1 a střih 2 materiálu M1 a M2

Příloha 3 - Export střihových šablon do AutoCAD – Střih 2

Příloha 4 - Export střihových šablon do AutoCAD – Střih 3

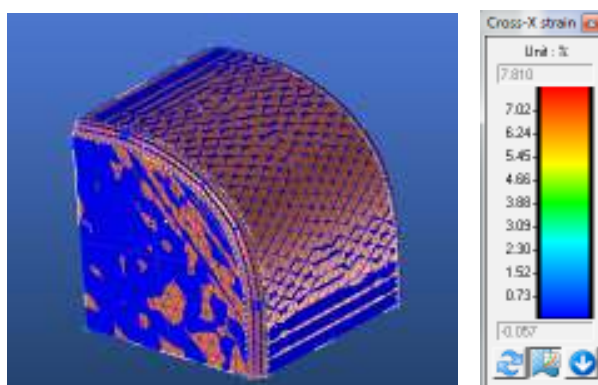
Přílohy

Příloha 1

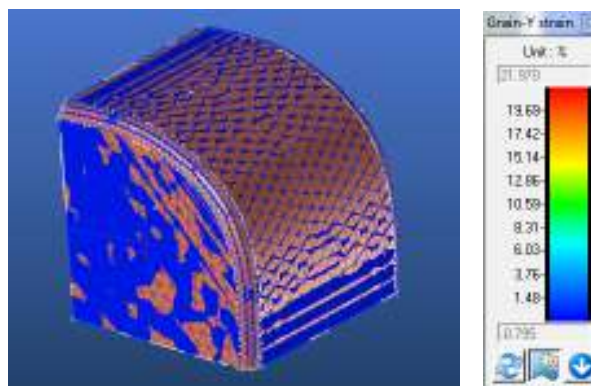
Filled - Analýza mechanických vlastností Objektu pro stříh 1 a stříh 2

- filled stříh 1 mat. M1

Cross-X- Strain

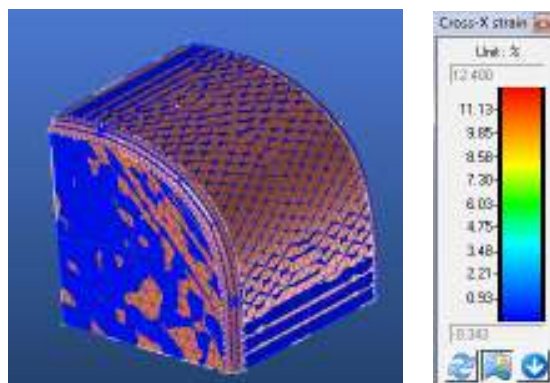


Grain-Y- Strain

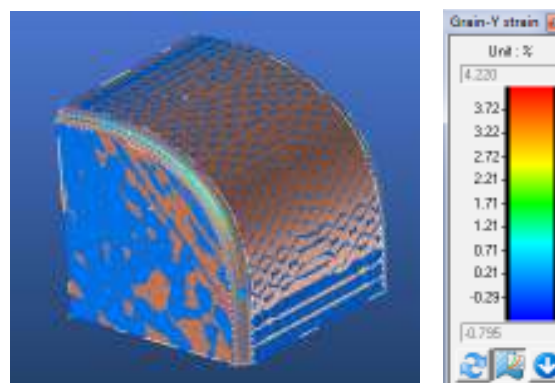


- filled stříh 1 mat. M2

Cross-X- Strain

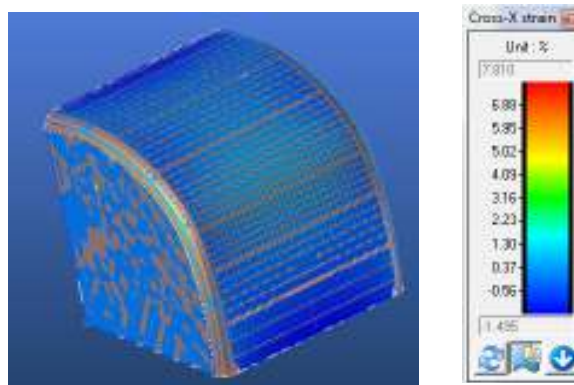


Grain-Y- Strain

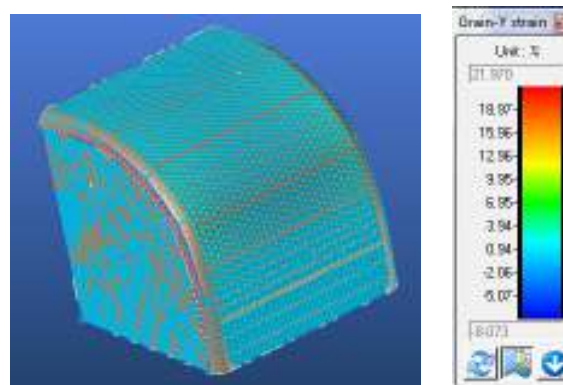


- filled stříh 2 mat. M1

Cross-X- Strain

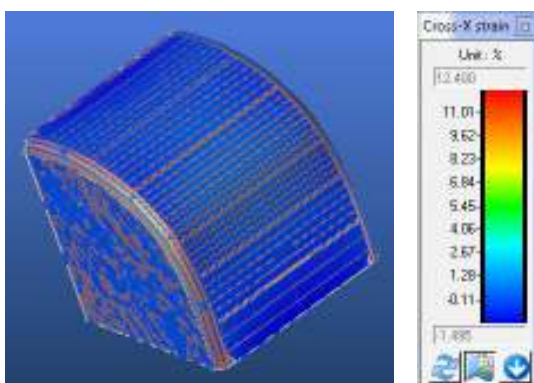


Grain-Y- Strain

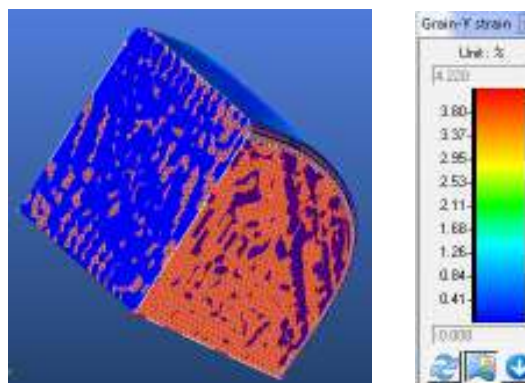


➤ filled stříh 2 mat. M2

Cross-X- Strain



Grain-Y- Strain

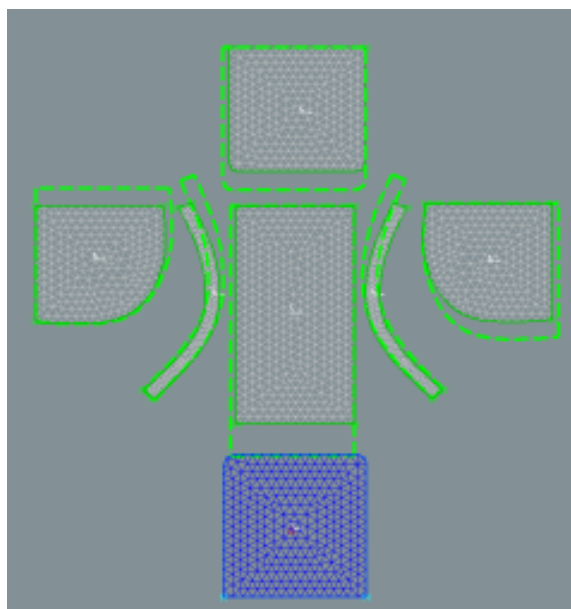


1.1. Hodnoty pro optimalizaci stříhu 1 a stříhu 2

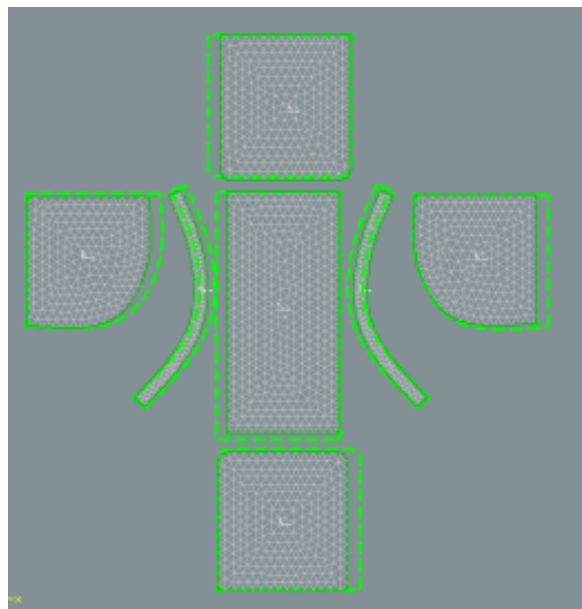
Název objektu	filled stříh 1		filled stříh 2	
Strain %	M1	M2	M1	M2
Cross X	-4.66	-8.58	-5.02	-8.10
Grain Y	-12.86	-2.72	-12.96	-2

1.3. Optimalizace stříhu

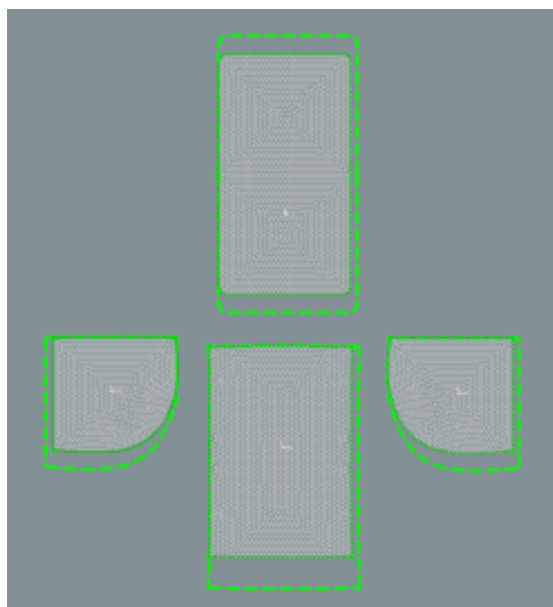
filled stříh 1 materiál M1



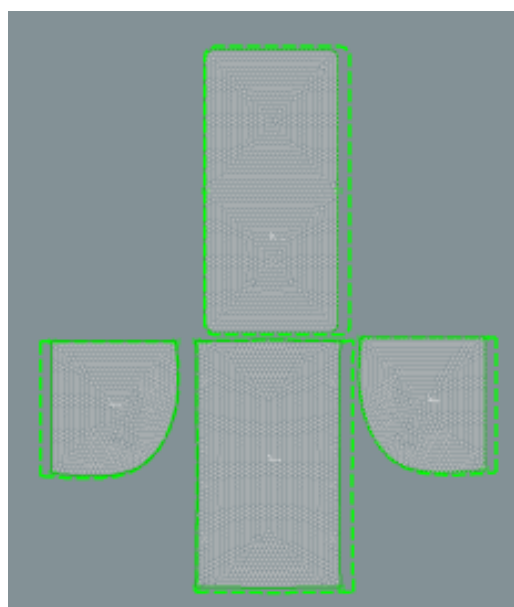
M2



filled střih 2 materiál M1



M2



1.4. Tabulka hodnot mechanických vlastností před a po optimalizaci

Materiál M1	filled střih 1		Optimalizace		filled střih 2		Optimalizac	
Analýza	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Shear angle [°]	0.919	0	0.049	0	1.472	0	1.472	0
3D strain [%]	1.307	-1.928	7.810	4.638	2.159	-10.481	17.361	2.948
2D strain [%]	1.966	-1.290	-4.433	-13.725	11.709	-2.113	-2.769	-14.793
Global pressure [MPa]	0.001	0	0.003	0	0	0	0.007	0

Materiál M1	filled střih 1		Optimalizace		filled střih 2		Optimalizac	
Cross-X	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	7.810	0.057	4.921	4.828	7.810	1.495	7.862	3.711
Curvature [m-1]	99.557	47.242	99.487	0	103.547	-0.028	103.547	-0.028
Stress [N/m]	49.009	0	25.066	20.54	8.977	0	49.009	15.463
Pressure [MPa]	0	0	0.003	0	0	0	0	0
Grain-Y	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	21.970	0.795	16.520	13.846	21.970	-8.073	17.078	5.615
Curvature [m-1]	75.066	-1.784	75.066	-1.784	14.627	-5.022	14.627	-5.022
Stress [N/m]	49.071	0	38.433	32.858	4.924	0	39.568	14.164
Pressure [MPa]	0	0	0.003	0	0	0	0.007	0

Filled materiál M2

Materiál M2	filled střih 1		Optimalizace		filled střih 2		Optimalizace	
Analýza	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Shear angle [°]	0.919	0	0.919	0	1.472	0	1.472	0
3D strain [%]	1.307	-1.928	4.220	-2.648	2.159	-10.481	9.213	-8.654
2D strain [%]	1.966	-1.290	2.270	-8.915	11.709	-2.113	9.474	-8.436
Global pressure [MPa]	0.001	0	0.006	0	0.001	0	0.005	0

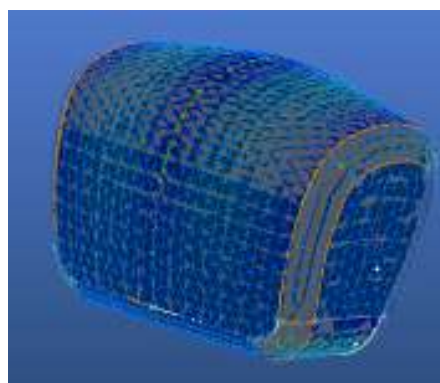
Materiál M2	filled stříh 1		Optimalizace		filledstříh 2		Optimalizace	
Cross-X	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	12.400	0.343	9.420	9.323	12.400	-1.495	11.477	7.187
Curvature [m-1]	99.588	47.242	99.557	47.242	103.547	-0.028	103.547	-0.028
Stress [N/m]	49.026	0	41.212	40.914	13.499	0	47.787	33.874
Pressure [MPa]	0	0	0.003	0	0	0	0	0
Grain-Y	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	4.220	-0.795	4.374	-2.648	4.220	-8.073	4.220	-6.197
Curvature [m-1]	75.066	-1.784	75.066	-1.784	14.627	-5.022	14.627	-5.022
Stress [N/m]	48.752	0	48.752	0	22.044	0	46.042	0
Pressure [MPa]	0	0	0.002	0	0	0	0	0

Příloha 2

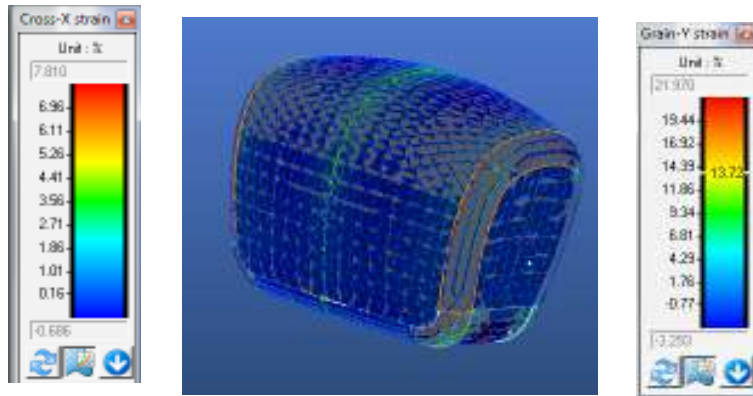
Opěrka - Analýza mechanických vlastností pro stříh 1 a stříh 2 materiálu M1 a M2

- Opěrka stříh 1 mat. M1

Cross-X- Strain



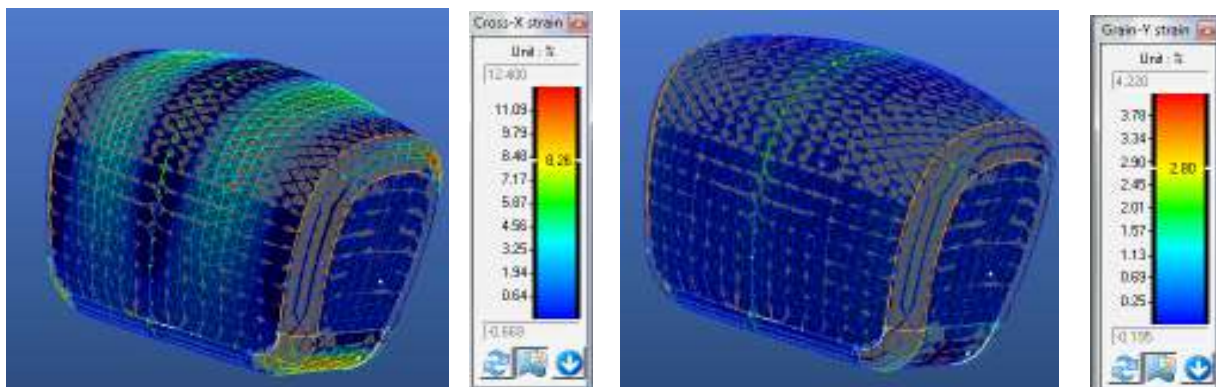
Grain-Y- Strain



- Opěrka stříh 1 mat. M2

Cross-X- Strain

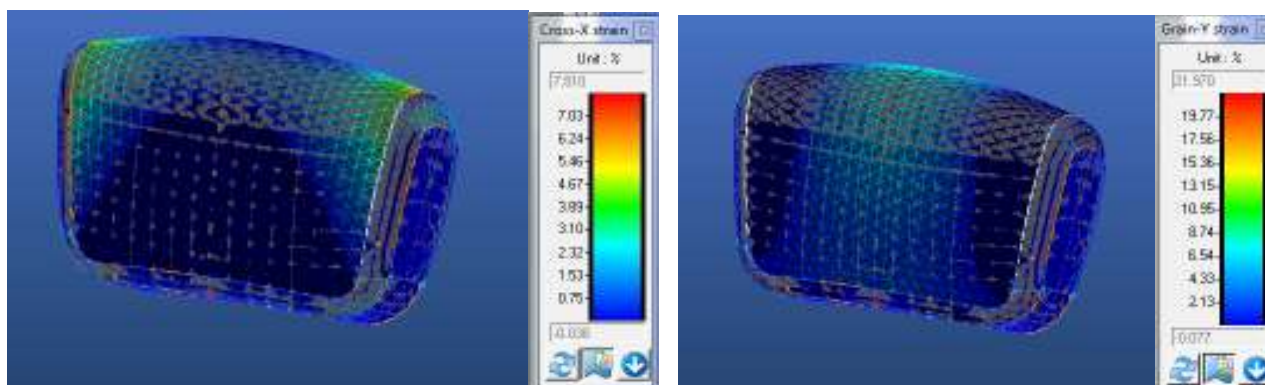
Grain-Y- Strain



- Opěrka stříh 2 mat. M1

Cross-X- Strain

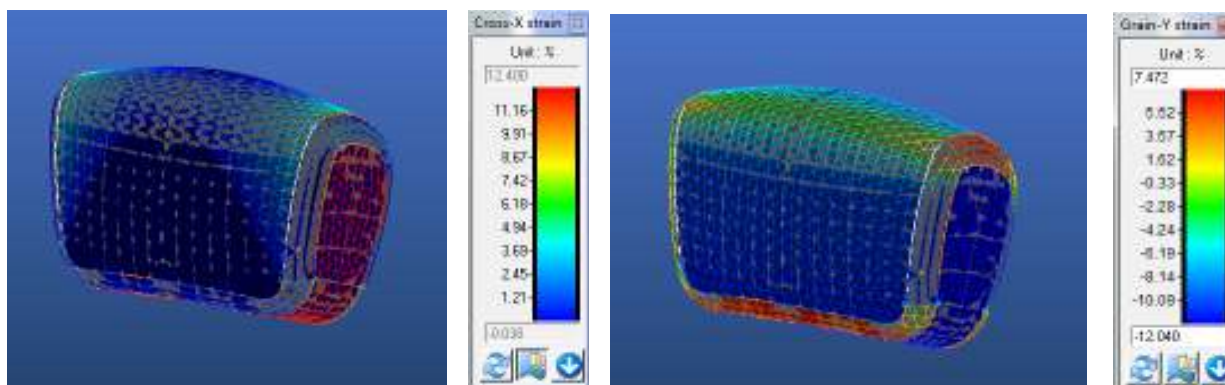
Grain-Y- Strain



➤ **Opěrka stříh 2 mat M2**

Cross-X- Strain

Grain-Y- Strain



2.2. Hodnoty pro optimalizaci stříhu 1 a stříhu 2

Název objektu	Opěrka stříh 1		Opěrka stříh 2	
Strain %	M1	M2	M1	M2
Cross X	-5.04	-8.23	-5.30	-8.00
Grain Y	-14.00	-2.13	-15.30	-1.50

2.3. Optimalizace stříhu

M1

Materiál	Opěrka stříh 1	Optimalizace	Opěrka stříh 2	Optimalizace
M1				

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Analyza	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Shear angle [°]	1.381	0.011	1.451	0.009	4.546	0	4.546	0.049
3D strain [%]	5.646	-7.316	21.327	-4.037	7.810	-13.469	26.939	-3.423
2D strain [%]	7.894	-5.344	4.207	-17.578	15.565	-6.992	3.544	-21.222
Global pressure [MPa]	0.001	0	0.007	0	0	0	0.006	0

Materiál M1	Opěrka stříh 1	Optimalizace	Opěrka stříh 2	Optimalizace
-------------	----------------	--------------	----------------	--------------

Cross-X	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	7.810	-0.686	7.506	1.718	7.810	-0.038	8.863	-3.299
Curvature [m-1]	100.315	-2.829	99.579	-1.403	100.836	-1.351	100.836	-1.351
Stress [N/m]	49.009	0	45.795	0	49.009	0	49.009	0
Pressure [MPa]	0	0	0.004	0	0	0	0	0
Grain-Y	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	21.970	-3.293	18.074	12.085	21.970	-0.077	26.886	3.849
Curvature [m-1]	103.803	-0.432	72.199	2.565	101.479	-0.698	101.479	-0.698
Stress [N/m]	49.071	0	49.071	20.139	49.071	0	49.071	9.936
Pressure [MPa]	0	0	0.001	0	0.001	0	0.004	0

M2

Materiál M2	Opěrka stříh 1	Optimalizace	Opěrka stříh 2	Optimalizace
-------------	----------------	--------------	----------------	--------------

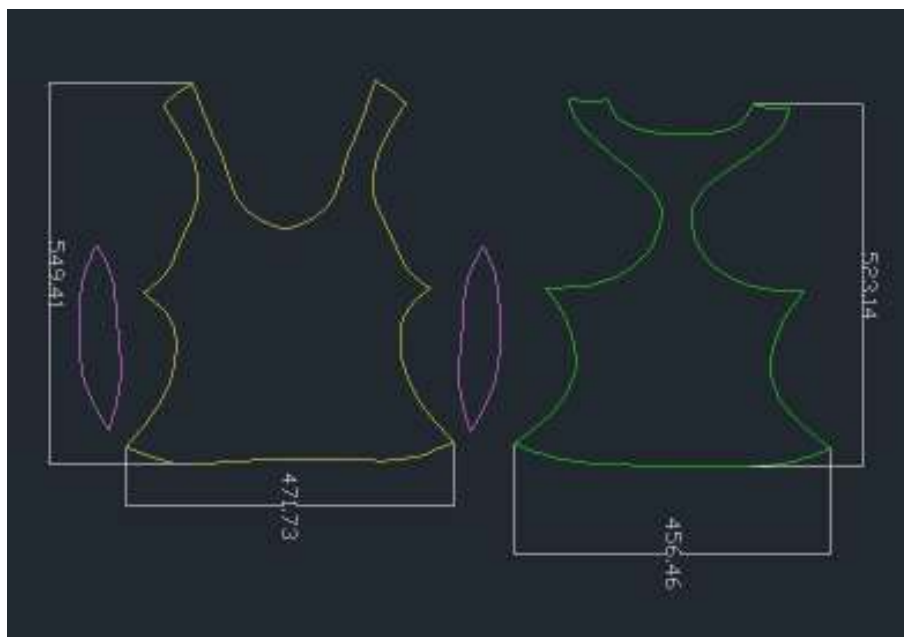
Analyza	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Shear angle [°]	1.381	0.011	1.451	0.009	4.546	0	4.546	0.049
3D strain [%]	5.646	-7.316	10.945	-5.501	7.518	-13.469	12.410	-12.151
2D strain [%]	7.894	-5.344	5.822	-9.866	15.565	-6.992	13.831	-11.040
Global pressure [MPa]	0.005	0	0.008	0	0.003	0	0.003	0

Materiál M2	Opěrka stříh 1		Optimalizace		Opěrka stříh 2		Optimalizace	
Cross-X	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	12.400	-2.727	12.400	0.074	12.400	-0.038	13.077	0.444
Curvature [m-1]	100.315	-2.828	99.376	1.403	100.836	-1.351	100.836	-1.351
Stress [N/m]	49.026	0	49.026	0.430	49.026	0	49.026	2.562
Pressure [MPa]	0	0	0.004	0	0	0	0	0
Grain-Y	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Strain [%]	4.220	-0.195	4.220	-1.324	7.472	-12.040	9.109	-10.701
Curvature [m-1]	103.803	-0.432	101.540	1.769	101.479	-0.698	101.479	-0.698
Stress [N/m]	48.752	0	52.346	0	48.752	0	48.752	0
Pressure [MPa]	0.005	0	0.004	0	0.002	0	0.003	0

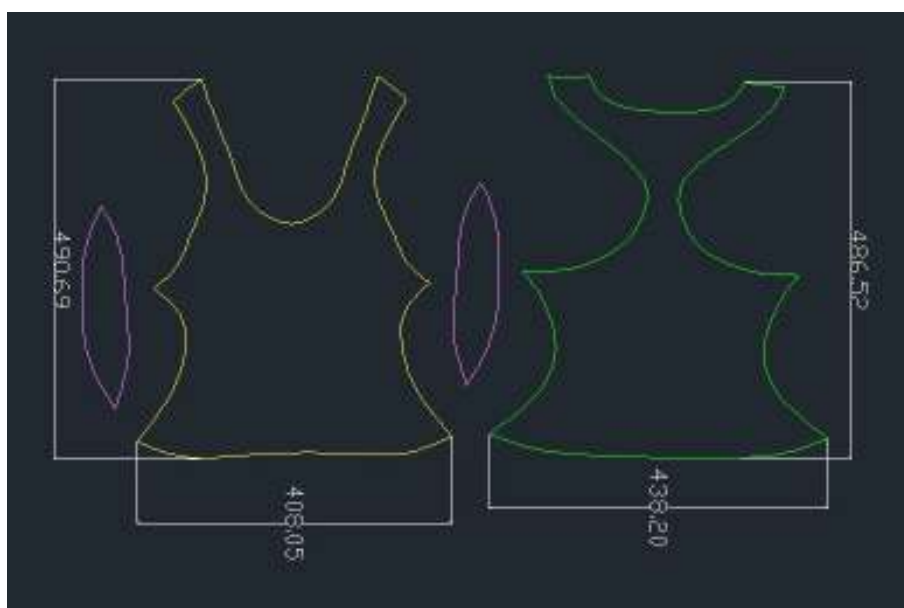
Příloha 3.

3. Export stříhových šablon do AutoCAD – Stříh 2

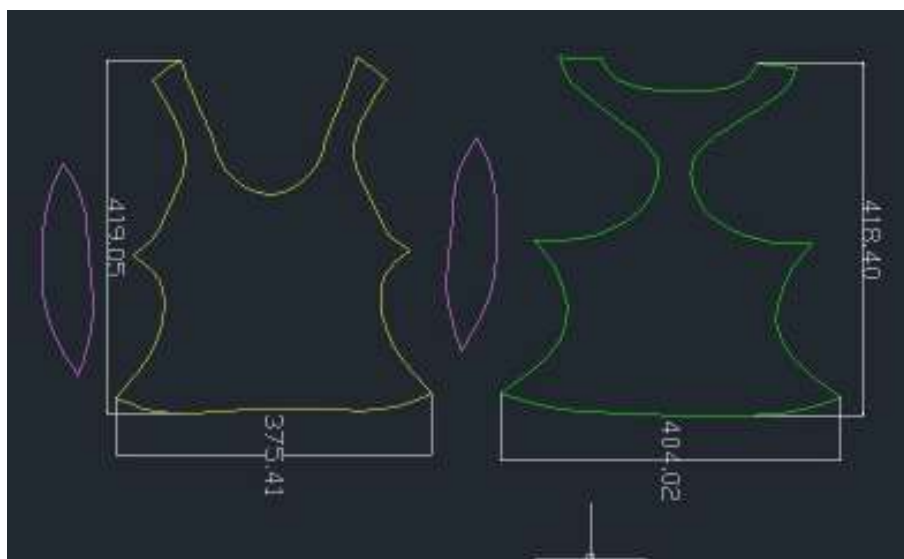
3.1. Stříh 2



3.2. Střih 2 varianta 1, materiál M1



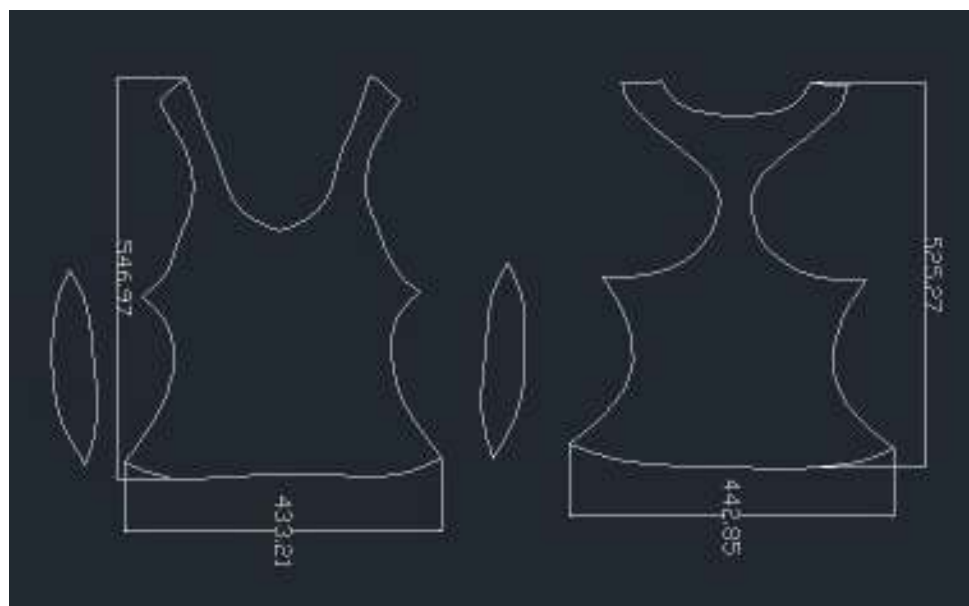
3.3. Střih 2 varianta 1, materiál M2



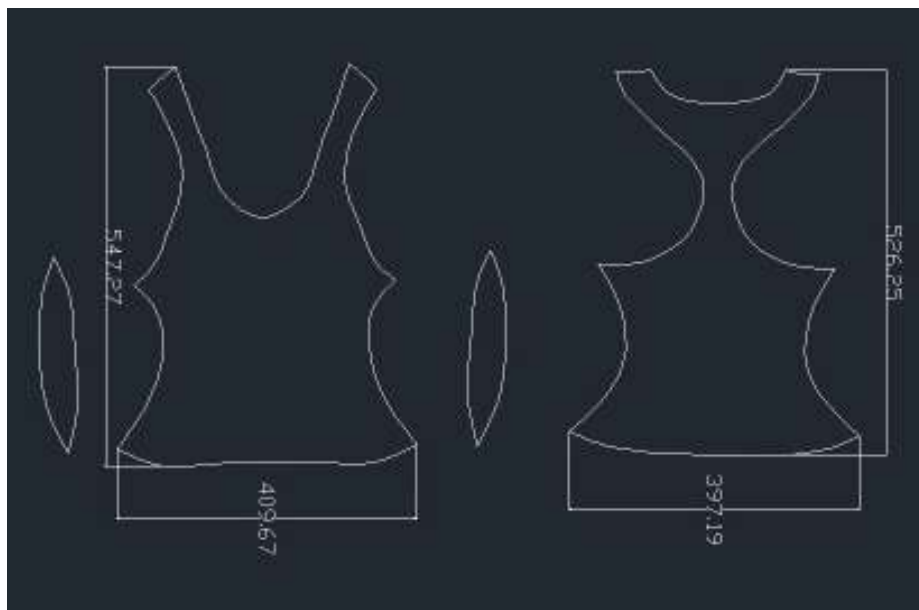
Tabulka rozdílů hodnot střihu 2 varianty 1, materiálu M1 a M2

Díl / materiál	Původní	Varianta 1 M1	Varianta 1 M2
PD výška/ šířka (cm)	54,9 / 47,1	49 / 40,8	41,9 / 37,5
ZD výška/ šířka (cm)	52,3 / 45,6	48,6 / 43,8	41,8 / 40,4

3.4. Střih 2 Varianta 2 jednotlivé díly



3.5. Střih 2 – Varianta 3 funkce LIMIT



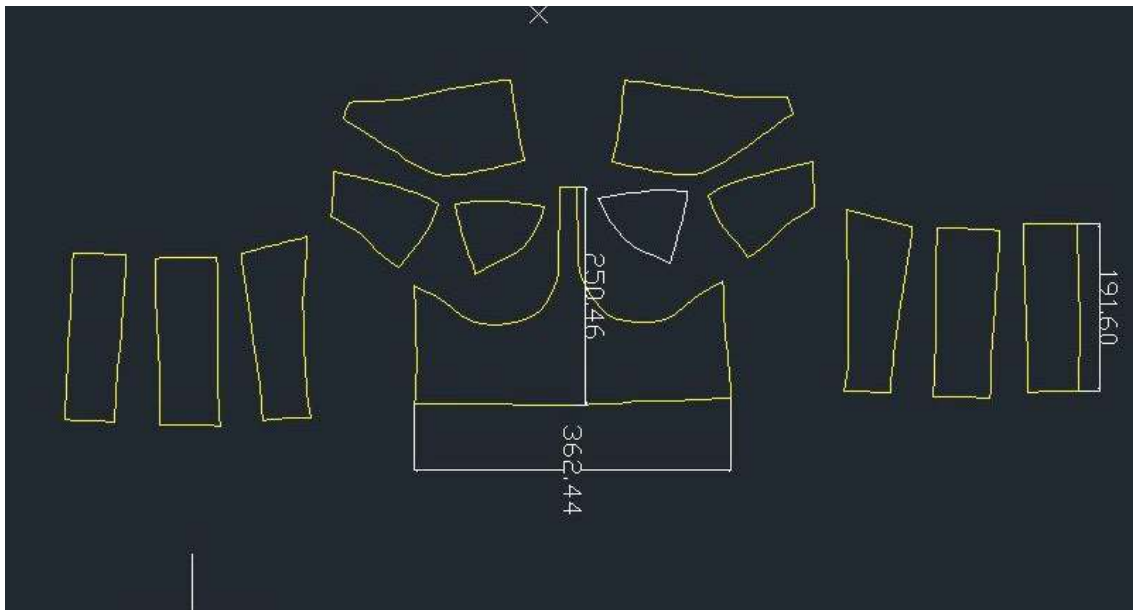
Tabulka rozdílů hodnot střihu 2 varianty 2 a varianty 3

Díl / materiál	Původní	Varianta 2 - M1 Díly	Varianta 3 - M1 LIMIT
PD výška/ šířka (cm)	54,9 / 47,1	54,6 / 43,3	54,7 / 40,9
ZD výška/ šířka (cm)	52,3 / 45,6	52,5 / 44,2	52,6 / 39,7

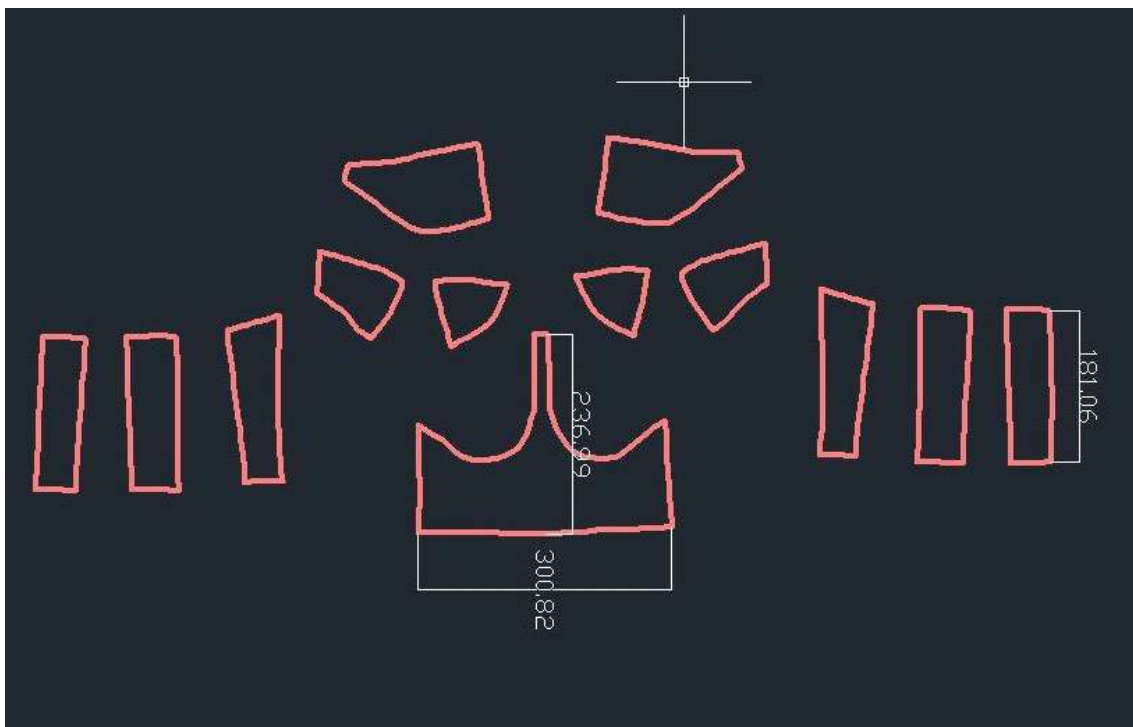
Příloha 4

4. Export stříhových šablon do AutoCAD – Střih 3

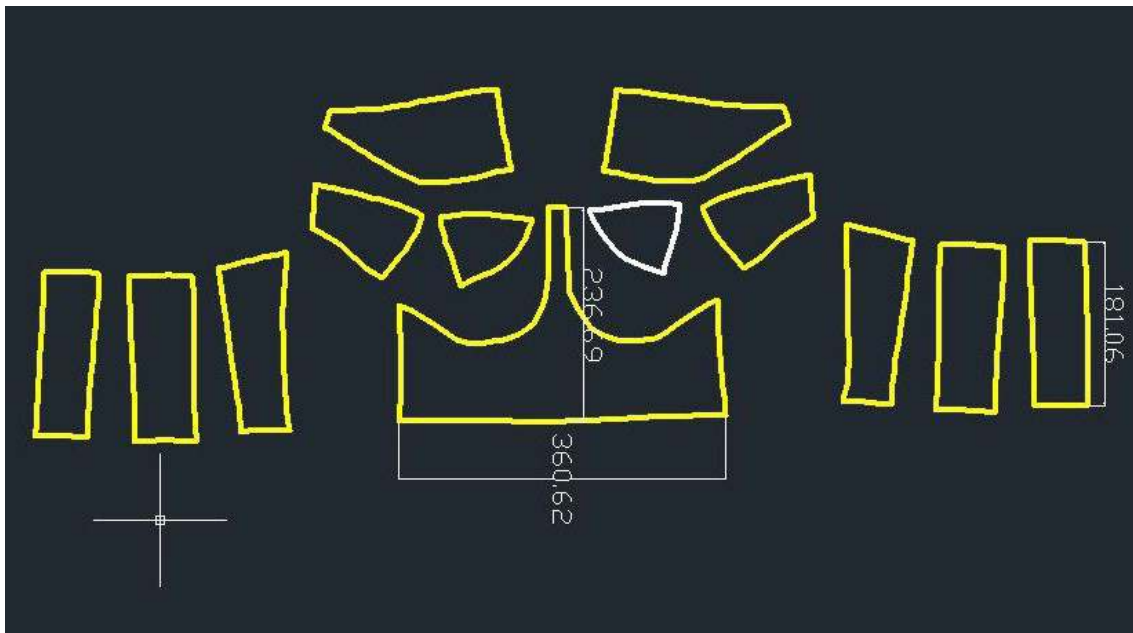
4.1. Střih 3



4.2.. Střih 3 varianta 1 materiál M1



4.3. Střih 3 varianta 1 materiál M2



4.4. Tabulka rozdílů hodnot stříhu 3 varianty 1

Díl / materiál	Původní stříh	M1	M2
SEDLO výška/šířka (cm)	25 / 36,2	23,6 / 30	23,6 / 36
ZD výška (cm)	19,1	18,1	18,1

KATALOG

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**



**VZTAH MEZI DESIGNEM, VÝVOJEM VÝROBKU
A VLASTNOSTMI TEXTILNÍHO MATERIÁLŮ PŘI
3D MODELOVÁNÍ ODĚVŮ A TECHNICKÉ
KONFEKCE**

**KATALOG VYHODNOCENÍ MECHANICKÝCH
VLASTNOSTÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Denisa Salačová

2014/2015

4. Obsah

1. Střih 1.....	4
1.1. Střih 1 – varianta 1 - materiál M1	4
1.1.1. Analýza mechanických vlastností.....	4
1.1.1.1. Cross-X strain	4
1.1.1.2. Grain-Y strain.....	5
1.1.1.3. Bias 45° strain	7
1.1.2. Střih 1 materiál M1 optimalizace stříhových dílů.....	8
1.1.2.1. Rozdíl stříhu původního a po optimalizaci.....	9
1.1.3. Střih 1 – varianta 1 - materiál M1 – Analýza mechanických vlastností po optimalizaci..	9
1.1.3.1. Cross-X strain.....	9
1.1.3.2. Grain-Y strain	11
1.1.3.3. Bias 45° strain.....	12
1.1.4. Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností pro materiál M1.....	13
1.2. Střih 1 materiál M2	15
1.2.1. Analýza mechanických vlastností.....	15
1.2.1.1. Cross-X strain.....	15
1.2.1.2. Grain-Y strain.....	16
1.2.1.3. Bias 45° strain.....	18
1.2.2. Optimalizace stříhových dílů.....	19
1.2.2.1. Rozdíl stříhu původního a stříhu po optimalizaci.....	20
1.2.3. Střih 1 – varianta 1 - materiál M2 – Analýza mechanických vlastností po optimalizace.....	20
1.2.3.1. Cross-X strain.....	20
1.2.3.2. Grain-Y strain.....	22
1.2.3.3. Bias 45° strain.....	23
1.2.4. Střih 1 – porovnání optimalizovaného stříhu pro M1 (světlá) a M2 (tmavá).....	25
1.2.5. Střih 1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností pro materiál M2.....	25
2. Střih 2	27
2.1. Střih 2, varianta 1.....	27
2.2. Střih 2 materiál M1.....	27
2.2.1. Analýza mechanických vlastností.....	27
2.2.1.1. Cross-X strain.....	27
2.2.1.2. Grain-Y strain.....	29
2.2.1.3. Bias 45° strain.....	30
2.2.2. Střih 2 materiál M1 – Optimalizace stříhových šablon.....	32
2.2.3. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci.....	34
2.2.3.1. Cross-X strain.....	34
2.2.3.2. Grain-Y strain.....	36
2.2.3.3. Bias 45° strain.....	38
2.2.4. Střih 2 materiál M1 – Výsledné hodnoty mechanických vlastností.....	40
2.3. Střih 2 materiál M2	42
2.3.1. Analýza mechanických vlastností.....	42
2.3.1.1. Cross-X strain.....	42
2.3.1.2. Grain-Y strain.....	44

2.3.1.3. Bias 45° strain.....	46
2.3.2. Střih 2 materiál M2 – Optimalizace stříhových dílů.....	48
2.3.2.1. Střih 2 materiál M2 – Rozdíl stříhu původního a stříhu po optimalizaci.....	49
2.3.3. Střih 2 materiál M2 Analýza mechanických vlastností po optimalizaci.....	50
2.3.3.1. Cross-X strain.....	50
2.3.3.2. Grain-Y strain.....	51
2.3.3.3. Bias 45° strain.....	53
2.3.4. Rozdíl stříhových dílů po optimalizaci jednotlivých materiálů.....	55
2.3.5. Střih 2 materiál M2 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností.....	56
2.4. Střih 2 - Varianta 2 - síť mesh 20 mm	58
2.4.1. Analýza mechanických vlastností - Materiál M1.....	58
2.4.1.1. Cross-X strain.....	58
2.4.1.2. Grain-Y strain.....	60
2.4.1.3. Bias 45° strain.....	62
2.4.2. Střih 2 – Varianta 2 – materiál M1 - Optimalizace stříhových dílů.....	64
2.4.2.1. Střih 2 – varianta 2 – materiál M1 . Porovnání stříhu původního a stříhu po optimalizaci.....	65
2.4.3. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci.....	66
2.4.3.1. Cross-X strain.....	66
2.4.3.2. Grain-Y strain.....	68
2.4.3.3. Bias 45° strain.....	70
2.4.4. Střih 2 – varianta 2 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností.....	72
2.5. Střih 2 - varianta 3 – materiál M1	74
2.5.1. Optimalizace stříhu - použití funkce LIMIT.....	74
2.5.1.1. Střih 2 – varianta 3 – materiál M1 – porovnání stříhu před a po optimalizaci.....	74
2.5.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci.....	75
2.5.2.1. Cross-X strain.....	75
2.5.2.2. Grain-Y strain.....	77
2.5.2.3. Bias 45° strain.....	79
2.5.3. Střih 2 – porovnání varianty 2(tmavá) a varianty 3(světlá).....	81
2.5.4 Střih 2 – varianta 3 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností	82
3. Střih 3.....	84
3.1. Střih 3 – varianta 1 - materiál M1	84
3.1.1. Analýza mechanických vlastností.....	84
3.1.1.1. Cross-X strain.....	84
3.1.1.2. Grain-Y.....	88
3.1.1.3. Bias 45° Strain.....	91
3.1.2. Optimalizace materiálu M1.....	95
3.2. Střih 3 varianta 2 Materiál M1.....	95
3.2.1. Optimalizace stříhových dílů.....	95
3.2.1.1. Rozdíl stříhů před a po optimalizaci.....	96
3.2.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci	96
3.2.2.1. Cross-X strain.....	96
3.2.2.2. Grain-Y strain	100
3.2.2.3. Bias 45° strain	104

3.2.3. Střih 3 – varianta 2 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností.....	109
3.3. Střih 3 – Varianta 1 materiál M2	113
3.3.1. Analýza mechanických vlastností.....	113
3.3.1.1. Cross-X strain.....	113
3.3.1.2. Grain-Y strain.....	117
3.3.1.3. Bias 45° Strain.....	121
3.3.2. Optimalizace stříhových dílů.....	125
3.4. Střih 3 – varianta 2 – materiál M2	125
3.4.1. Optimalizace stříhových dílů.....	125
3.4.1.1. Rozdíl stříhu původního a po optimalizaci.....	126
3.4.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci	126
3.4.2.1. Cross-X strain	126
3.4.2.2. Grain-Y strain.....	130
3.4.2.3. Bias 45° Strain.....	134
3.4.3. Střih 3 – varianta 2 – materiál M2 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností.....	138

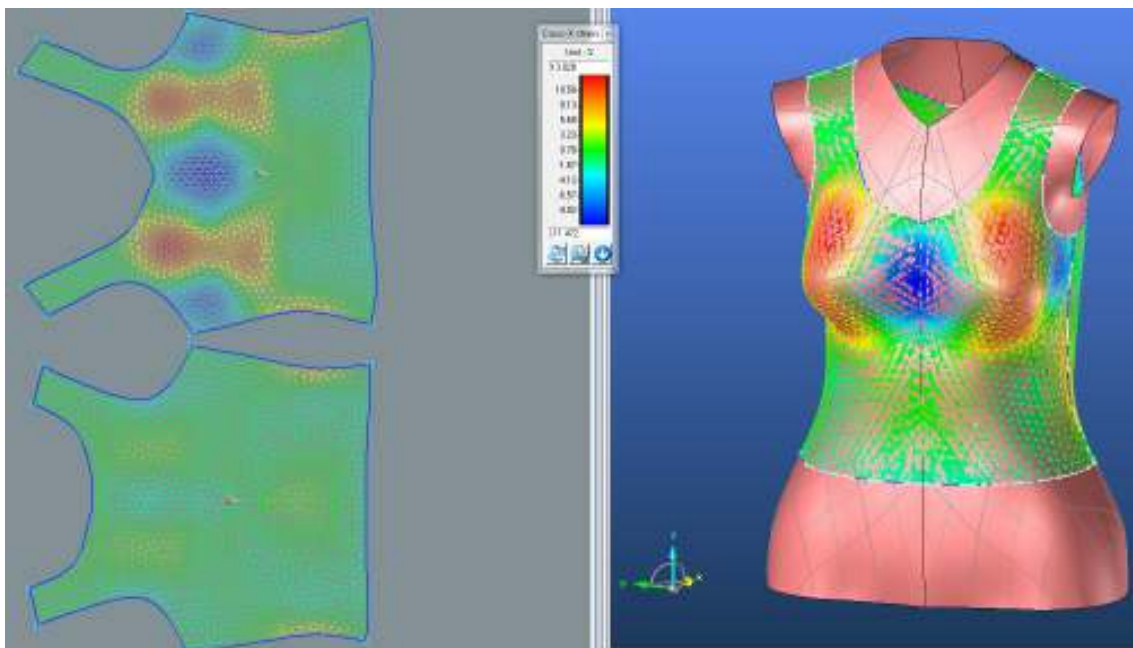
1. Střih 1

1.1. Střih 1 – varianta 1 - materiál M1

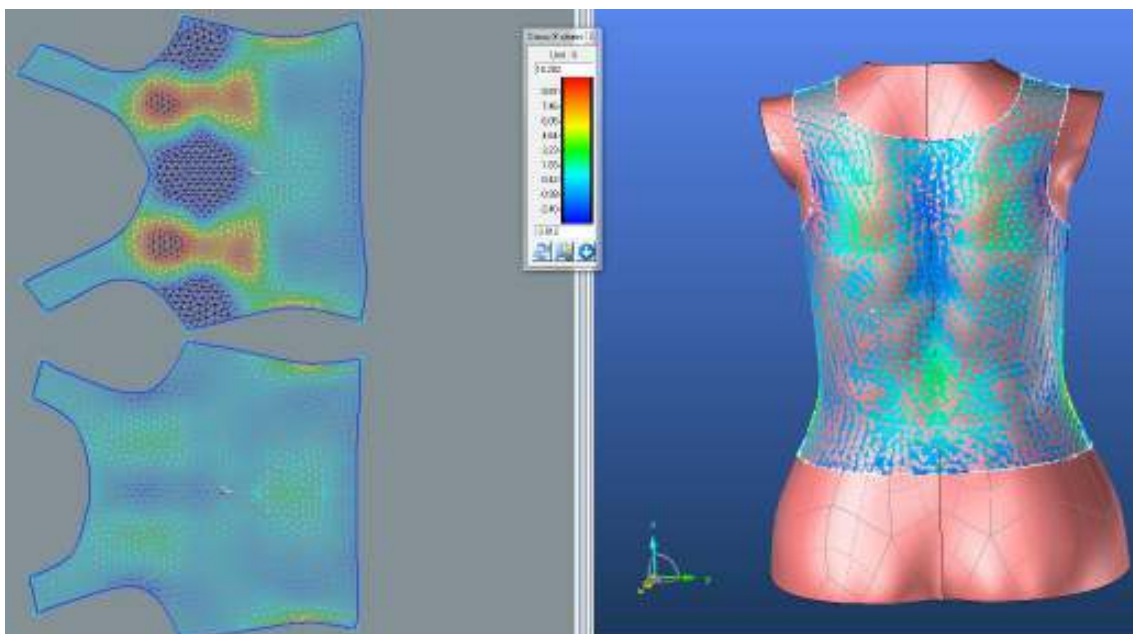
1.1.1. Analýza mechanických vlastností

1.1.1.1. Cross-X strain

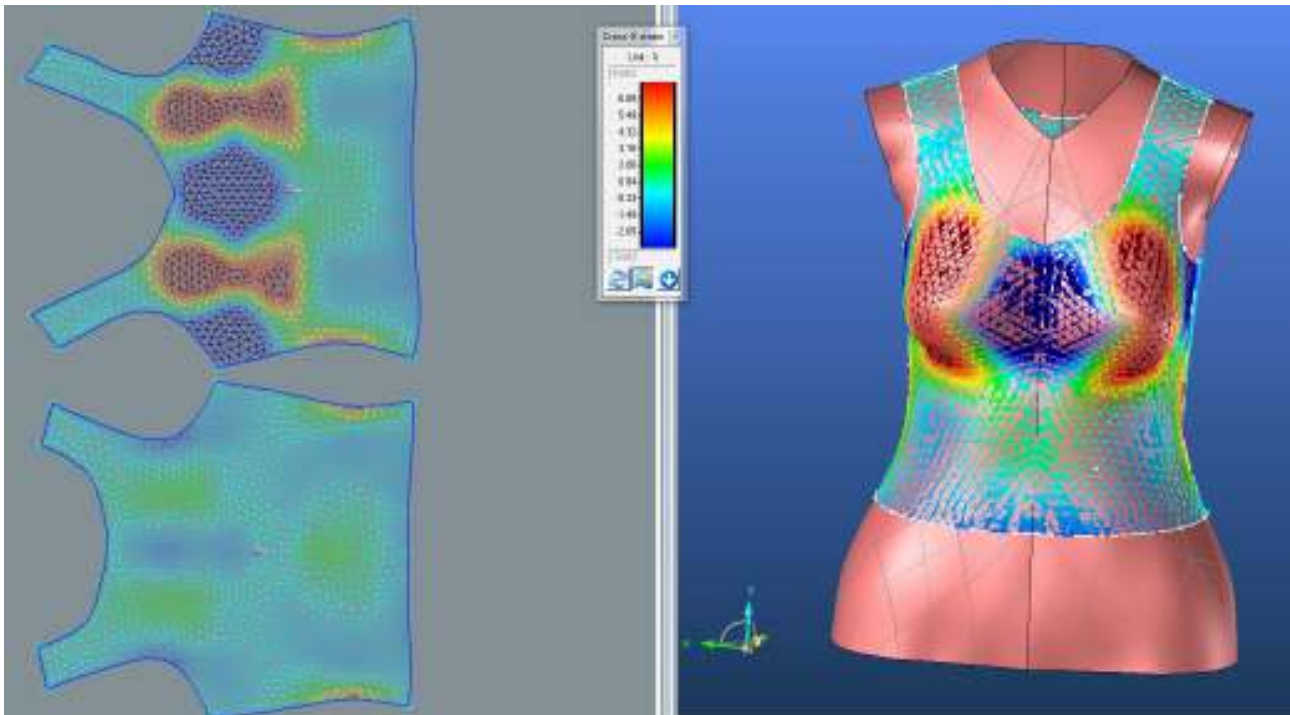
PD



ZD

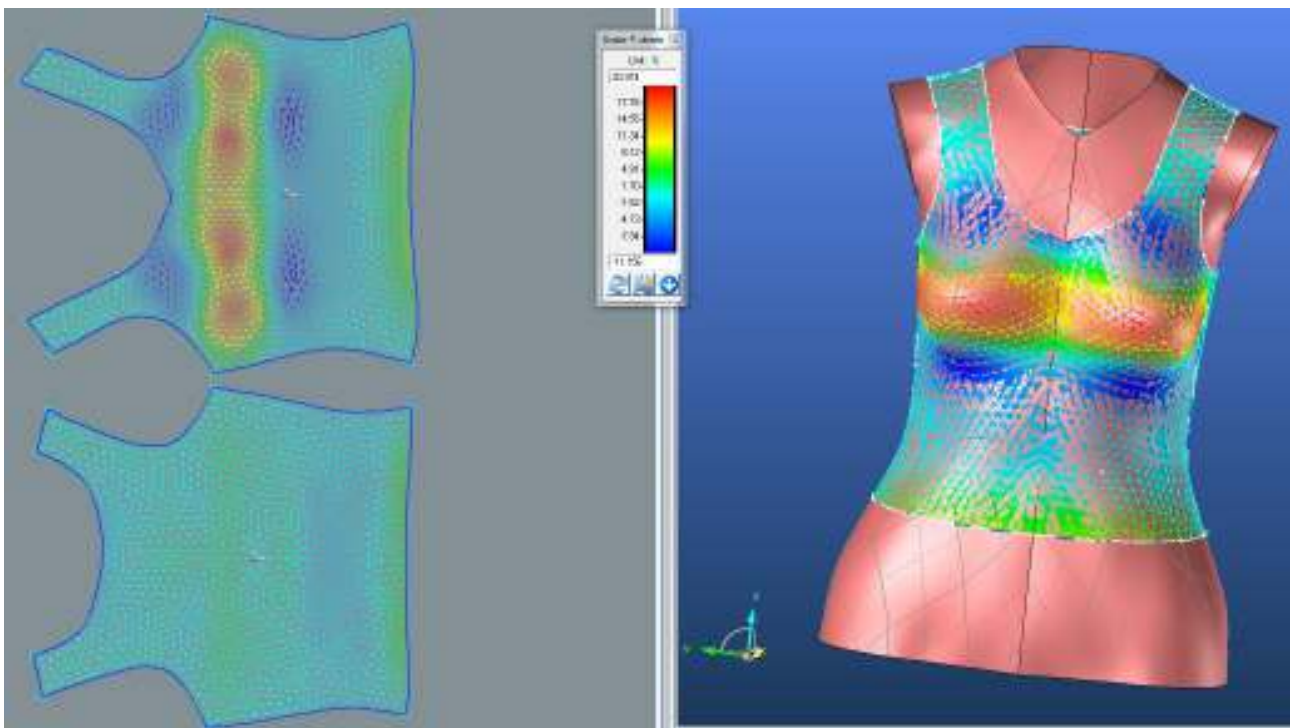


LIMIT

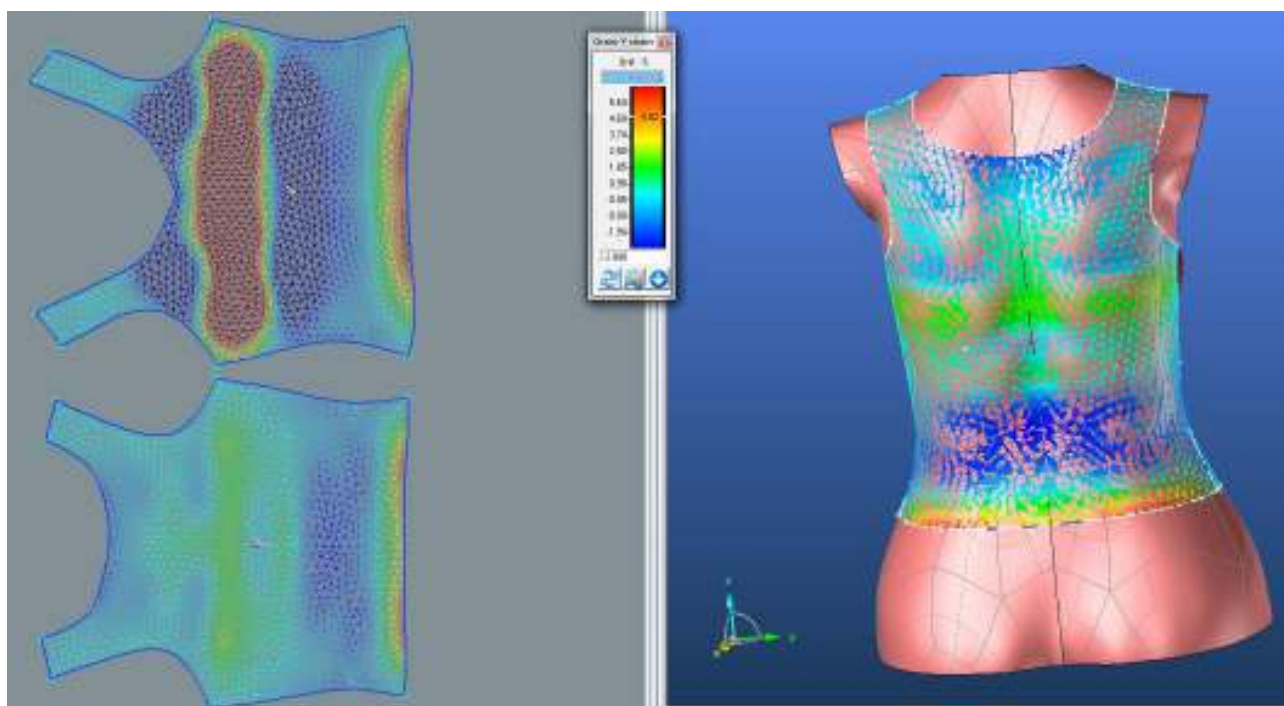


1.1.1.2. Grain-Y strain

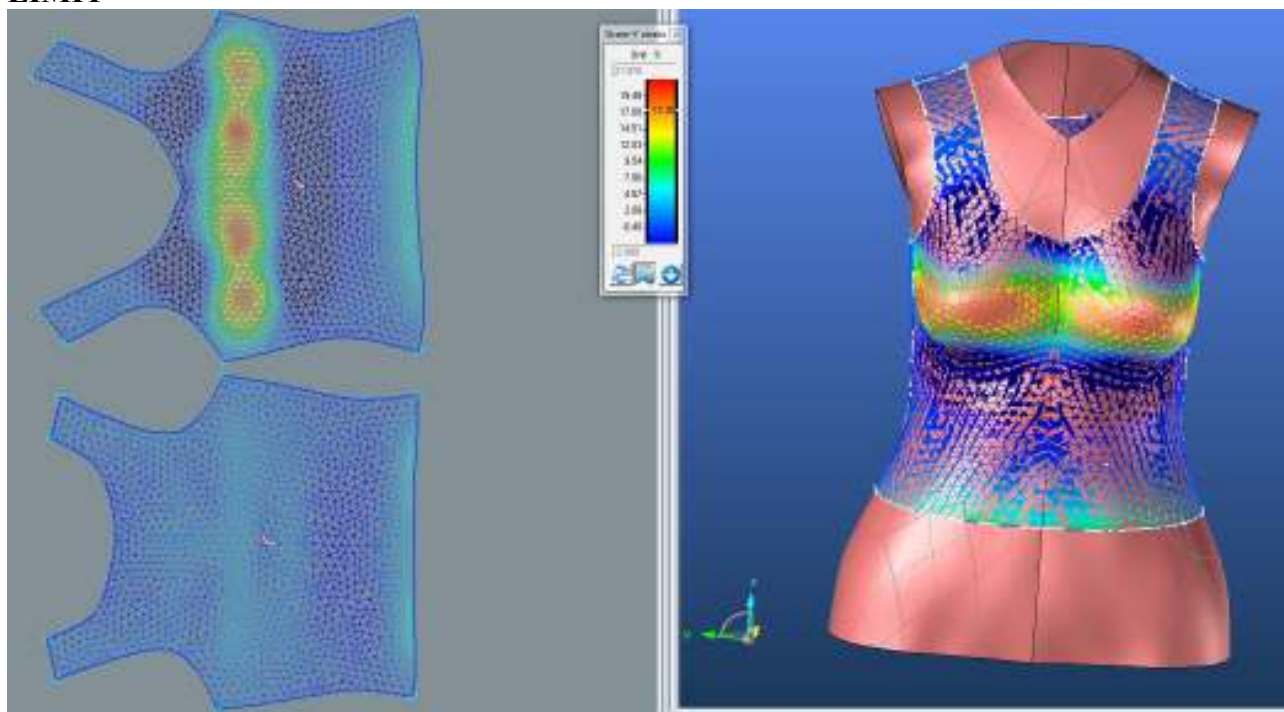
PD



ZD

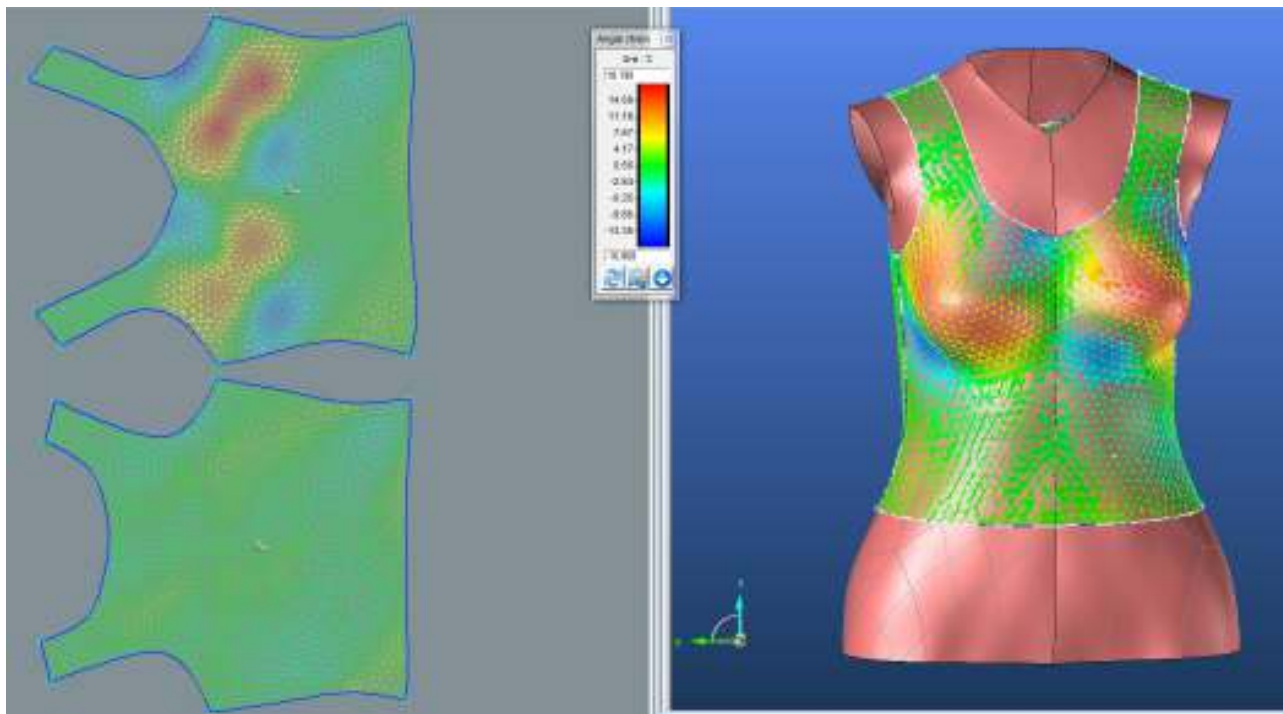


LIMIT

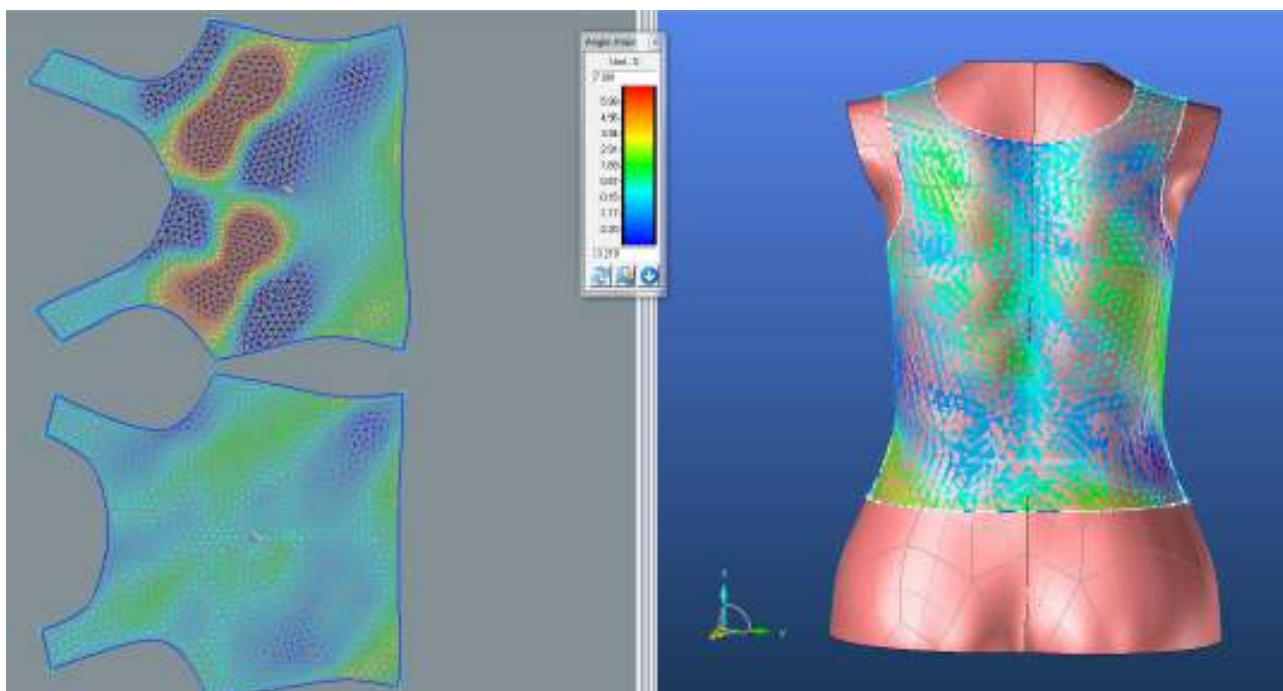


1.1.1.3. Bias 45° strain

PD

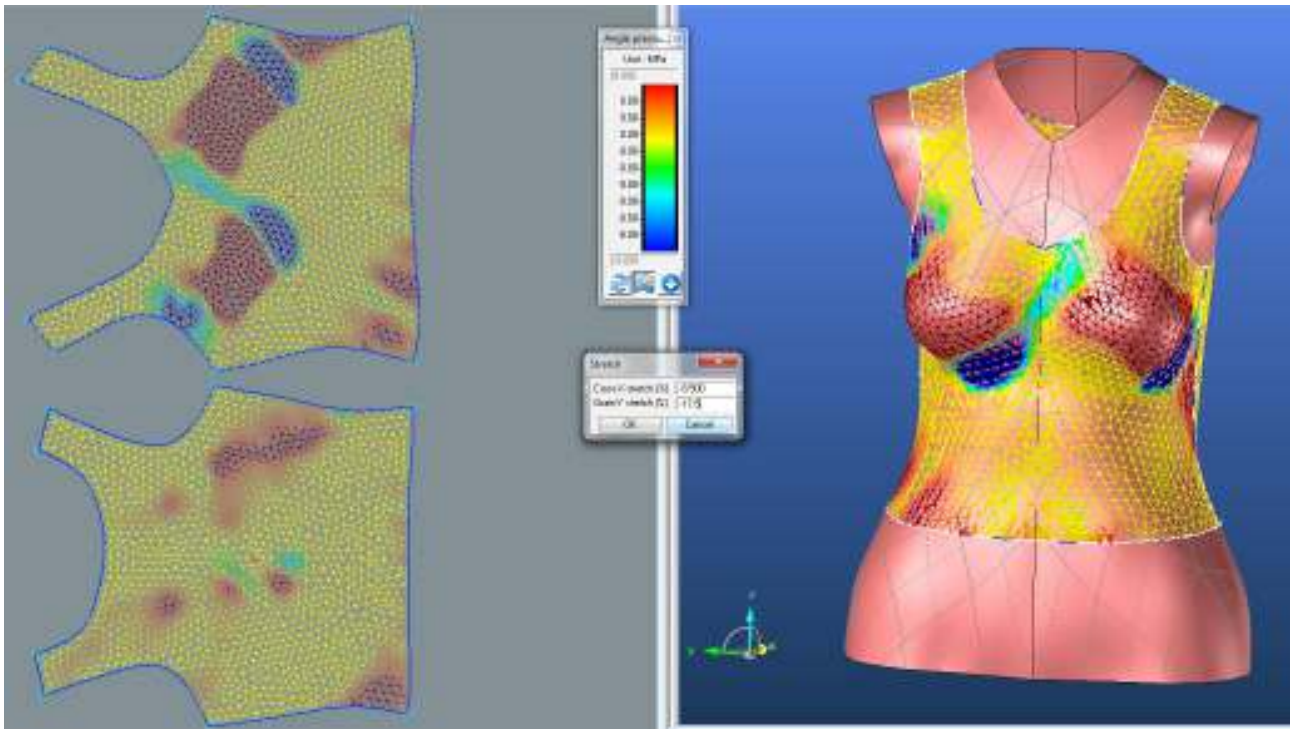


ZD

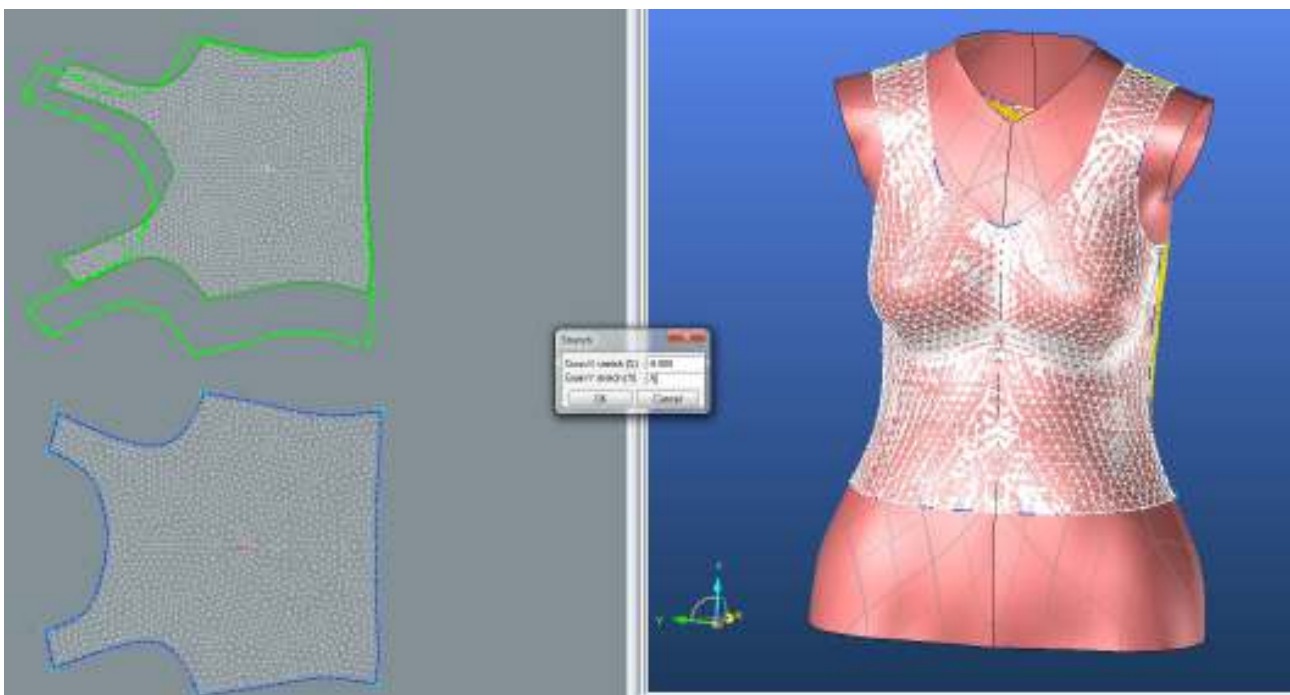


1.1.2. Střih 1 materiál M1 optimalizace stříhových dílů

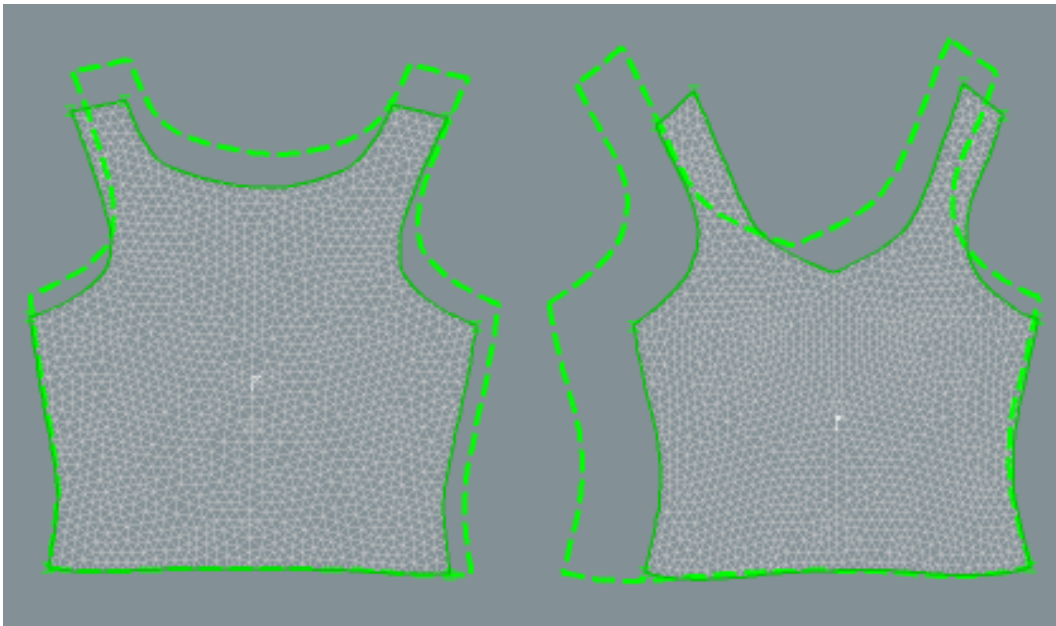
PD



ZD



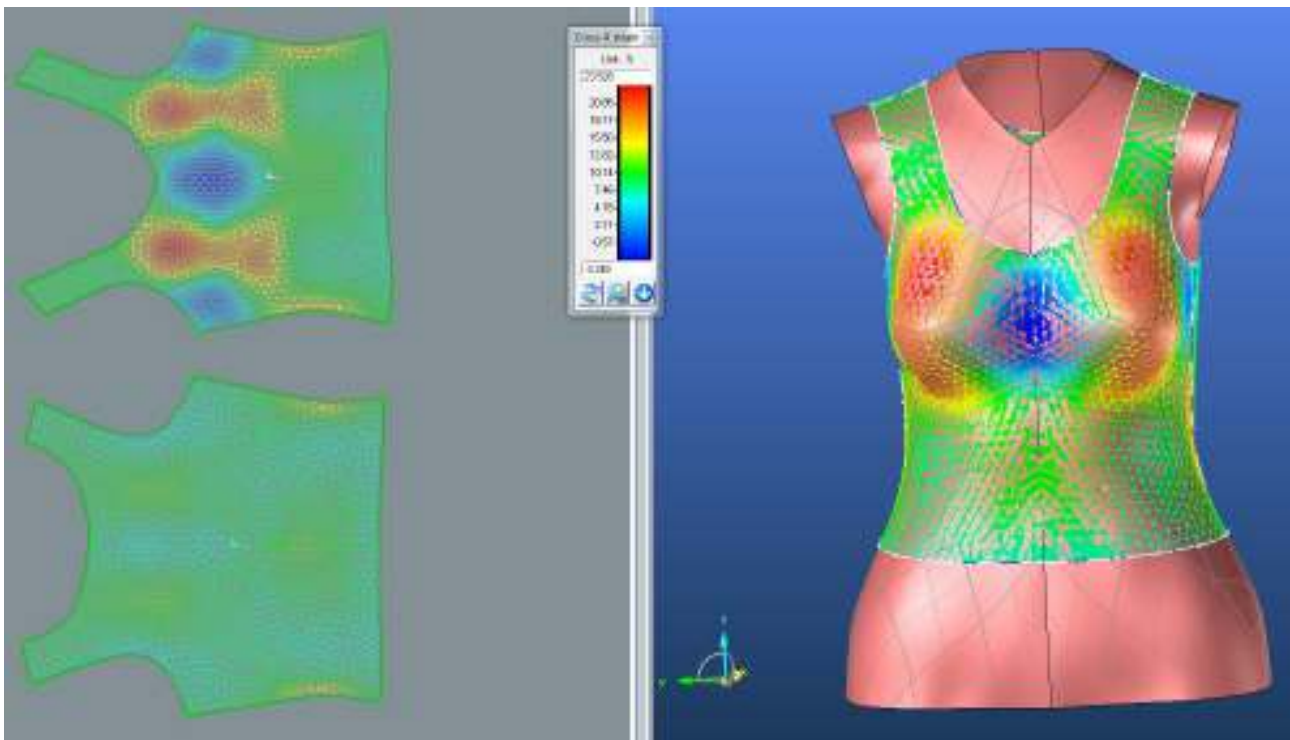
1.1.2.1. Rozdíl střihu původního a po optimalizaci



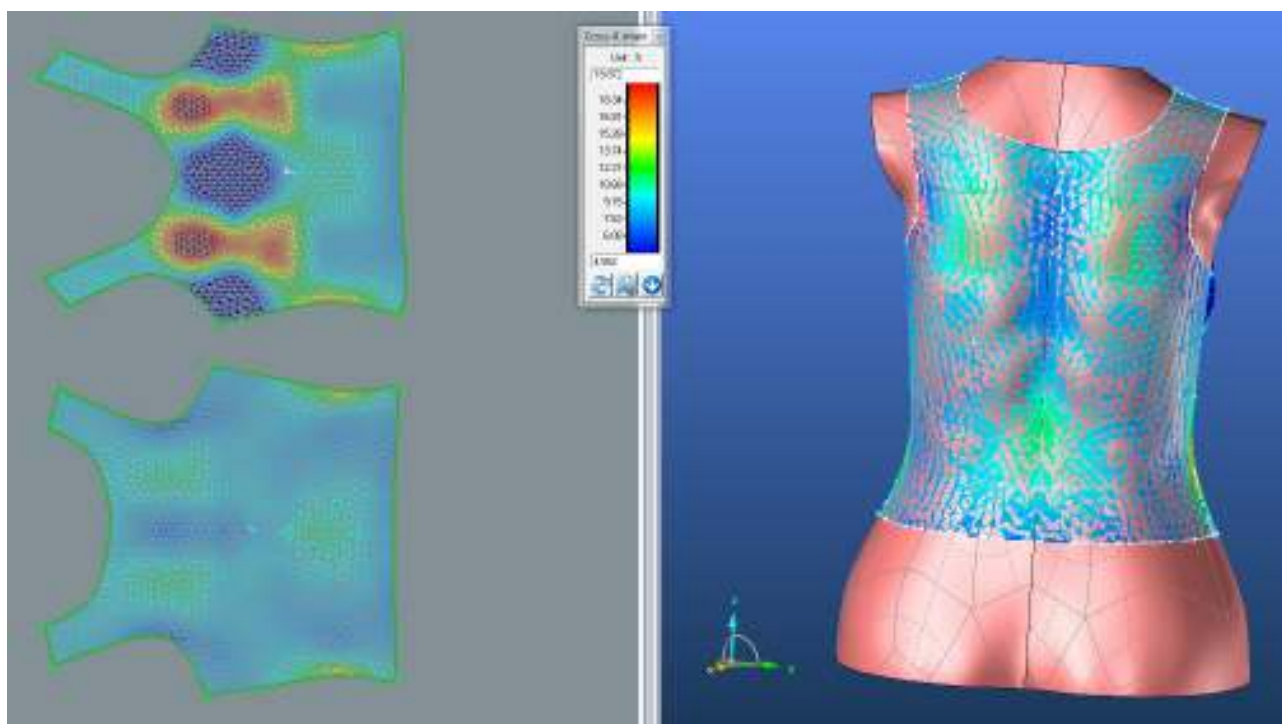
1.1.3. Střih 1 – varianta 1 - materiál M1 – Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

1.1.3.1. Cross-X strain

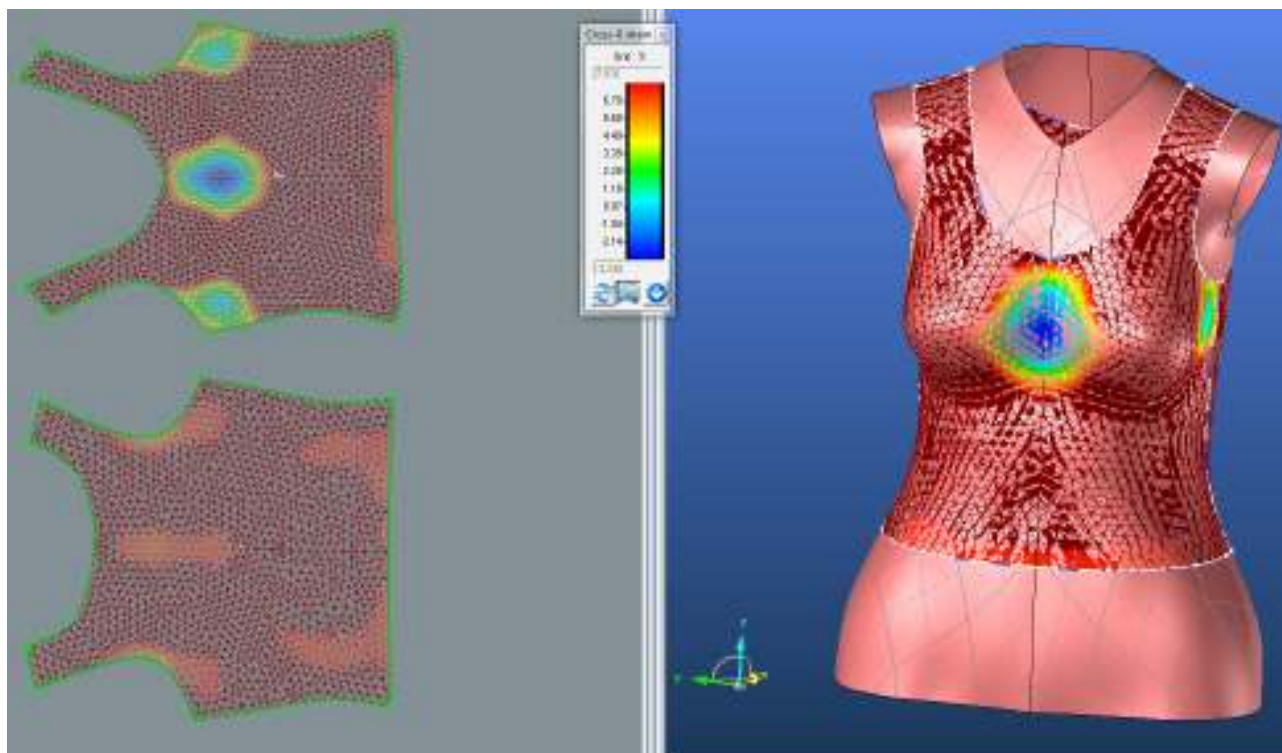
PD



ZD

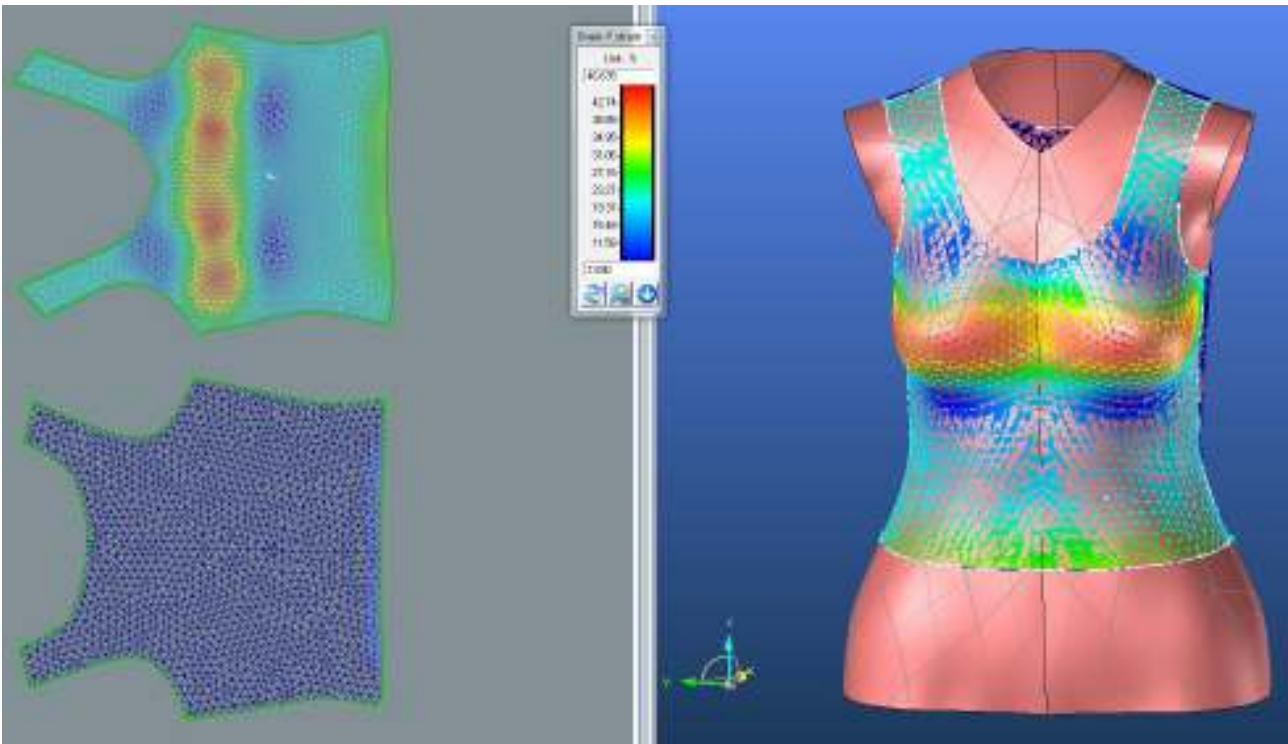


LIMIT

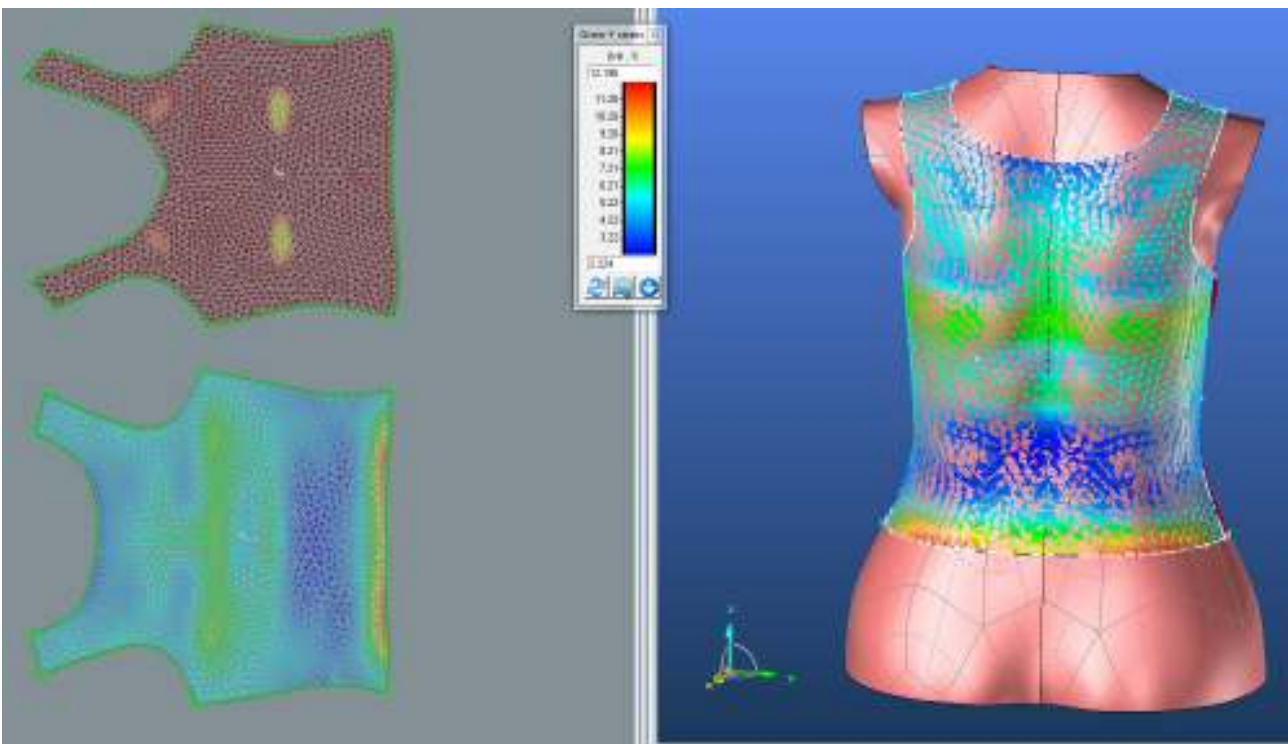


1.1.3.2. Grain-Y strain

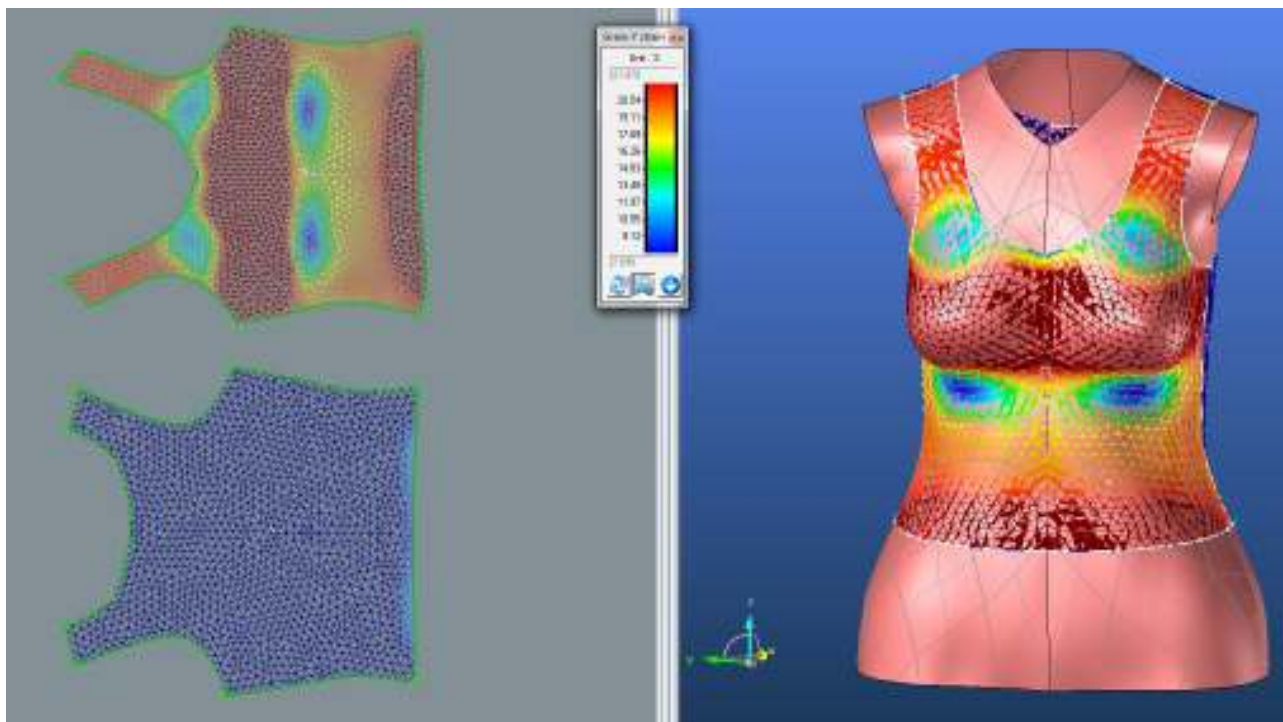
PD



ZD

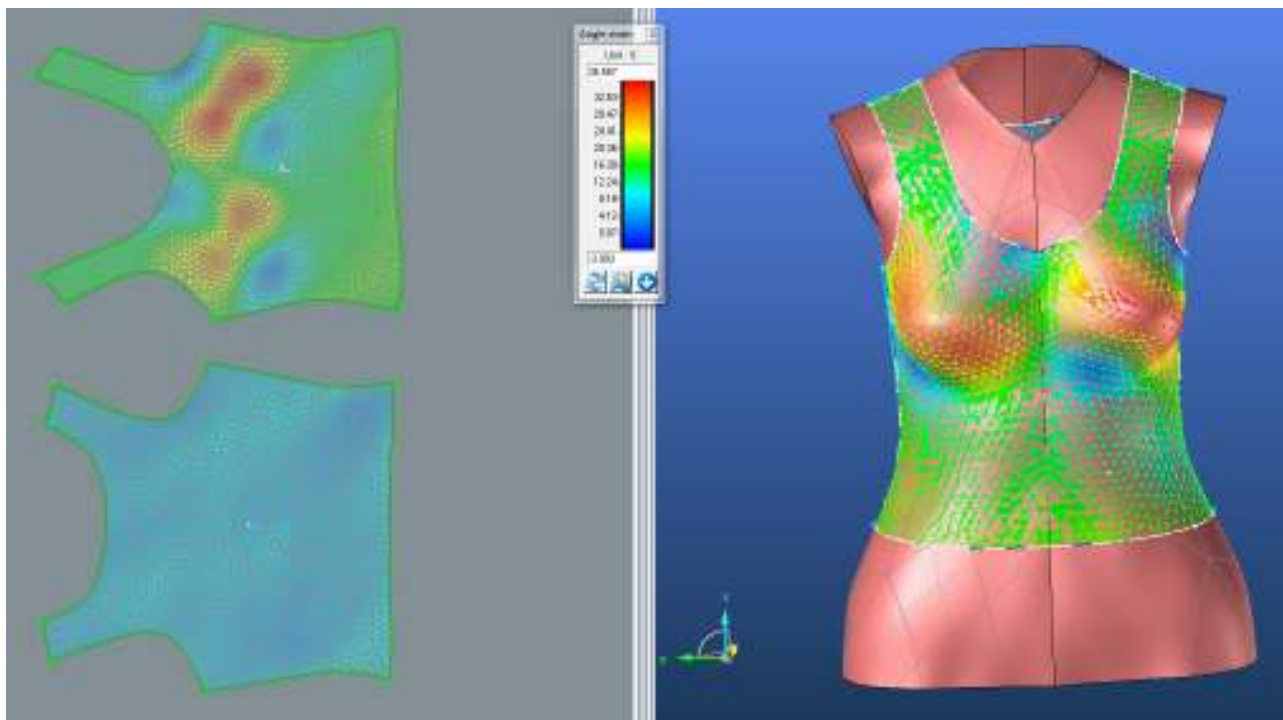


LIMIT

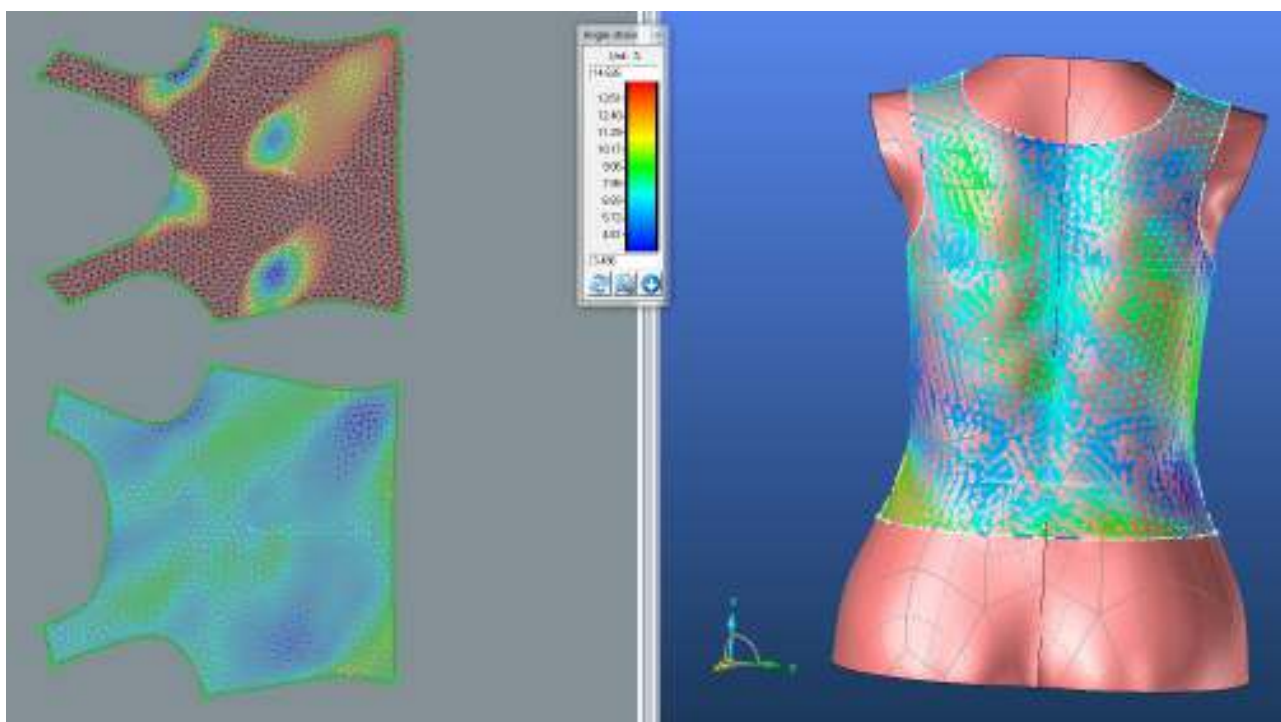


1.1.3.3. Bias 45° strain

PD



ZD



1.1.4. Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností pro materiál M1

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	14.505	21.711	23.369	0
	Min	0.016	-18.943	-17.838	0
Optimalizace PD	Max	14.505	45.563	8.781	0.003
	Min	0.016	-8.073	-31.301	-0.002
ZD	Max	4.959	30.9220	23.369	0
	Min	0.039	-5.111	-17.838	0
Optimalizace ZD	Max	4.959	19.838	-2.042	0.001
	Min	0.039	1.2.1984	-16.554	-0.001

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	13.028	34.089	49.329	0.002
	Min	-11.472	-36.992	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	23.528	34.089	49.329	0.002
	Min	-3.248	-36.882	0	-0.002
ZD	Max	10.262	29.648	49.009	0.002
	Min	-3.812	-11.227	0	-0.001
Optimalizace ZD	Max	19.872	29.648	49.329	0.001
	Min	4.552	-11.277	0	-0.001

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	20.974	25.219	47.192	0.001
	Min	-11.156	-38.441	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	46.635	25.219	49.071	0.001
	Min	7.690	-38.441	19.100	-0.002
ZD	Max	7.823	26.675	16.494	0
	Min	-2.888	-29.043	0	0
Optimalizace ZD	Max	12.196	25.219	29.300	0
	Min	2.224	-38.441	5.739	

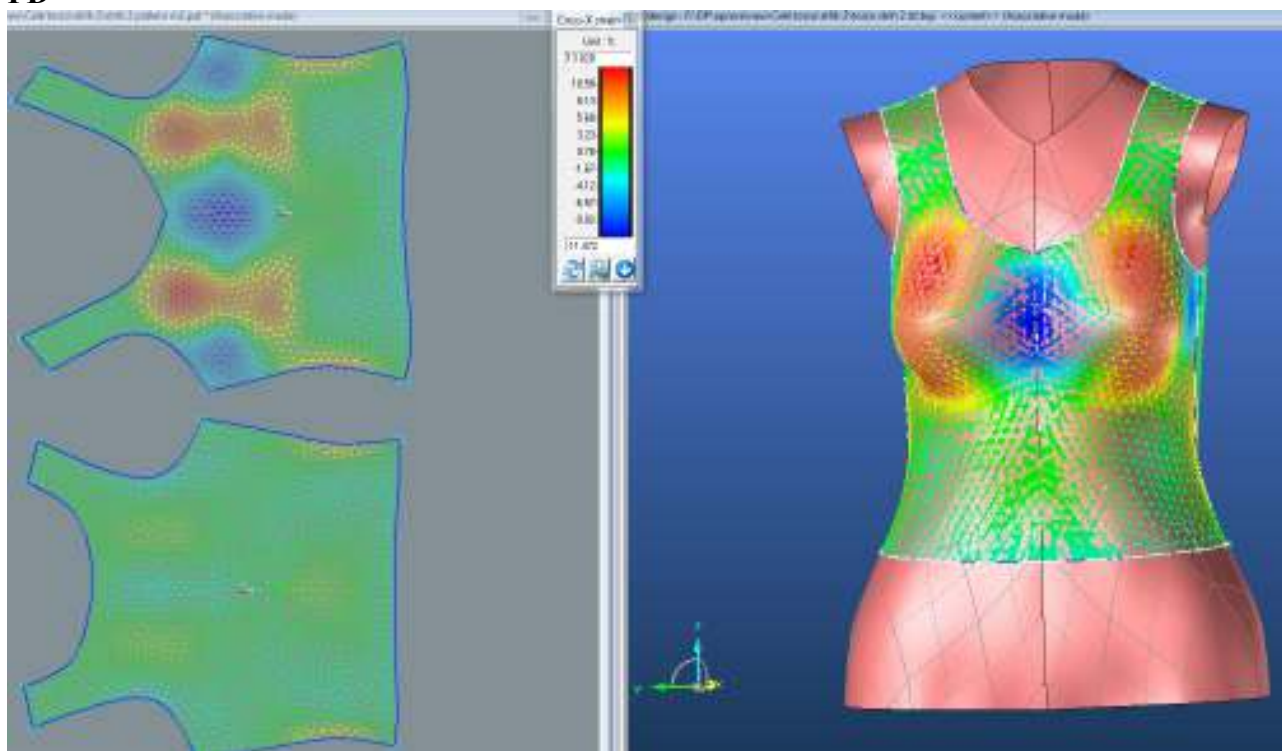
	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	18.190	41.629		0.001
	Min	-16.968	0		0
Optimalizace PD	Max	36.587	28.926	48.125	0.001
	Min	-3.993	-26.596	0	-0.001
ZD	Max	7.001	41.629		0
	Min	-3.219	0		0
Optimalizace ZD	Max	14.626	27.833	31.826	0
	Min	3.496	-29,6	6.499	0

1.2. Střih 1 materiál M2

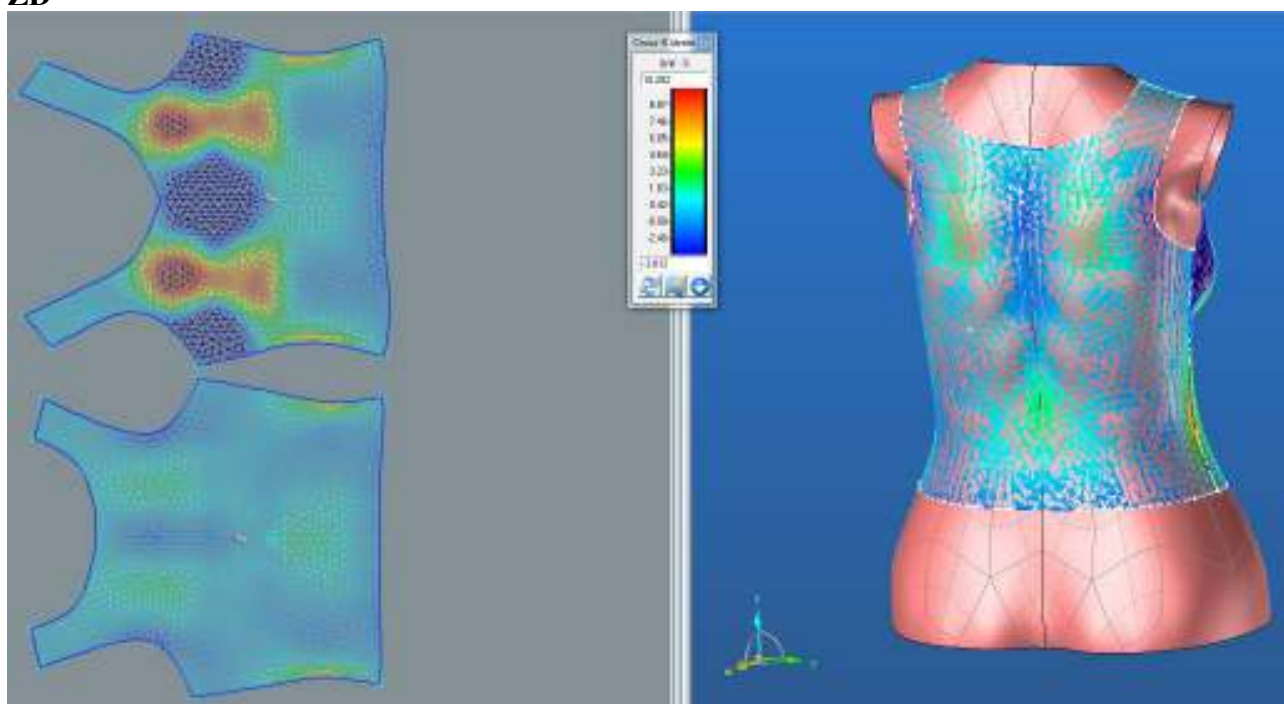
1.2.1. Analýza mechanických vlastností

1.2.1.1. Cross-X strain

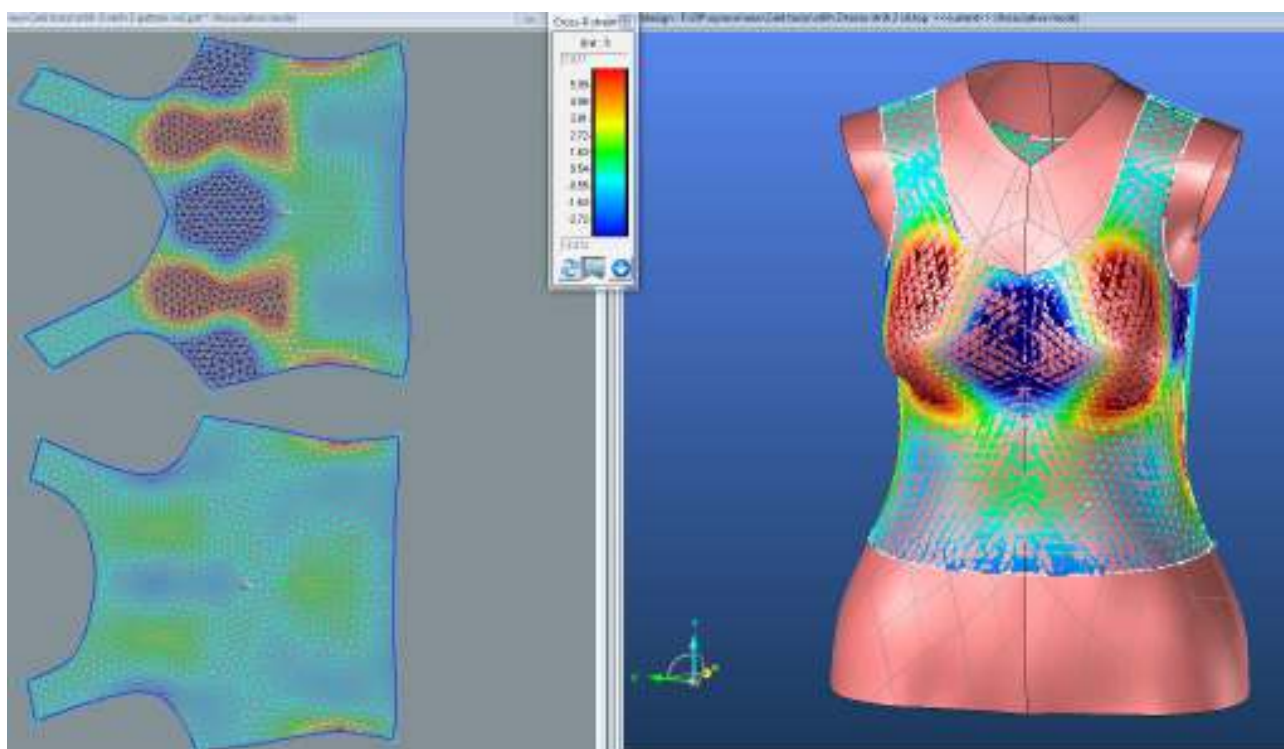
PD



ZD

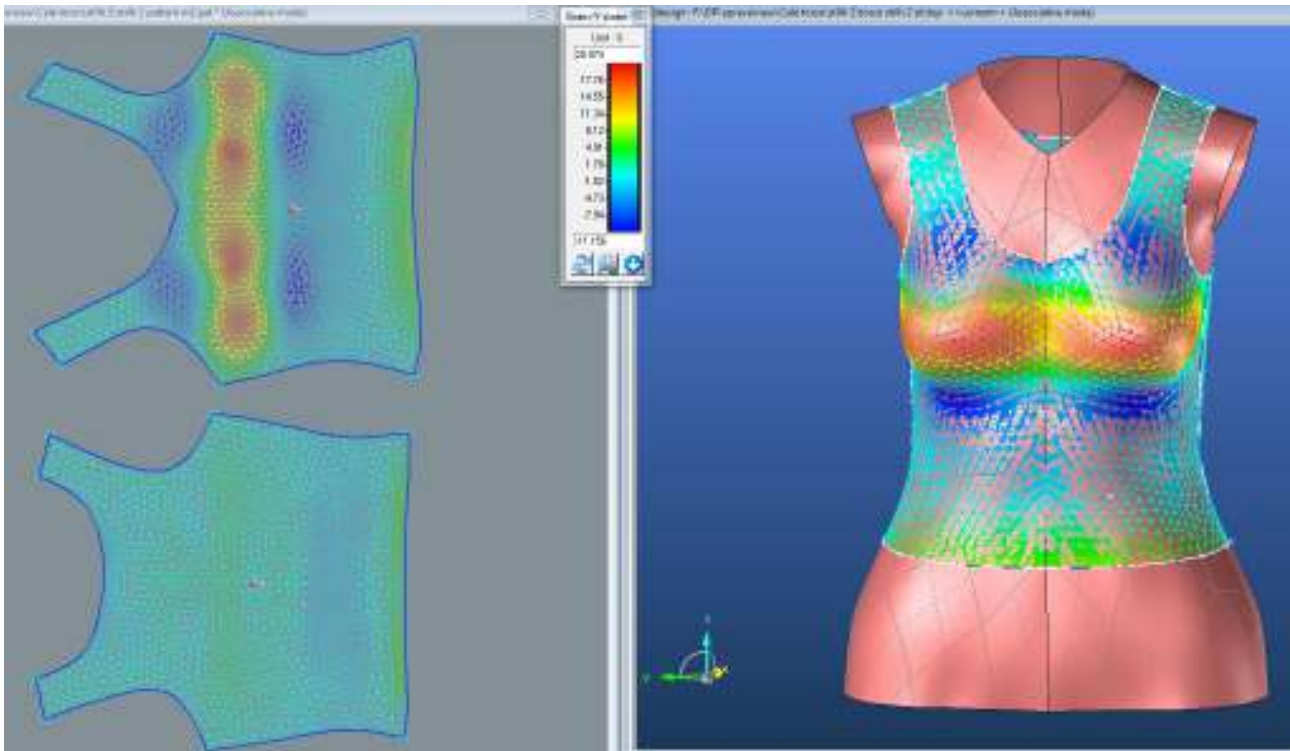


LIMIT

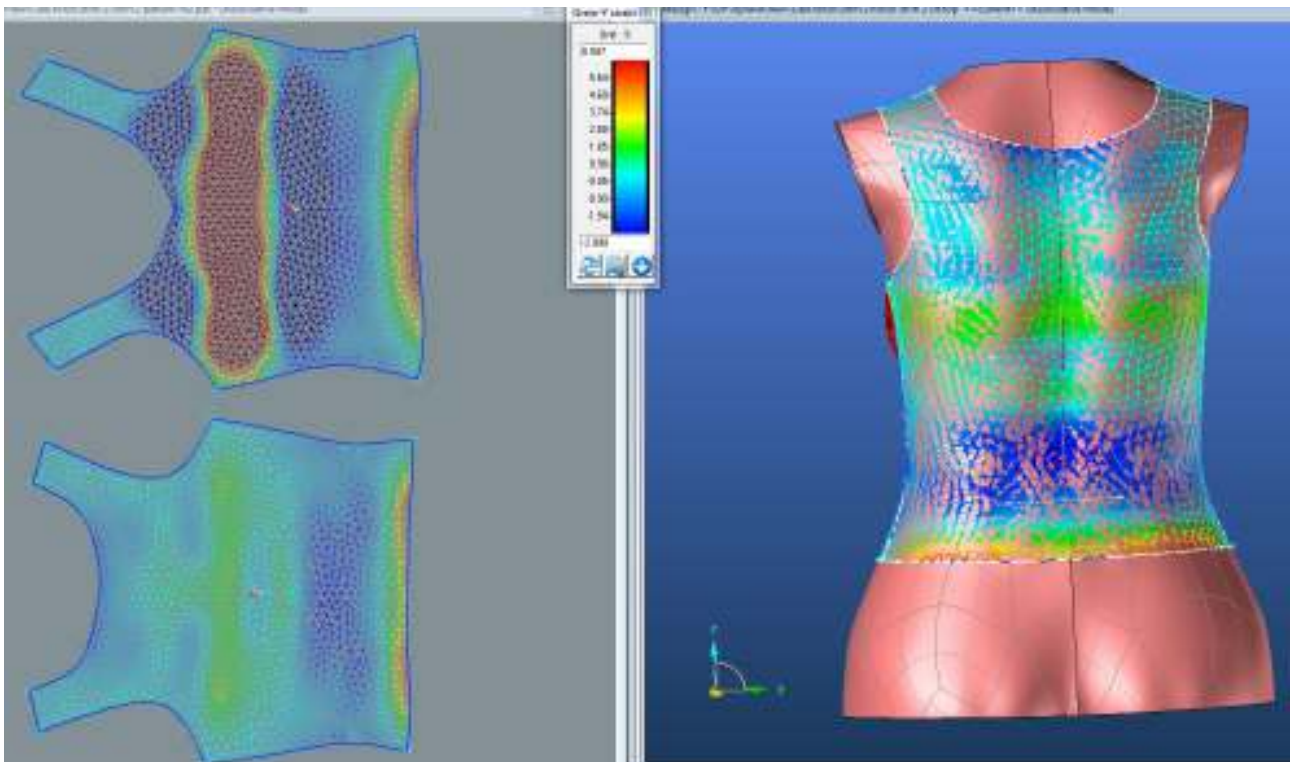


1.2.1.2. Grain-Y strain

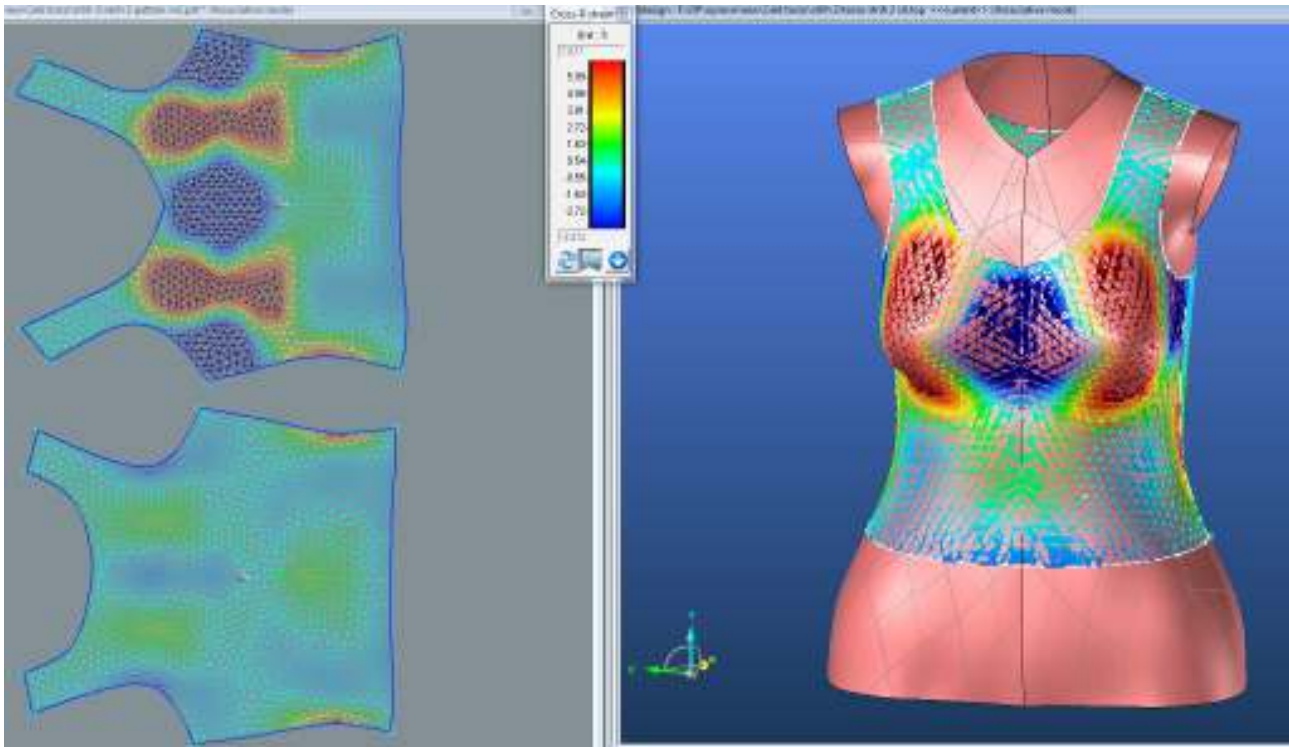
PD



ZD

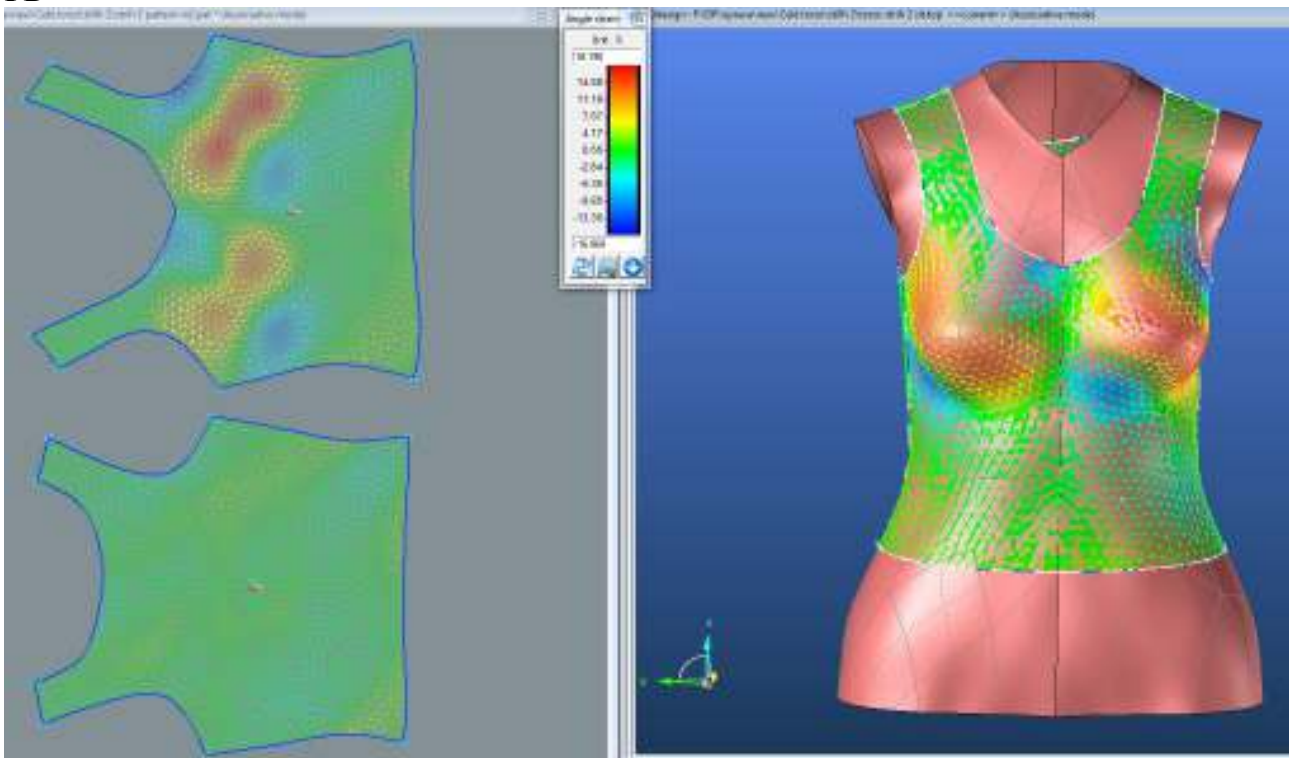


LIMIT

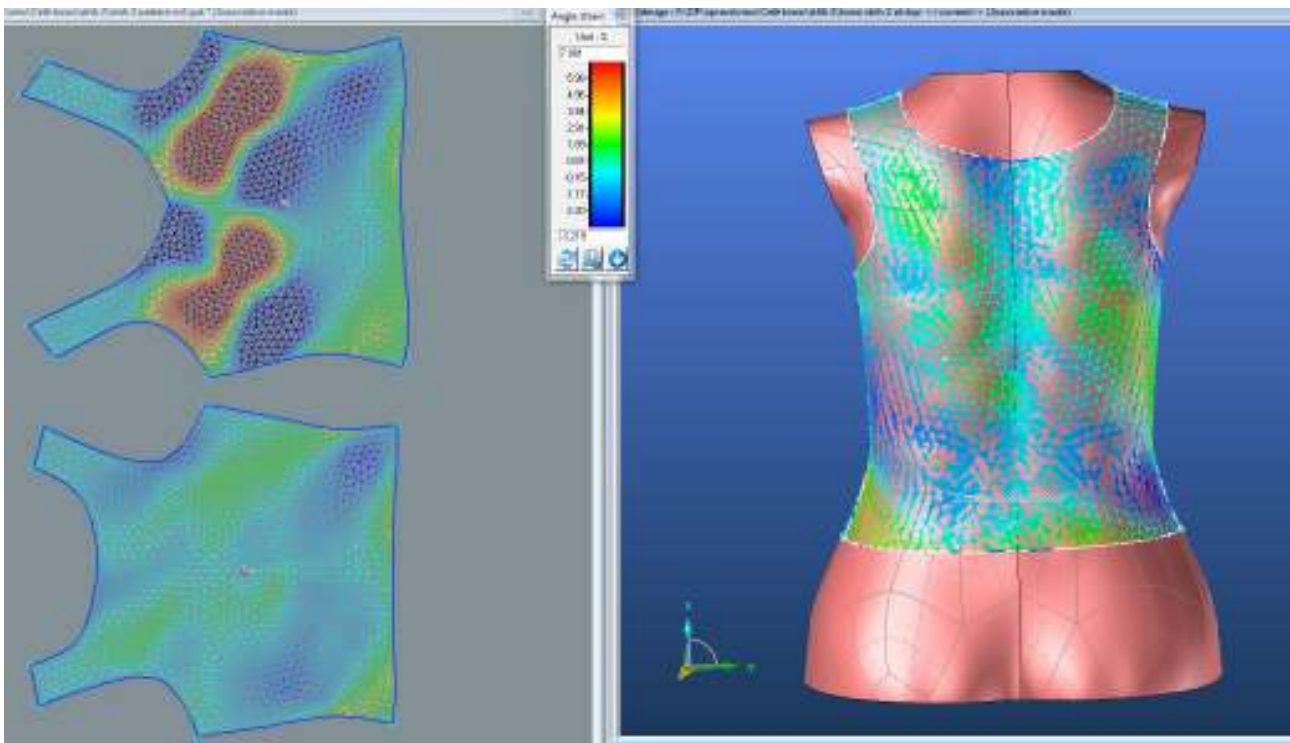


1.2.1.3. Bias 45° strain

PD

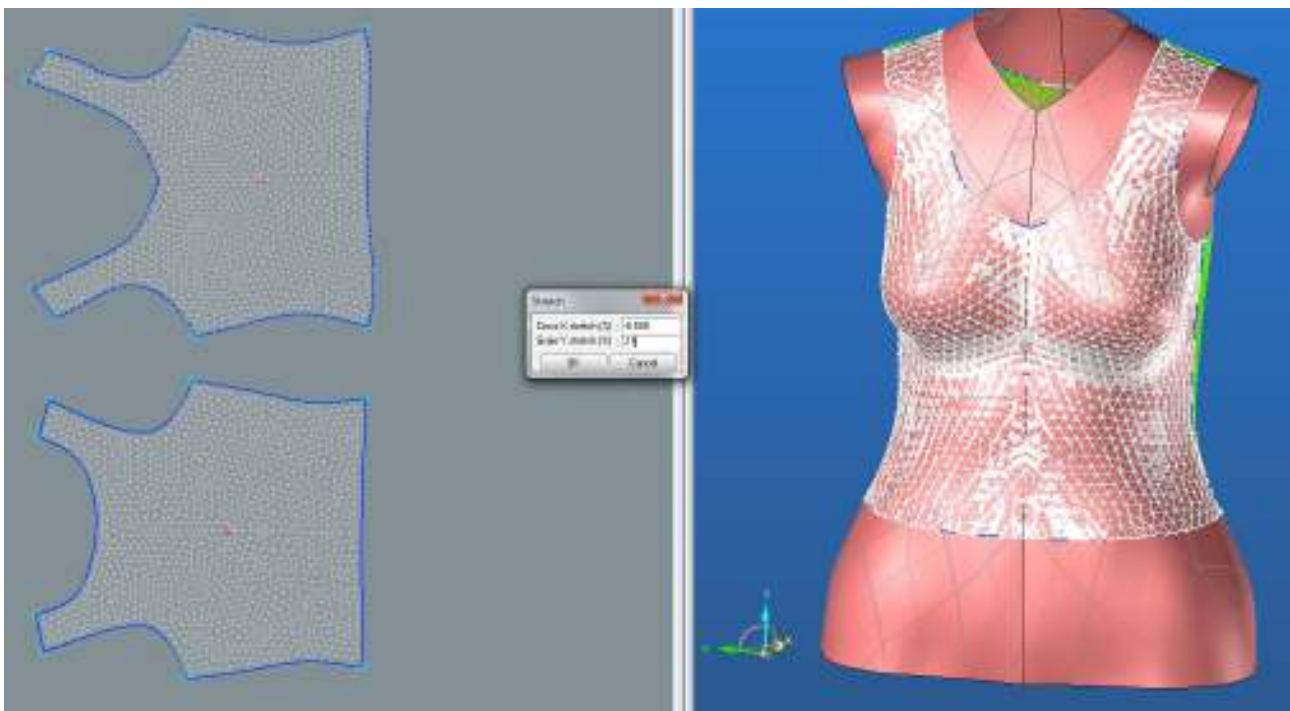


ZD

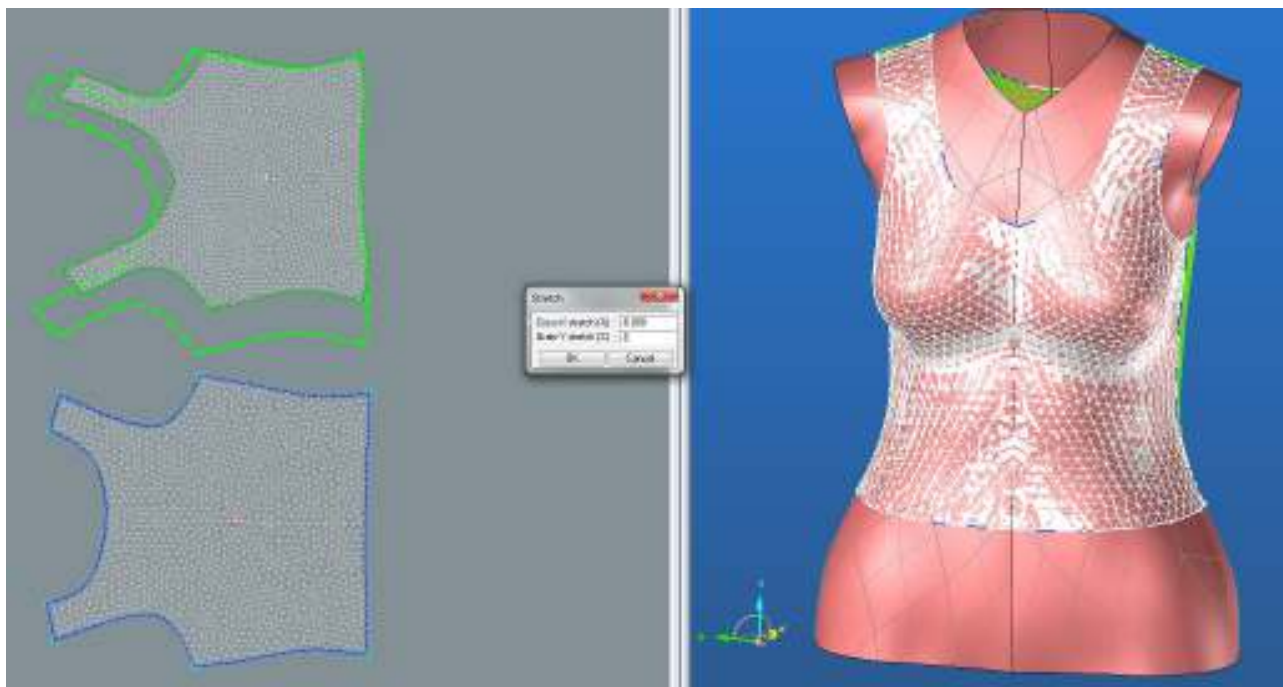


1.2.2. Optimalizace stříhových dílů

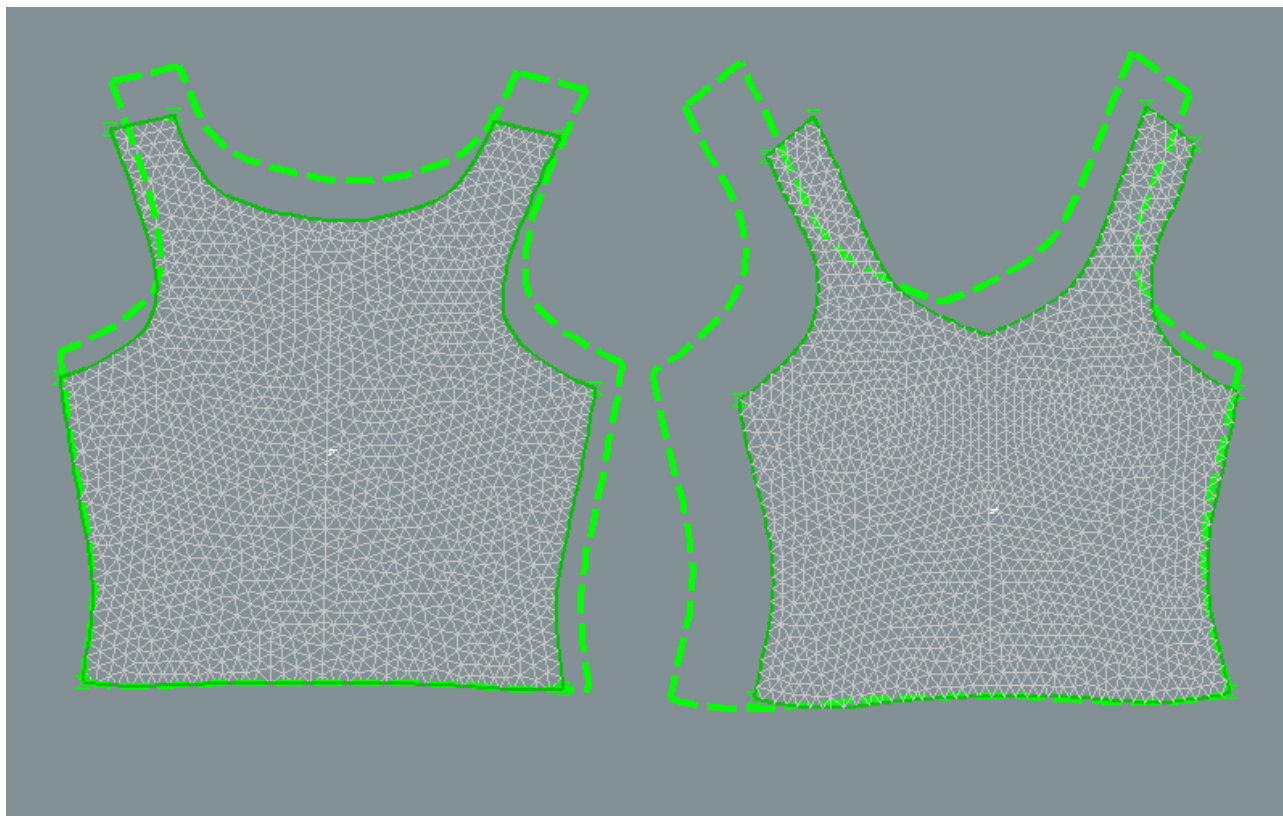
PD



ZD



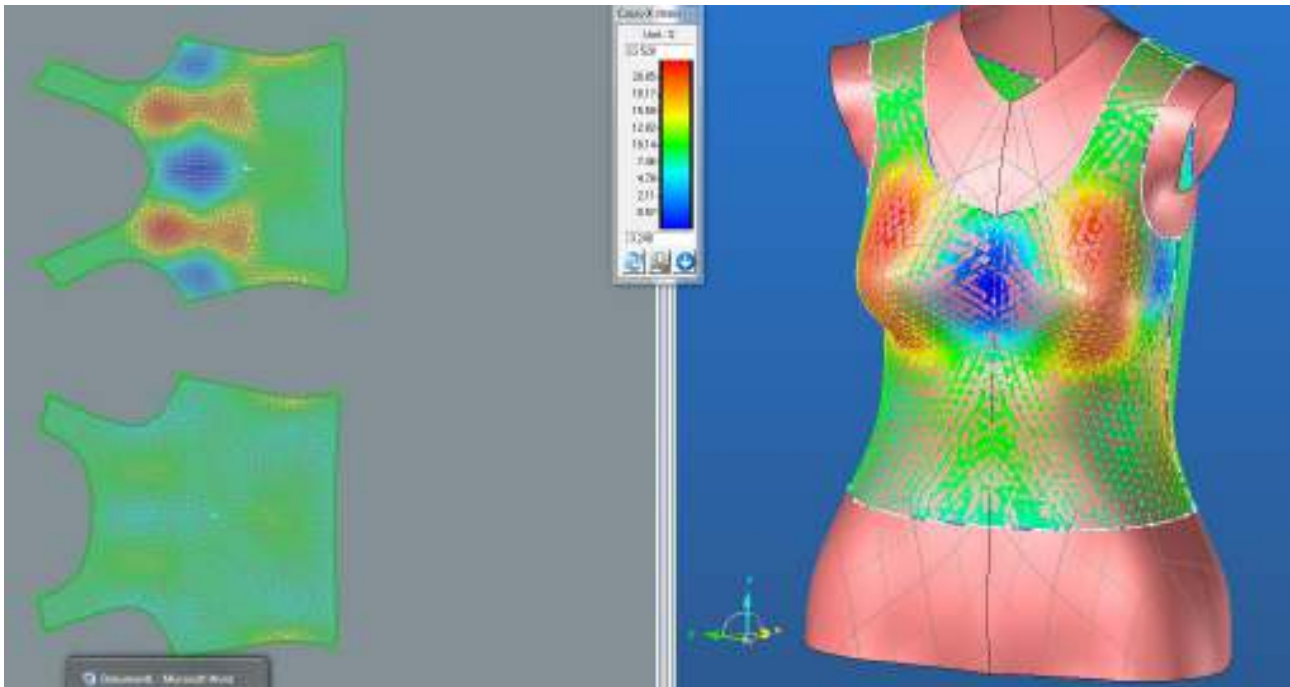
1.2.2.1. Rozdíl střihu původního a střihu po optimalizaci



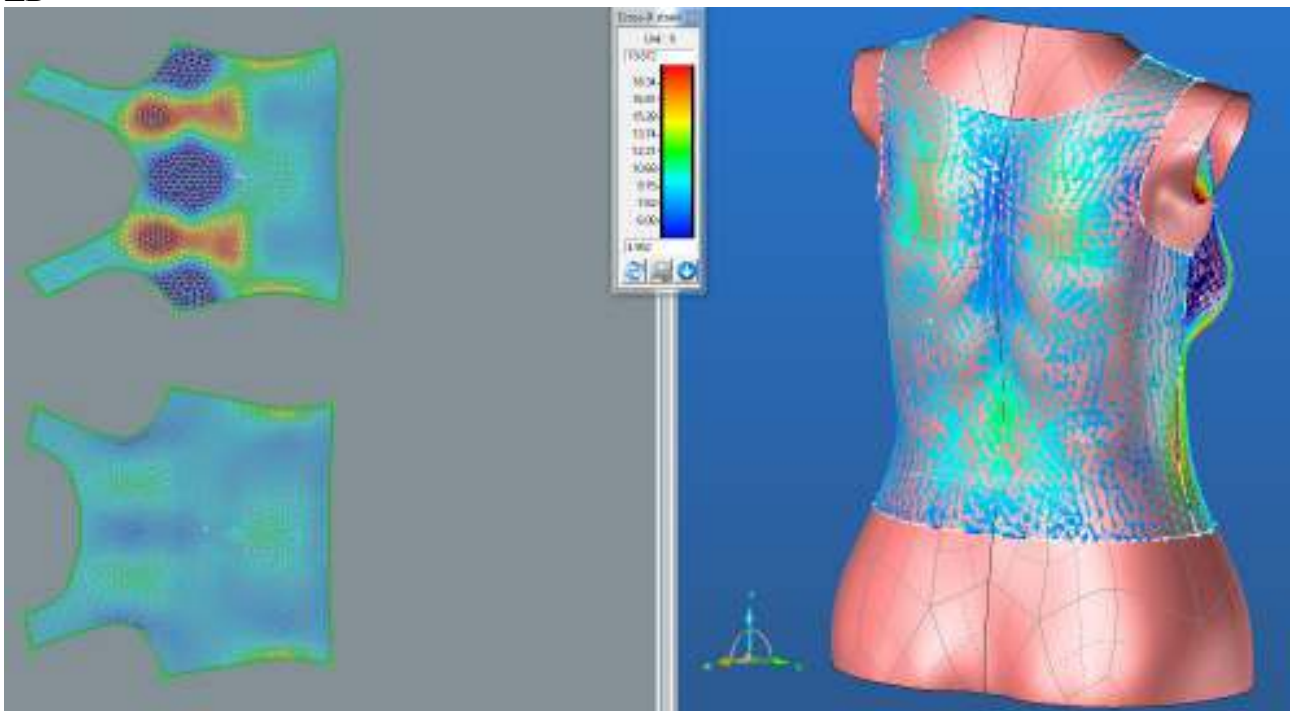
1.2.3. Střih 1 – varianta 1 - materiál M2 – Analýza mechanických vlastností po optimalizace

1.2.3.1. Cross-X strain

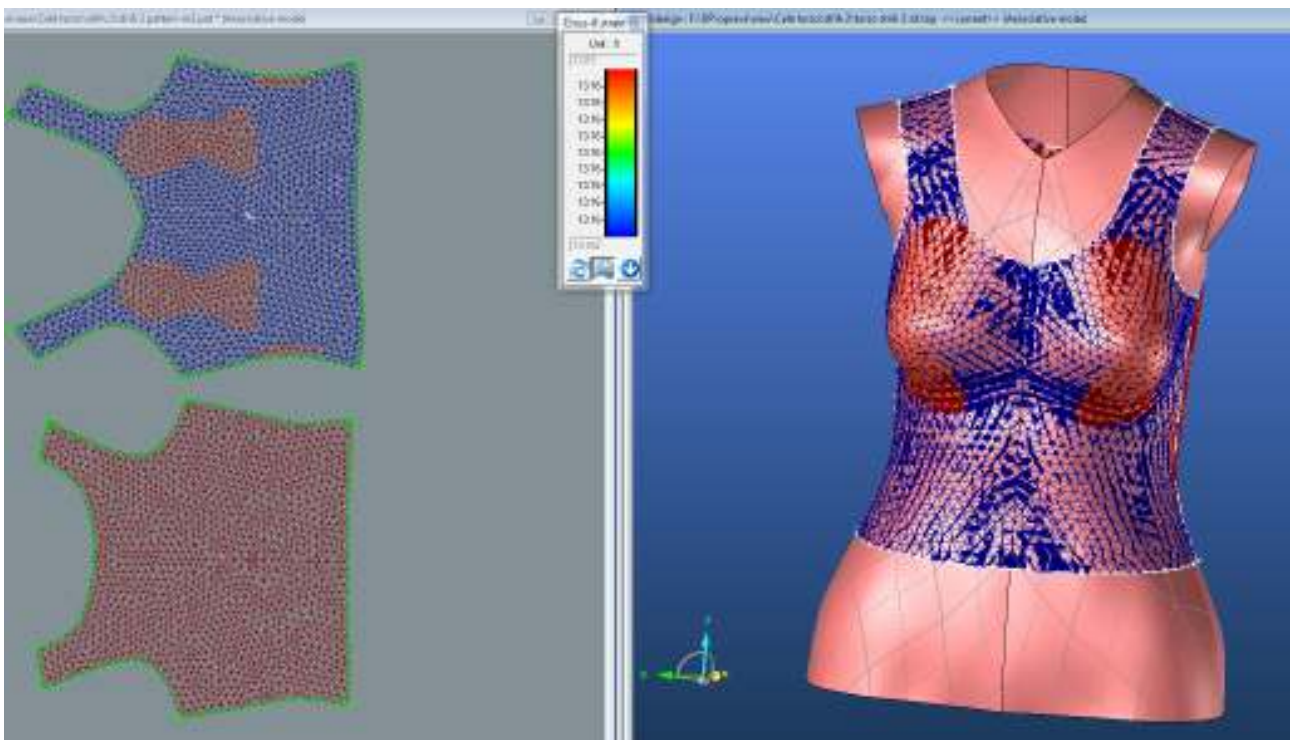
PD



ZD

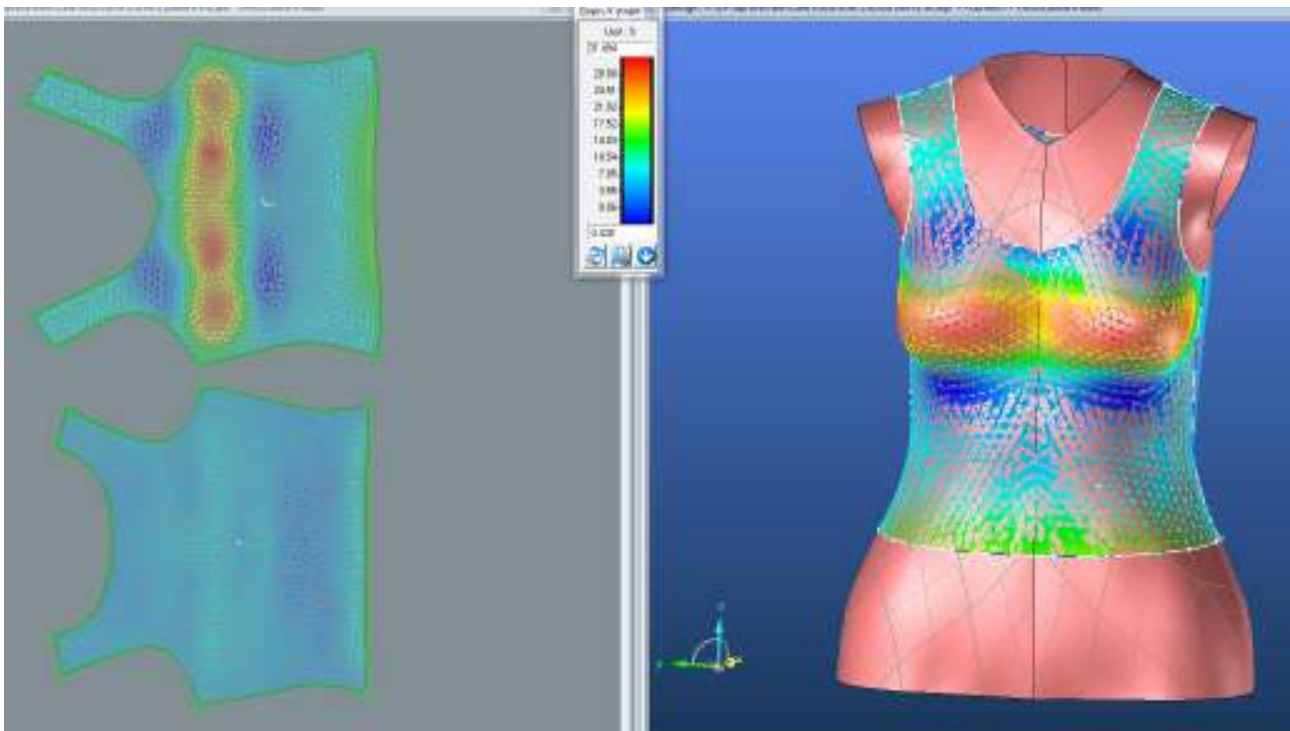


LIMIT

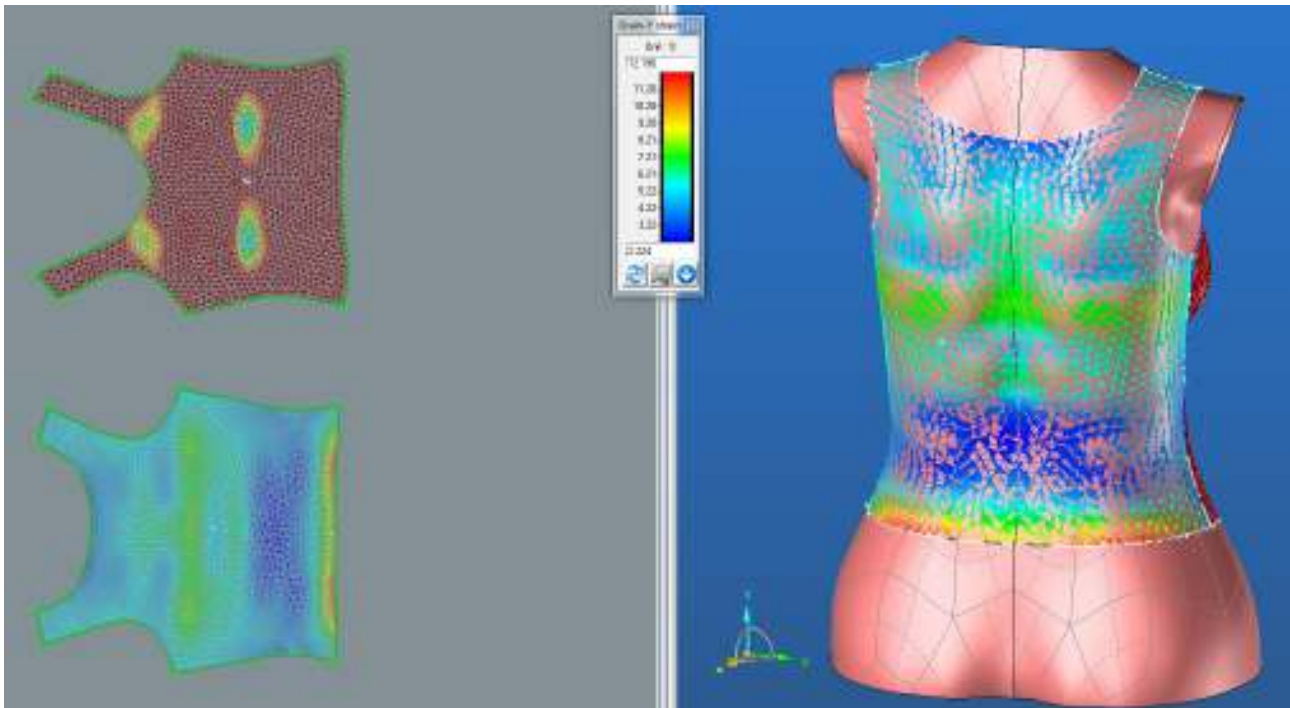


1.2.3.2. Grain-Y strain

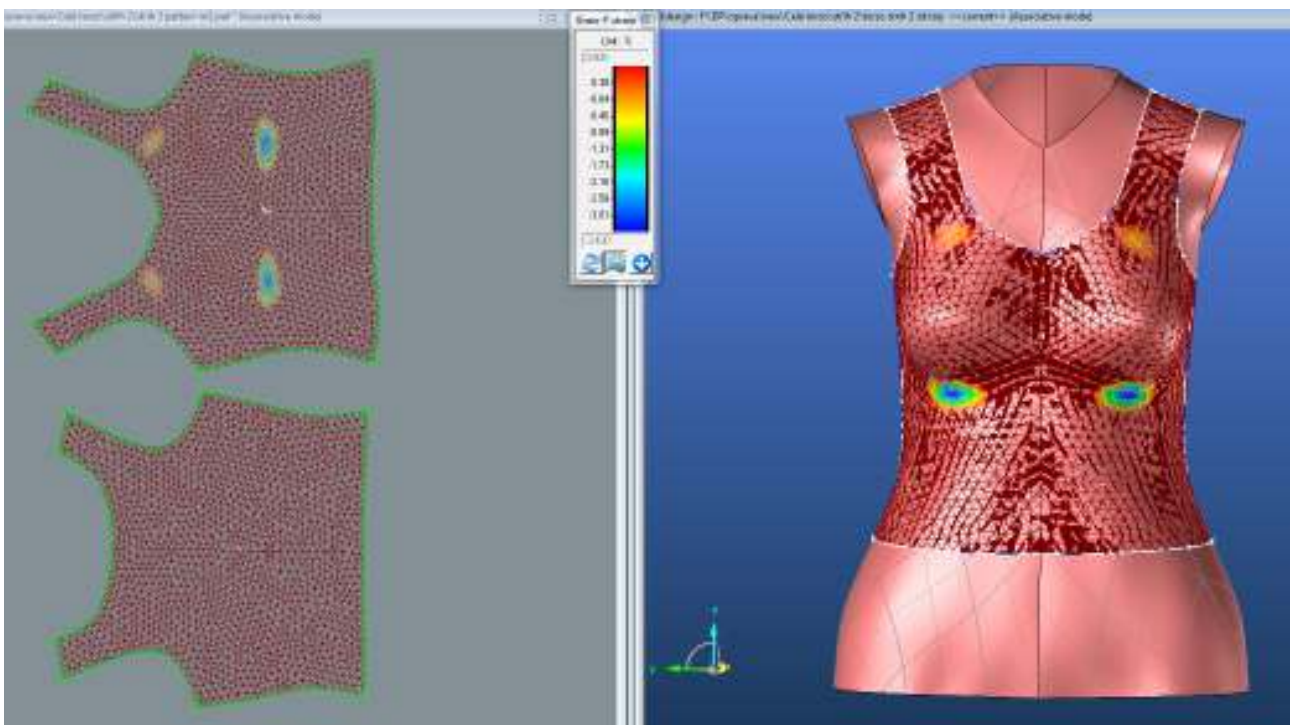
PD



ZD

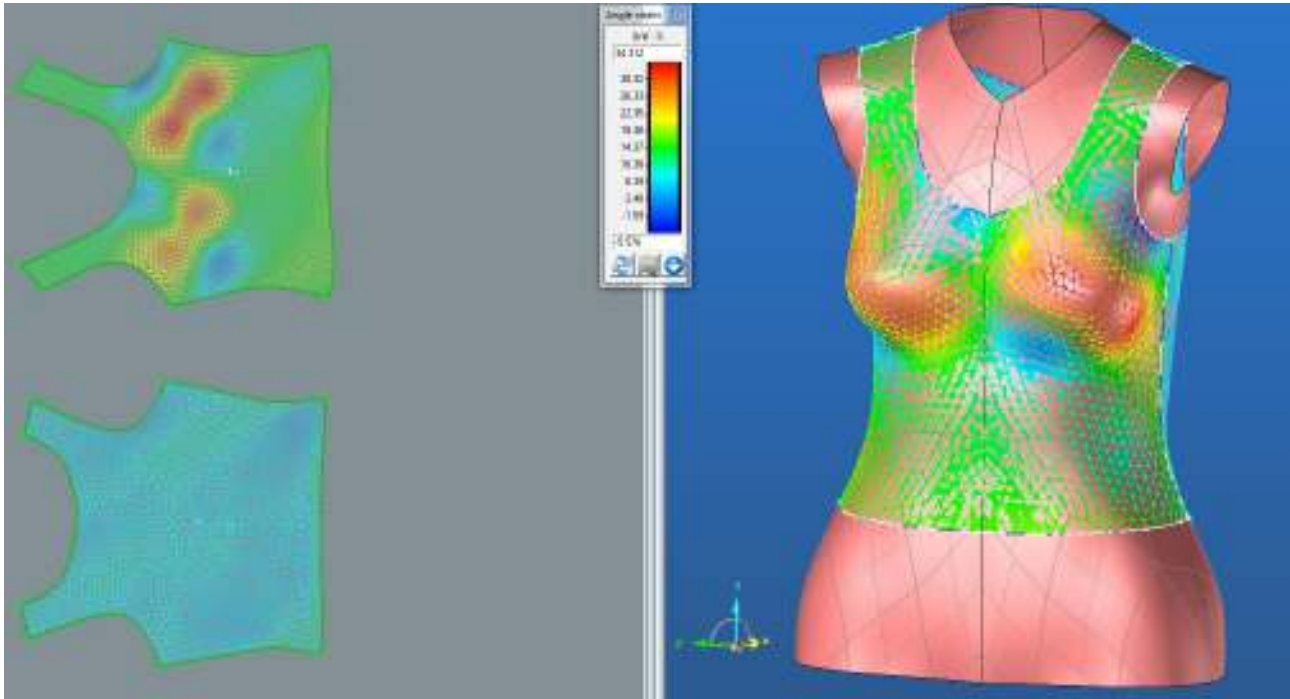


LIMIT

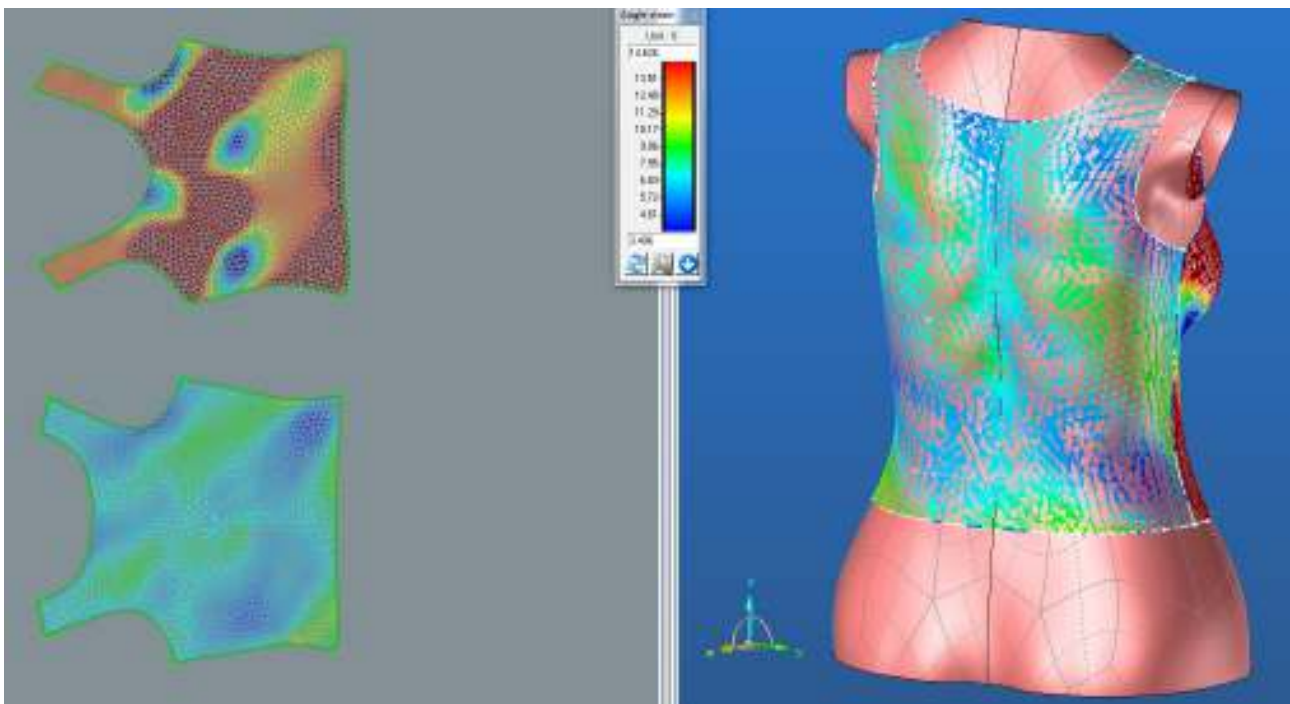


1.2.3.3. Bias 45° strain

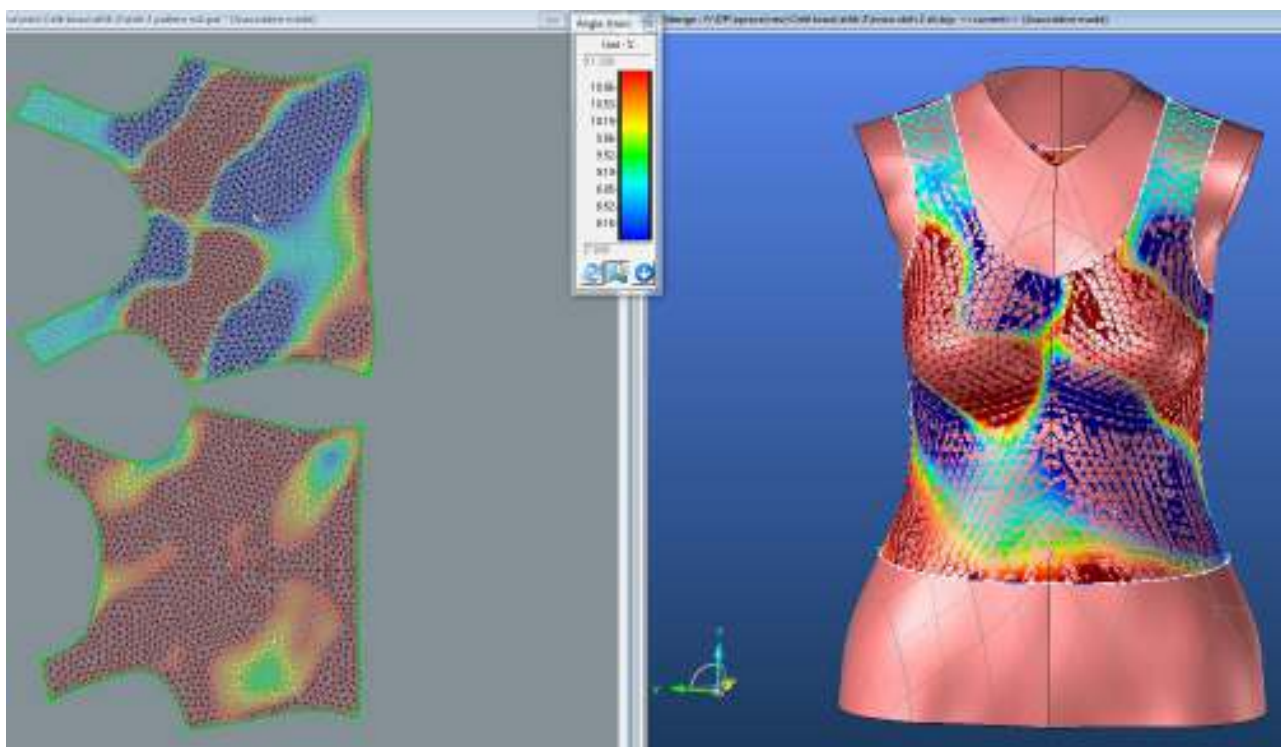
PD



ZD



LIMIT



1.2.4. Střih 1 – porovnání optimalizovaného střihu pro M1 (světlá) a M2 (tmavá)



1.2.5. Střih 1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností pro materiál M2

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	14.505	21.711	23.369	0
	Min	0.016	-18.943	-17.838	0
Optimalizace PD	Max	14.505	41.865	9.893	0.003
	Min	0.016	-9.003	-29.510	-0.002
ZD	Max	4.959	10.270	5.387	0.001
	Min	0.039	-5.111	-9.313	0
Optimalizace ZD	Max	4.959	19.838	-2.042	0.003
	Min	0.039	2.084	-16.554	-0.002

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	13.028	34.089	49.026	0.001
	Min	-11.472	-36.992	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	23.528	34.089	49.026	0.002
	Min	-3.248	-36.882	0	-0.002
ZD	Max	10.262	29.648	43.026	0
	Min	-3.812	-11.227	0	0
Optimalizace ZD	Max	19.872	29.648	43.026	0.001
	Min	4.552	-11.277	0	-

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	20.974	25.219	48.752	0.001
	Min	-11.156	-38.441	0	-0.002
Optimalizace PD	Max	42.332	25.219	48.752	0.001
	Min	-4.522	-38.441	0	-0.002
ZD	Max	6.587	26.675	48.752	0.001
	Min	-2.888	-39.043	0	0
Optimalizace ZD	Max	12.196	26.675	48.752	0
	Min	2.224	-39.043	25.725	-0.002

	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	18.190	29.469	48.040	0.001
	Min	-16.968	-25.792	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	34.312	29.065	48.040	0
	Min	-5.576	-26.353	0	-0.001
ZD	Max	7.001	27.375	30.062	0
	Min	-3.219	-24.678	0	0
Optimalizace ZD	Max	14.626	27.833	48.040	0.001
	Min	3.496	-29.000	33.697	-0.001

2. Střih 2

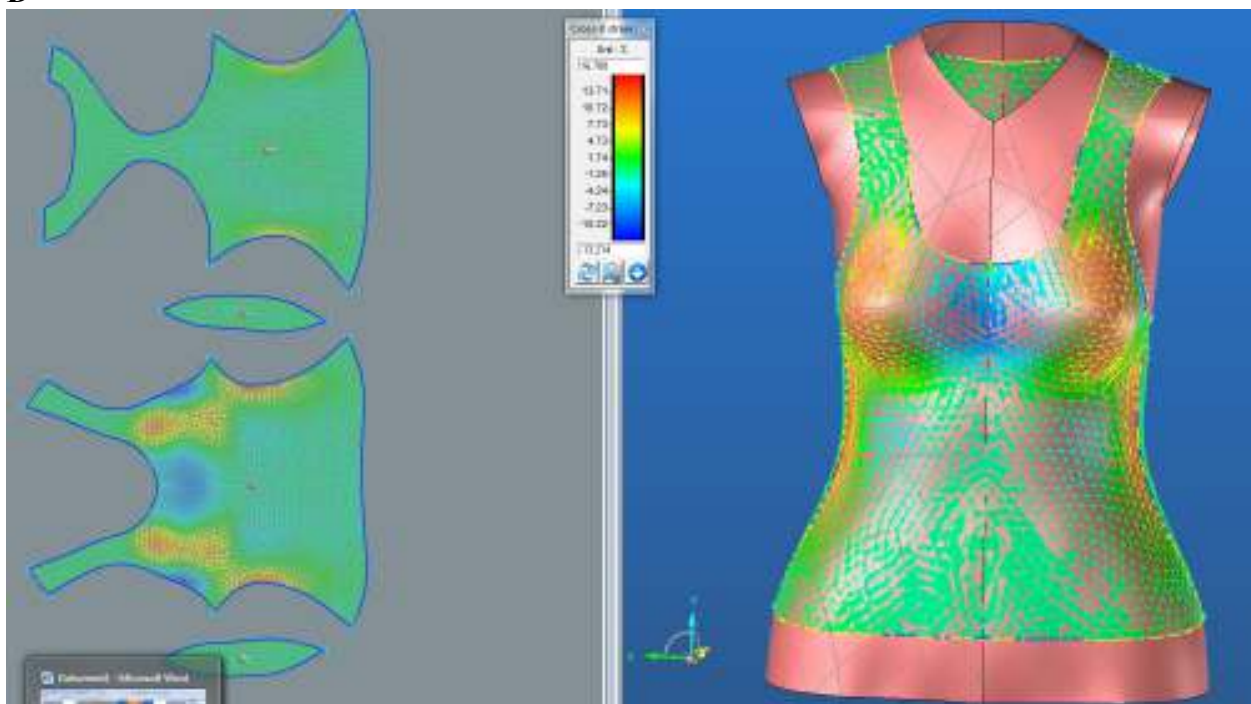
2.1. Střih 2, varianta 1

2.2. Střih 2 materiál M1

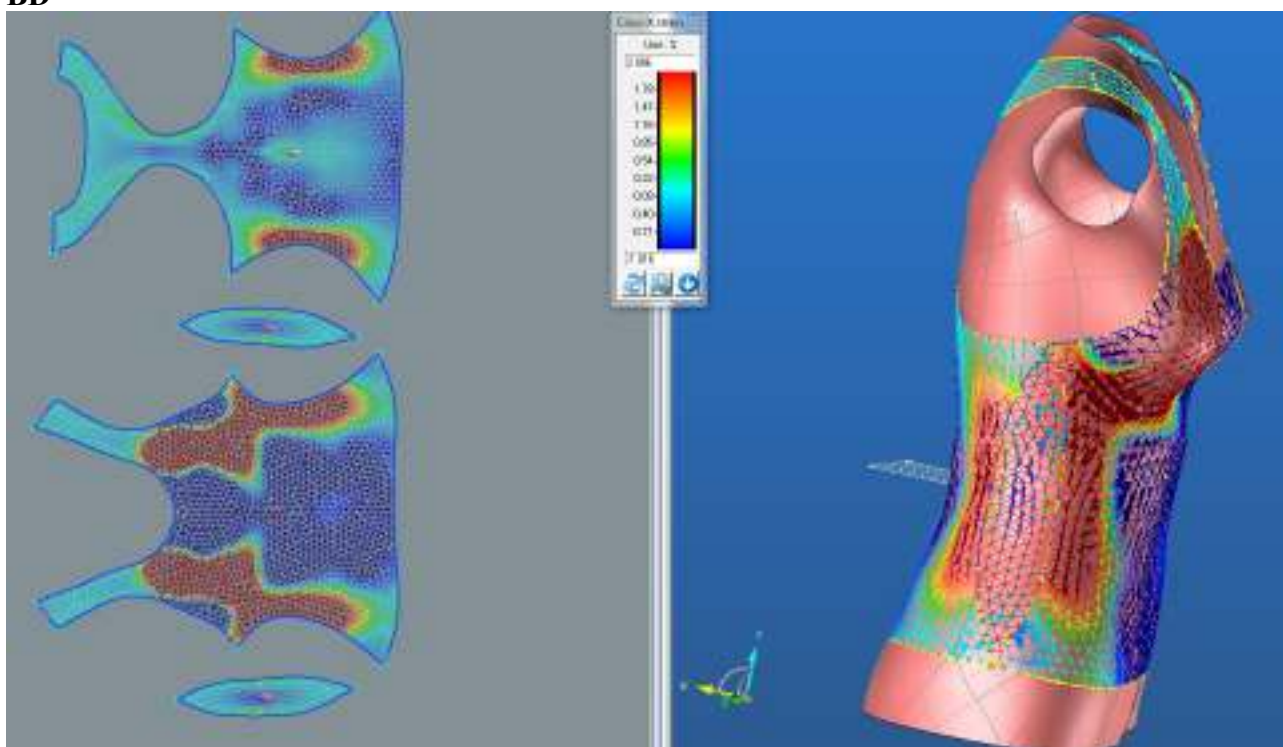
2.2.1. Analýza mechanických vlastností

2.2.1.1. Cross-X strain

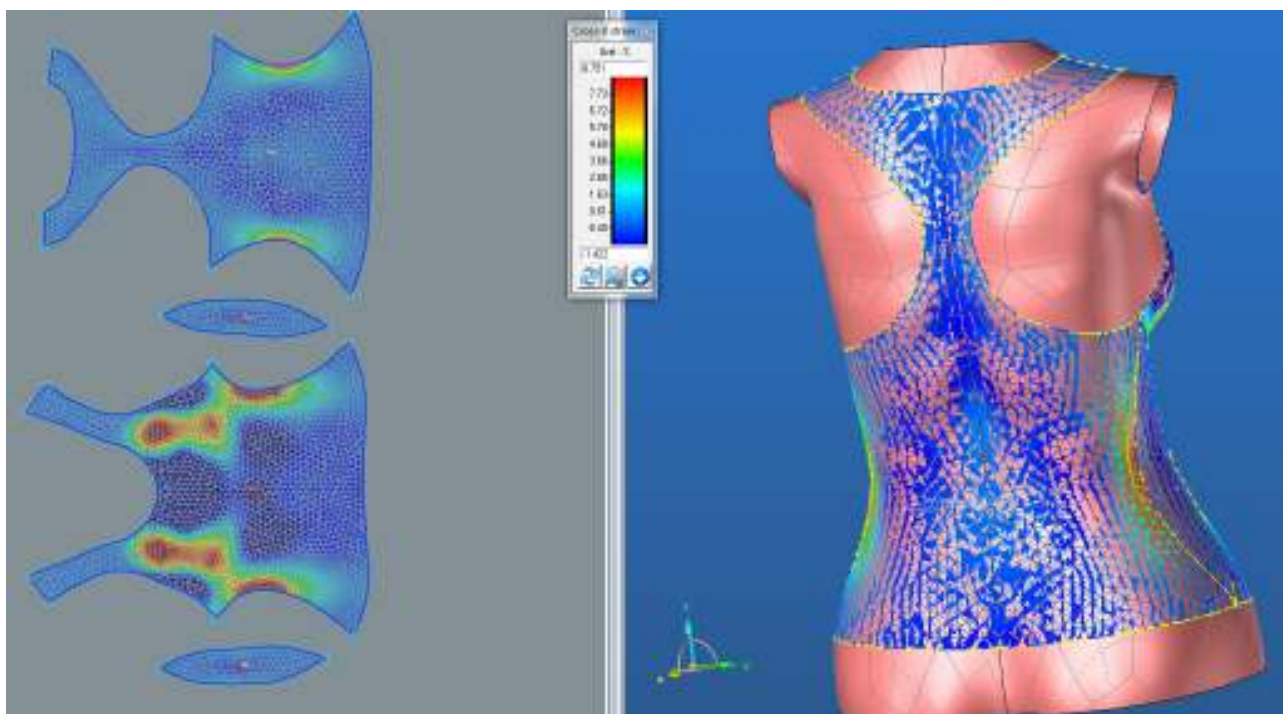
PD



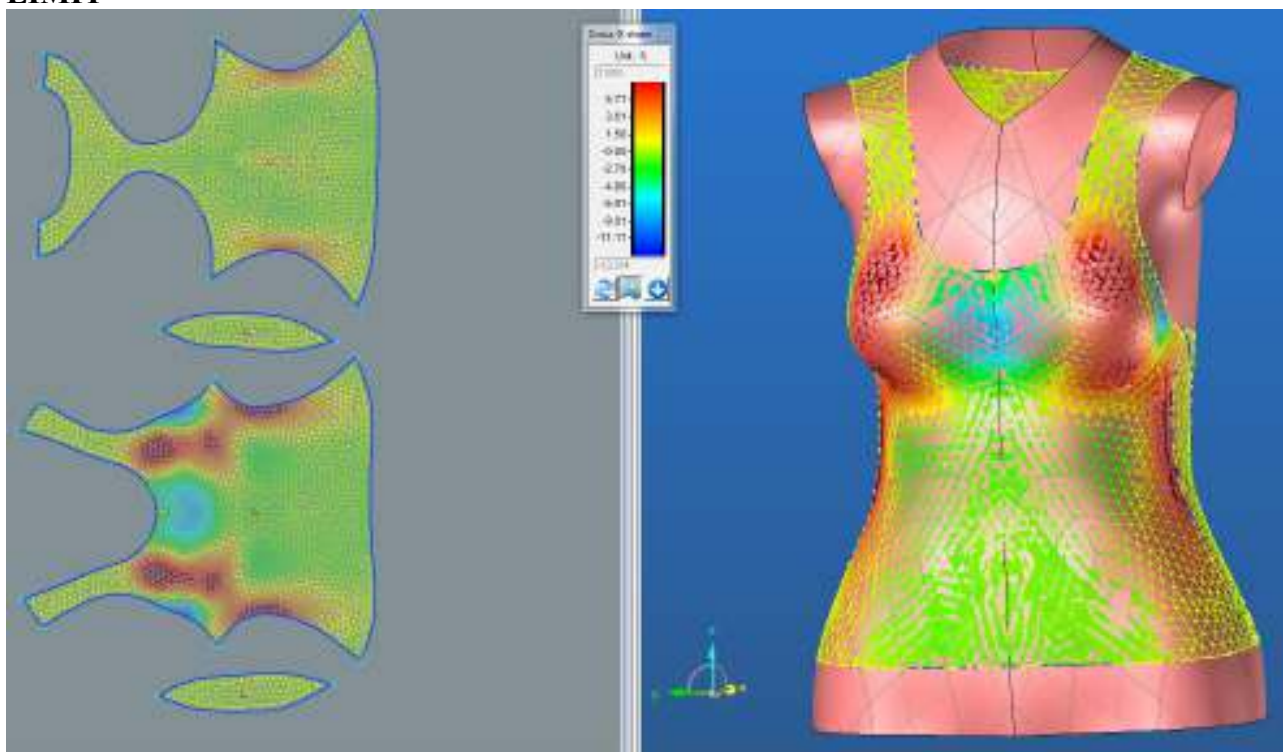
BD



ZD

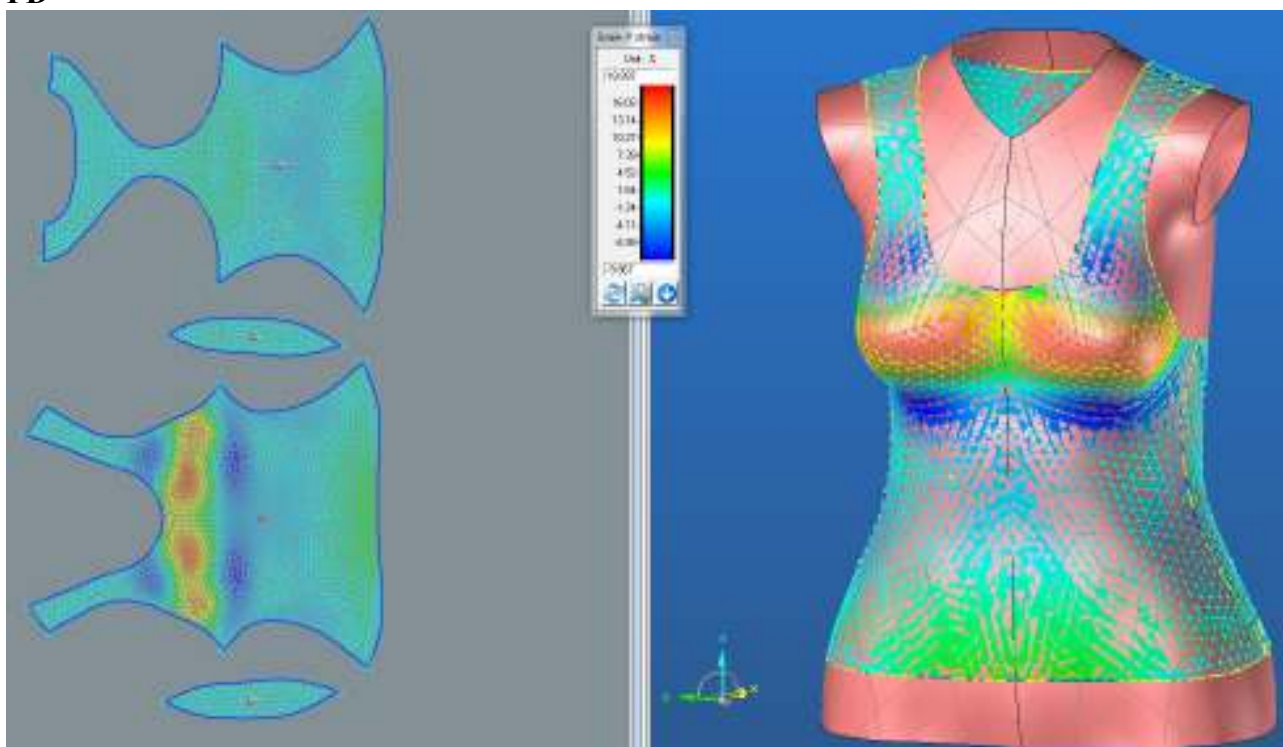


LIMIT

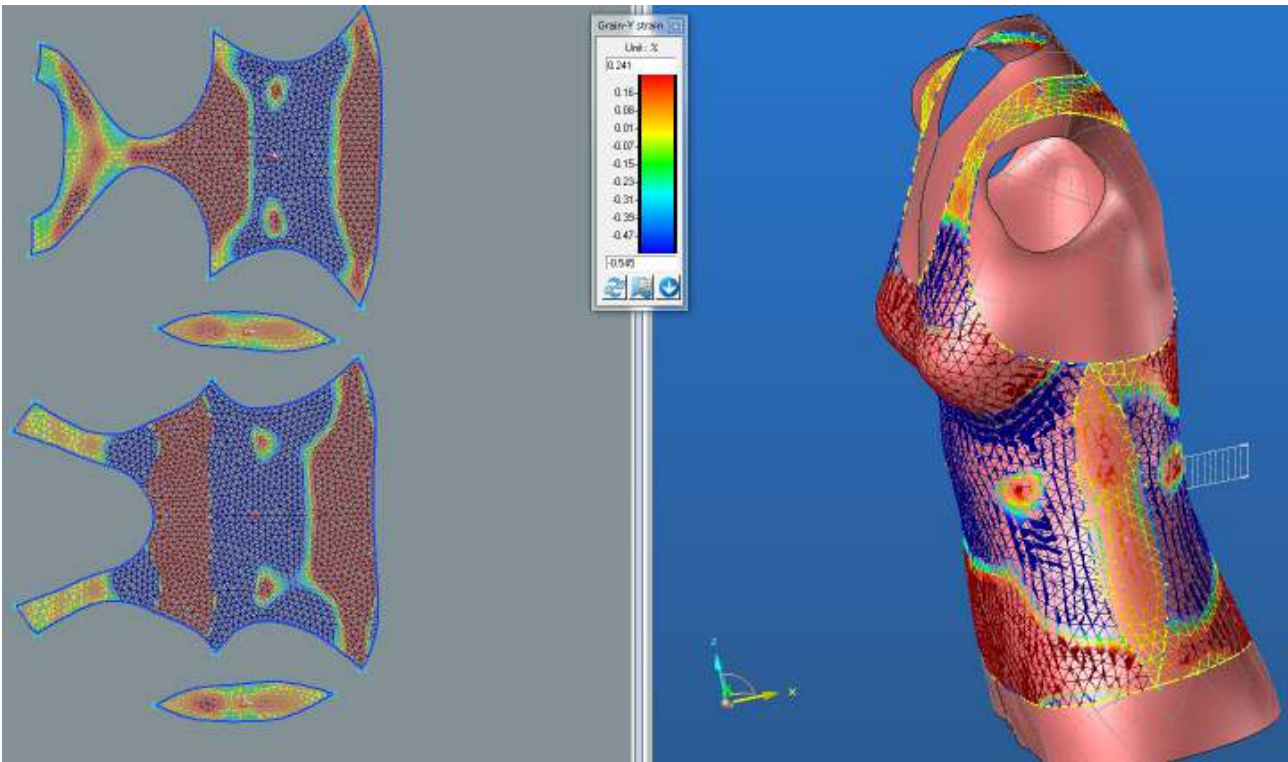


2.2.1.2. Grain-Y strain

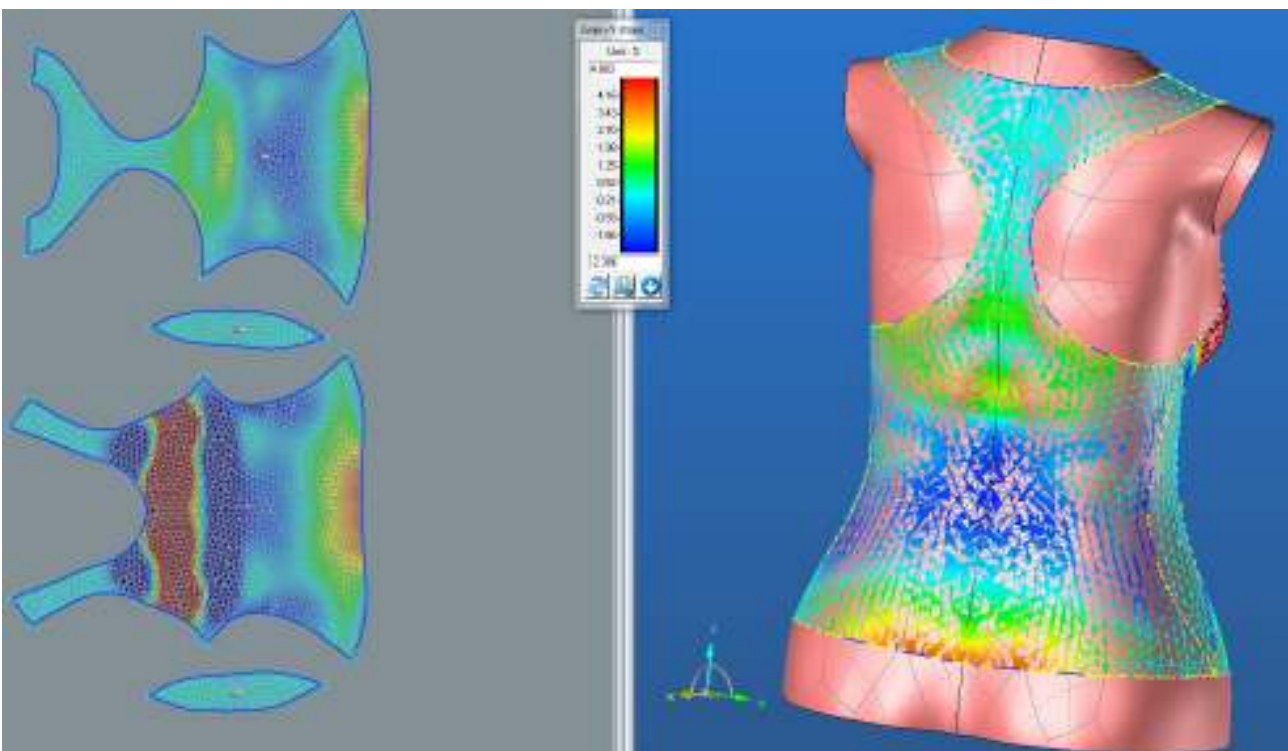
PD



BD

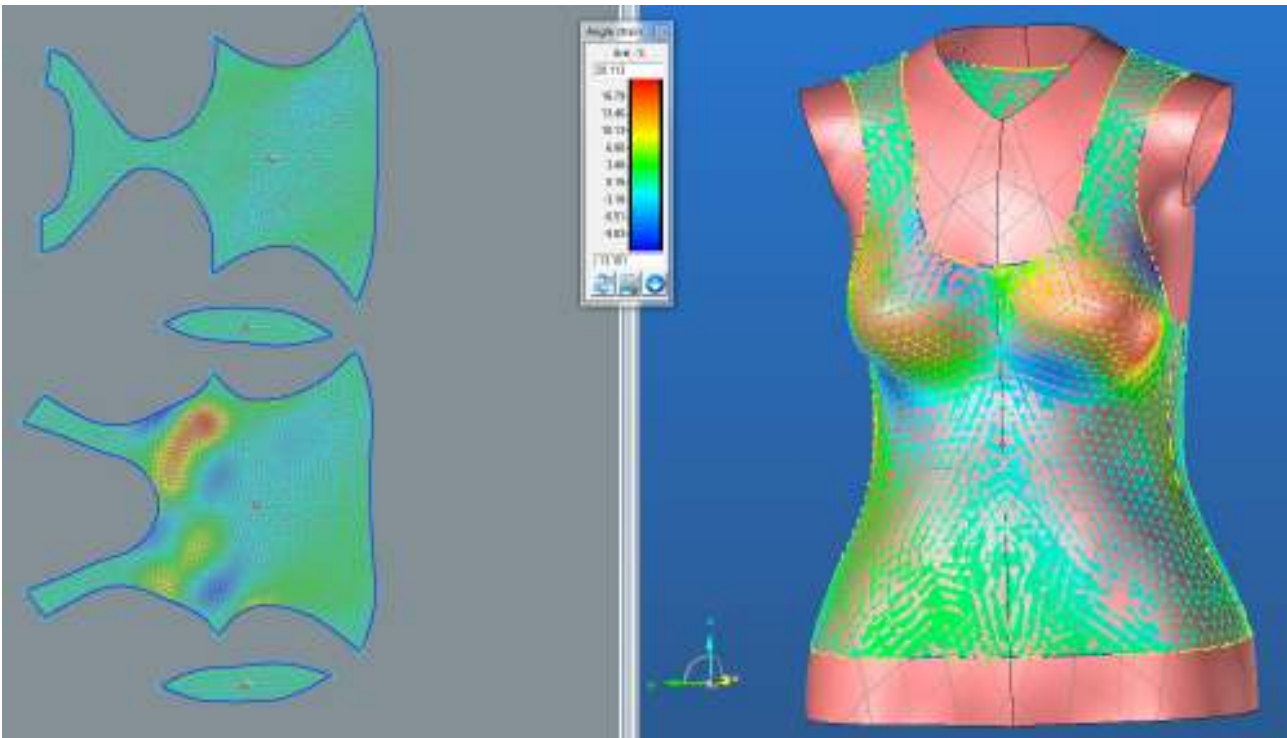


ZD

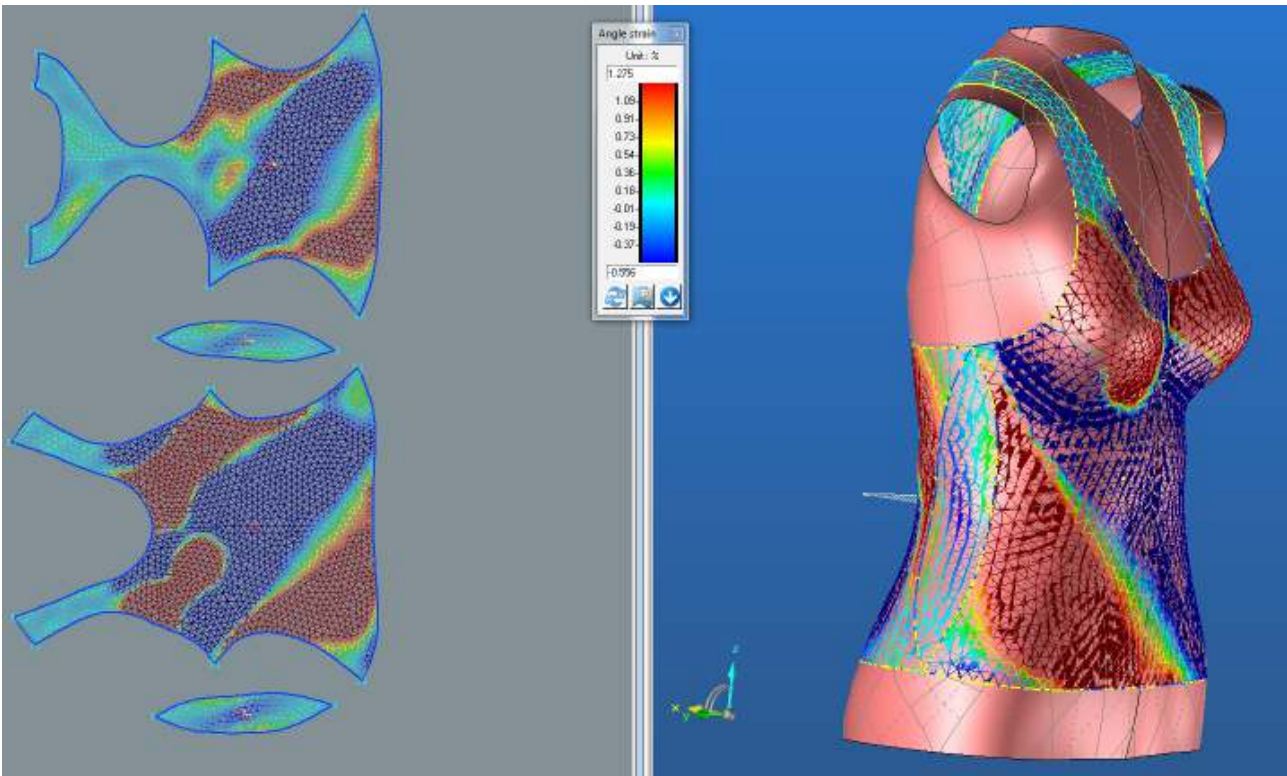


2.2.1.3 .Bias 45° strain

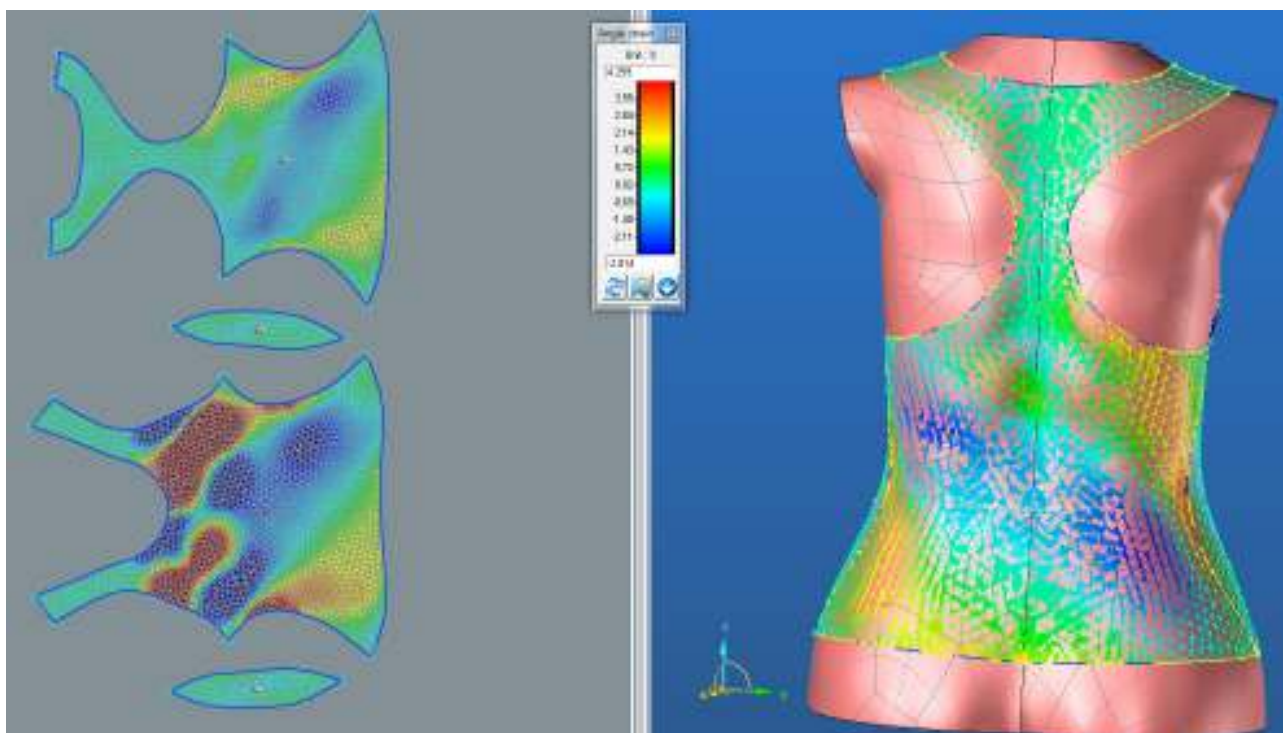
PD



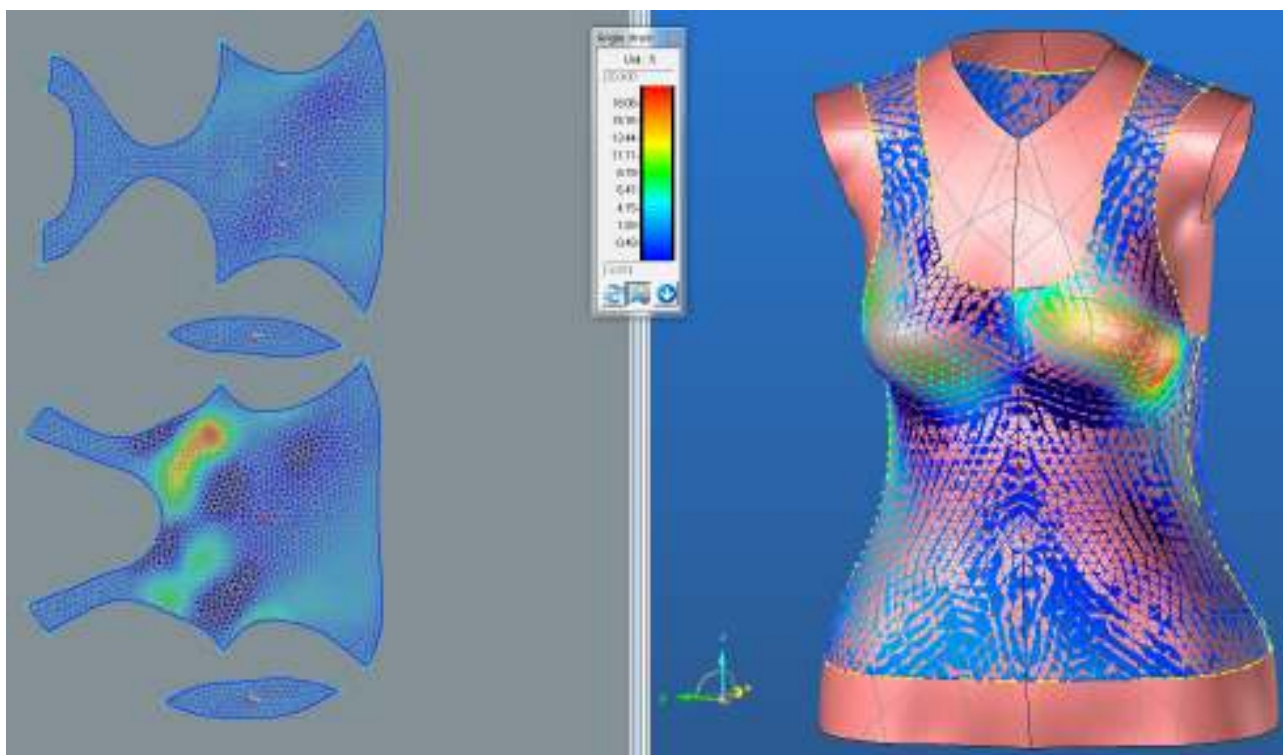
BD



ZD

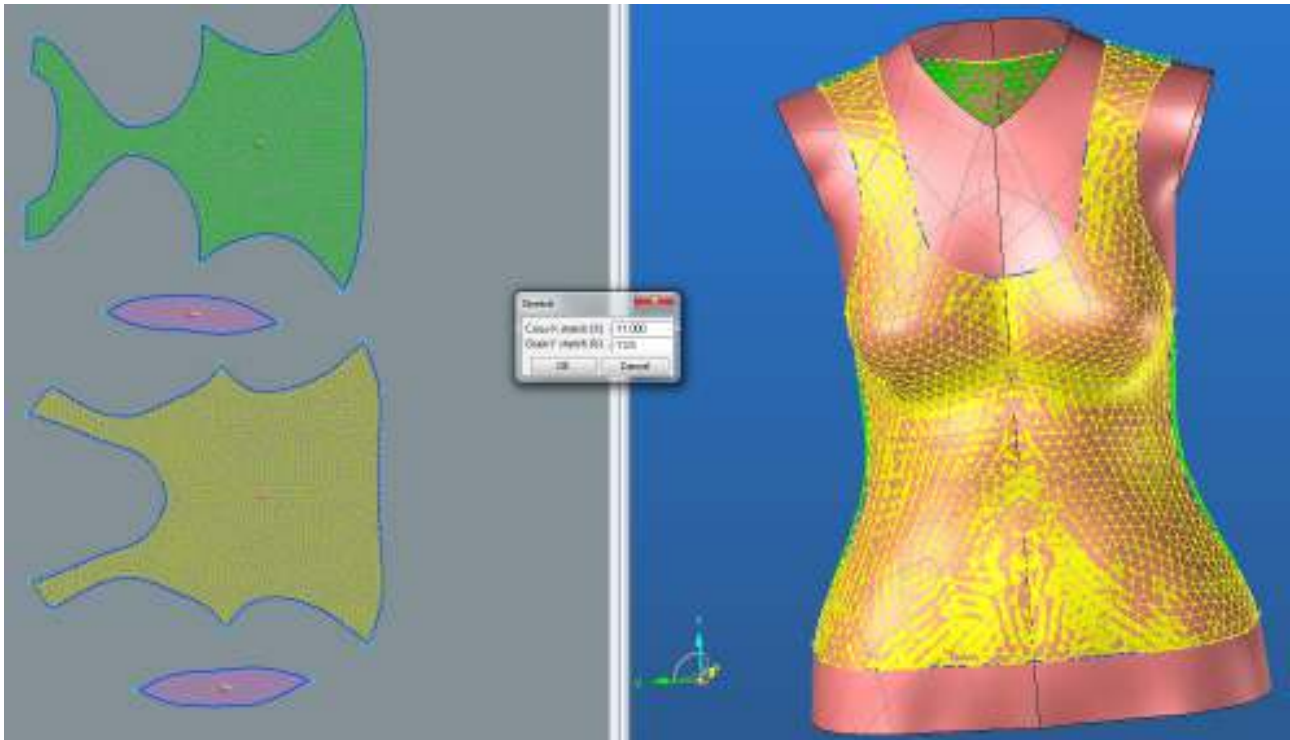


LIMIT

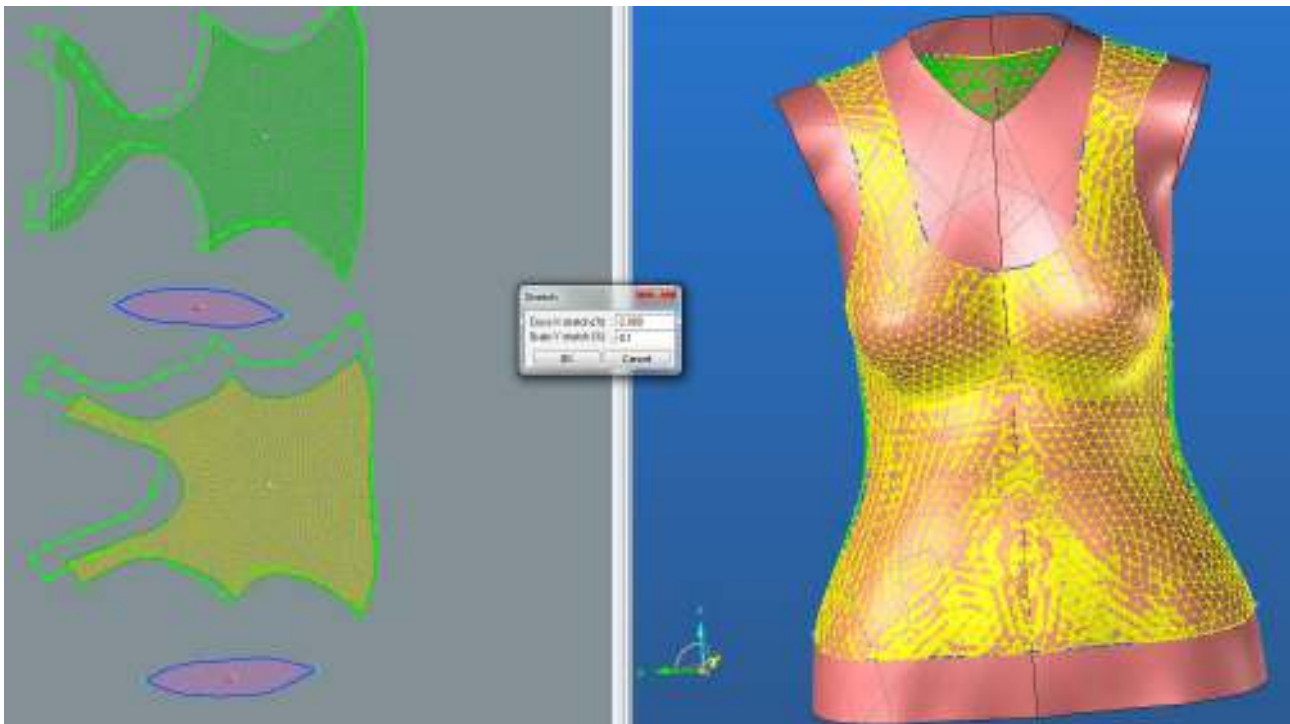


2.2.2. Střih 2 materiál M1 – Optimalizace stříhových šablon

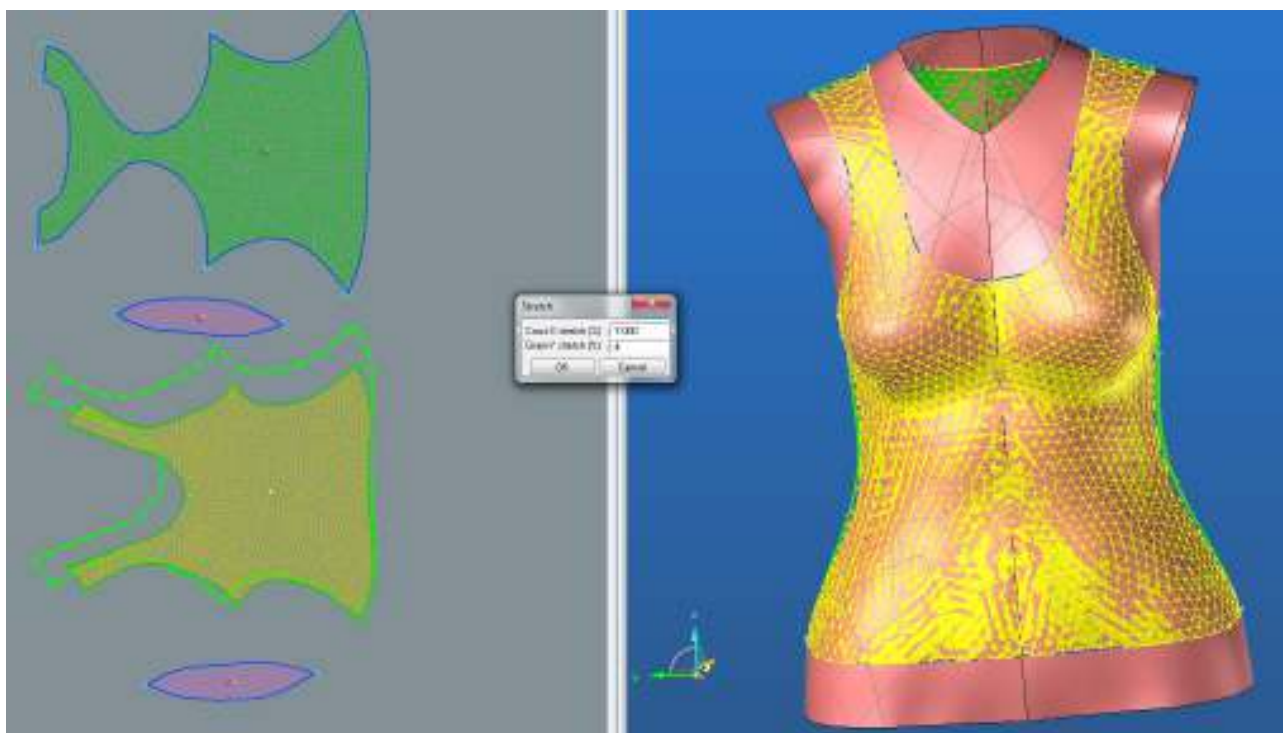
PD



ZD



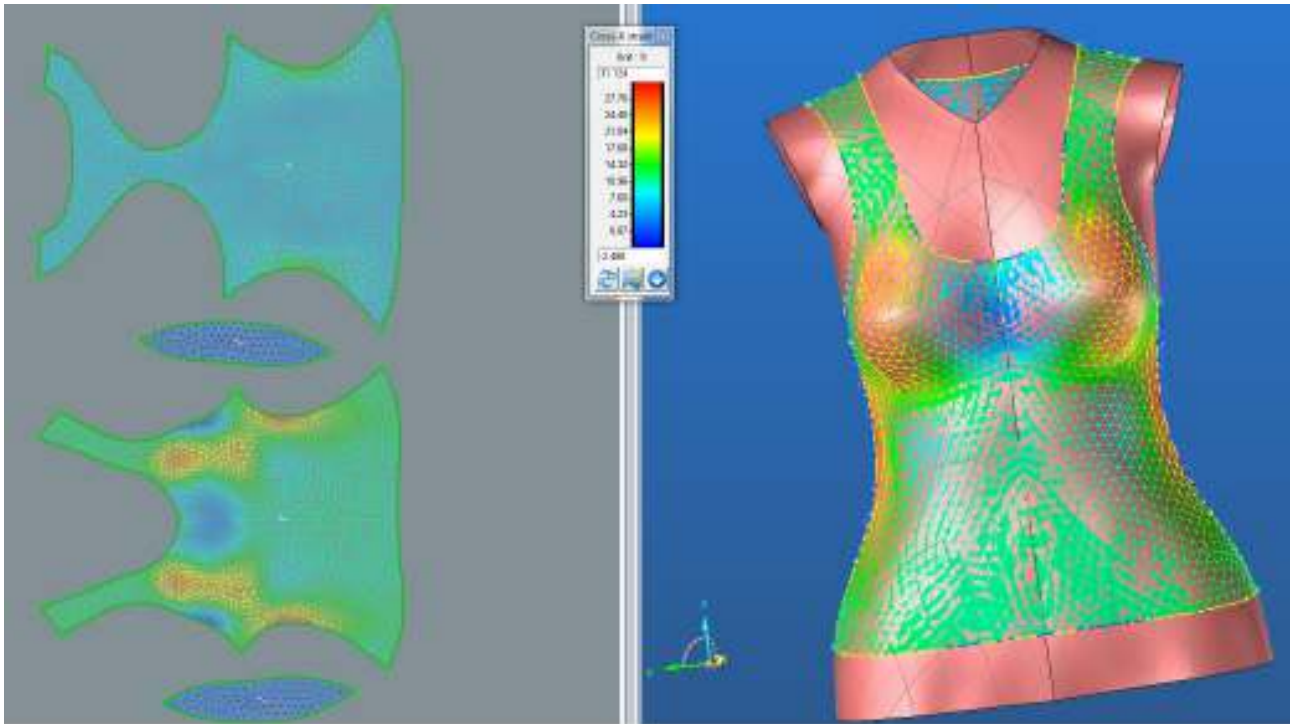
BD



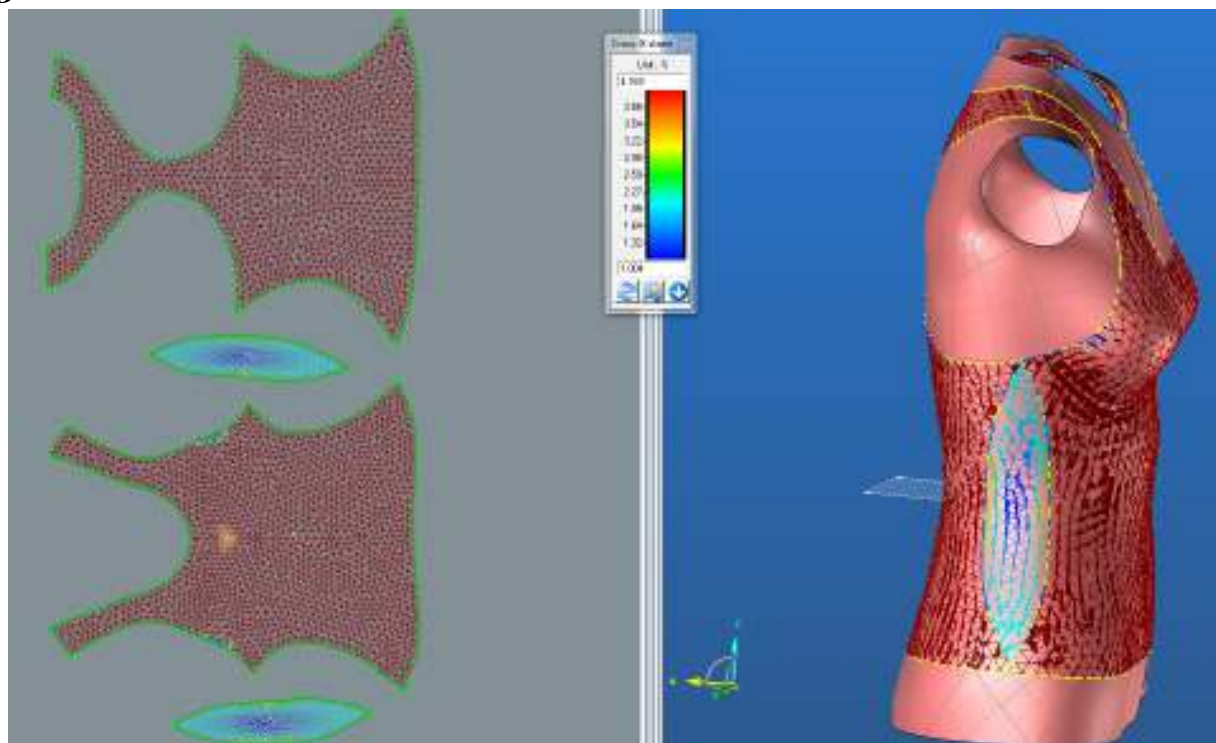
2.2.3. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

2.2.3.1. Cross-X strain

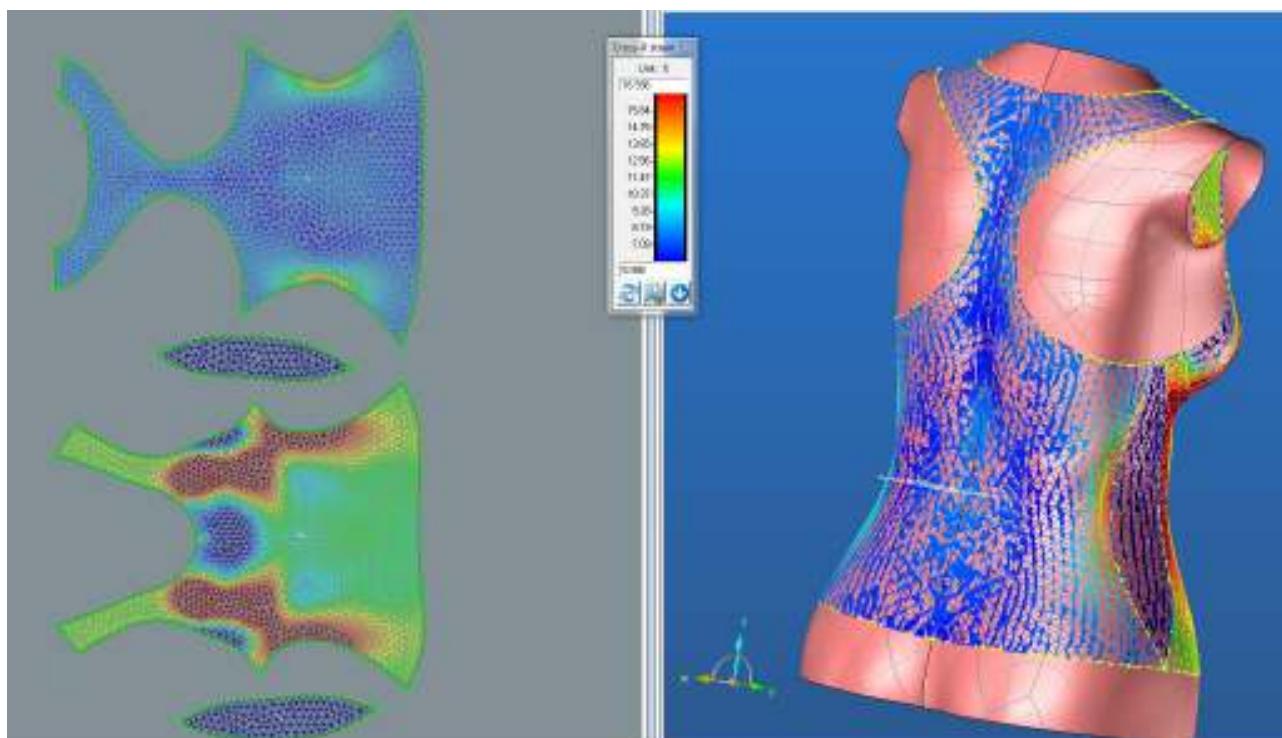
PD



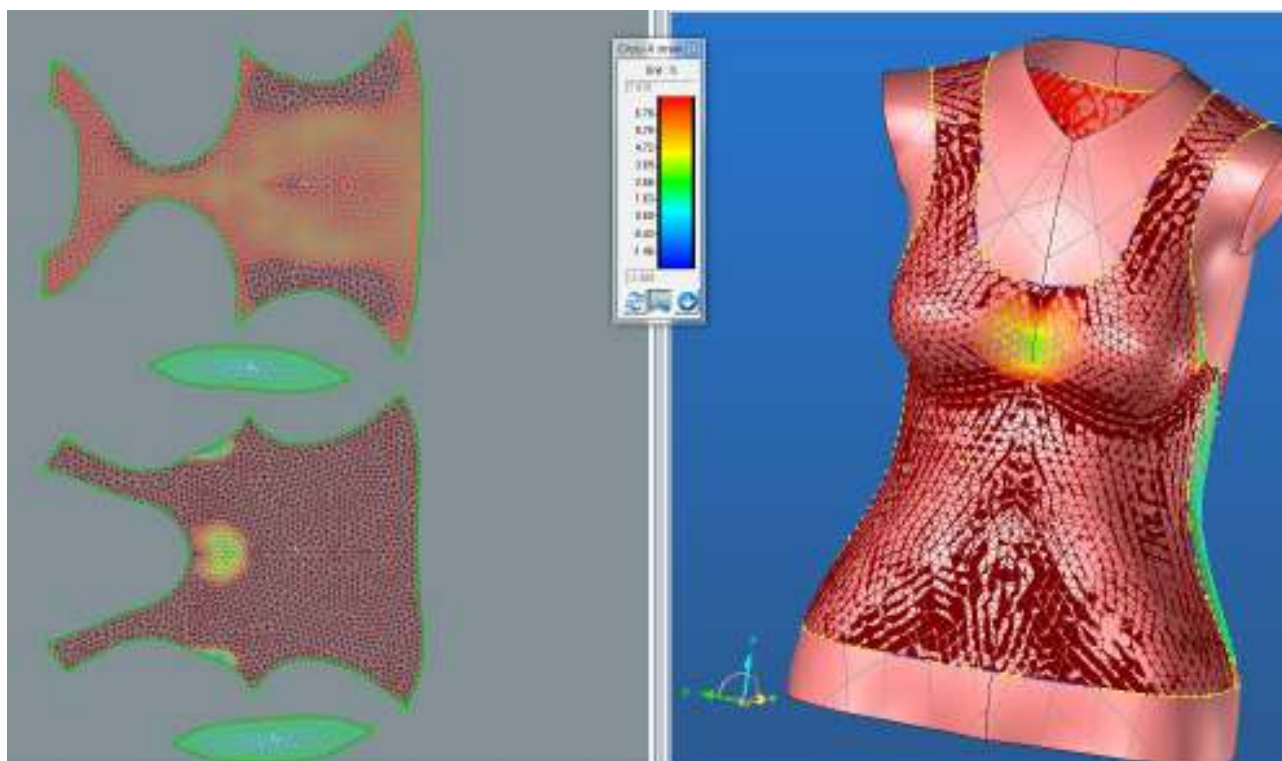
BD



ZD

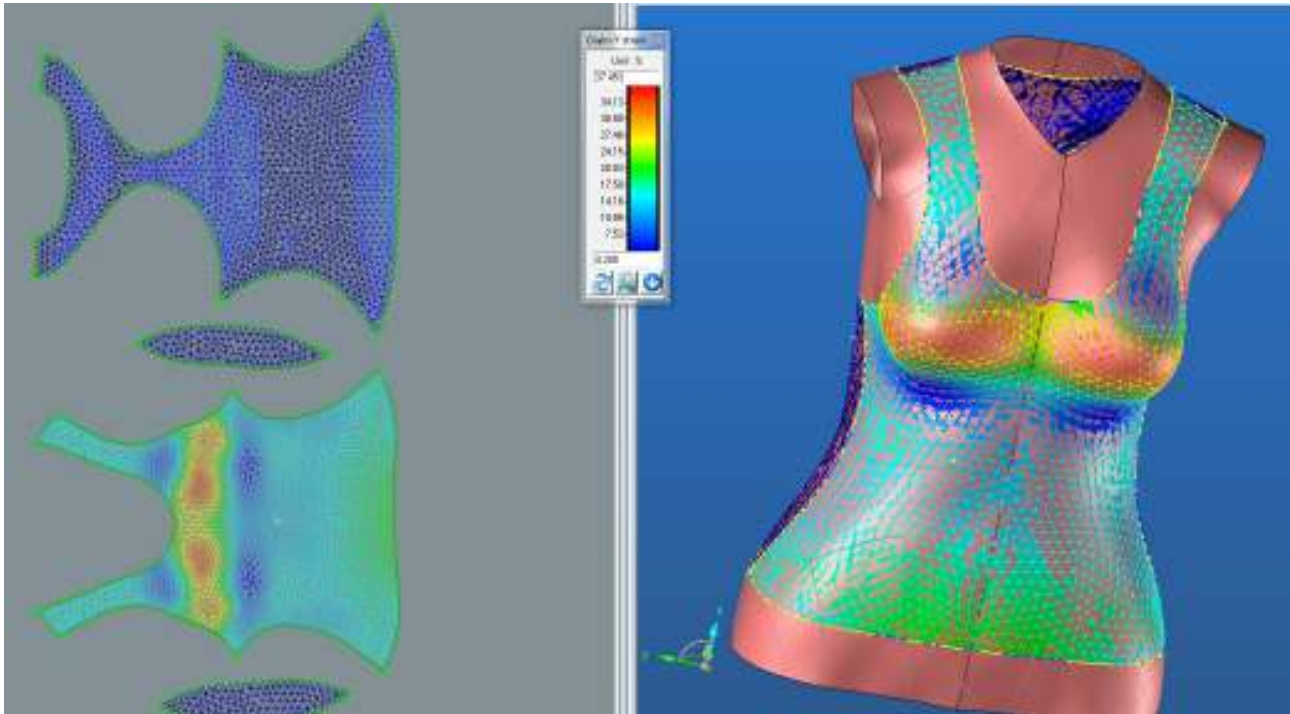


LIMIT

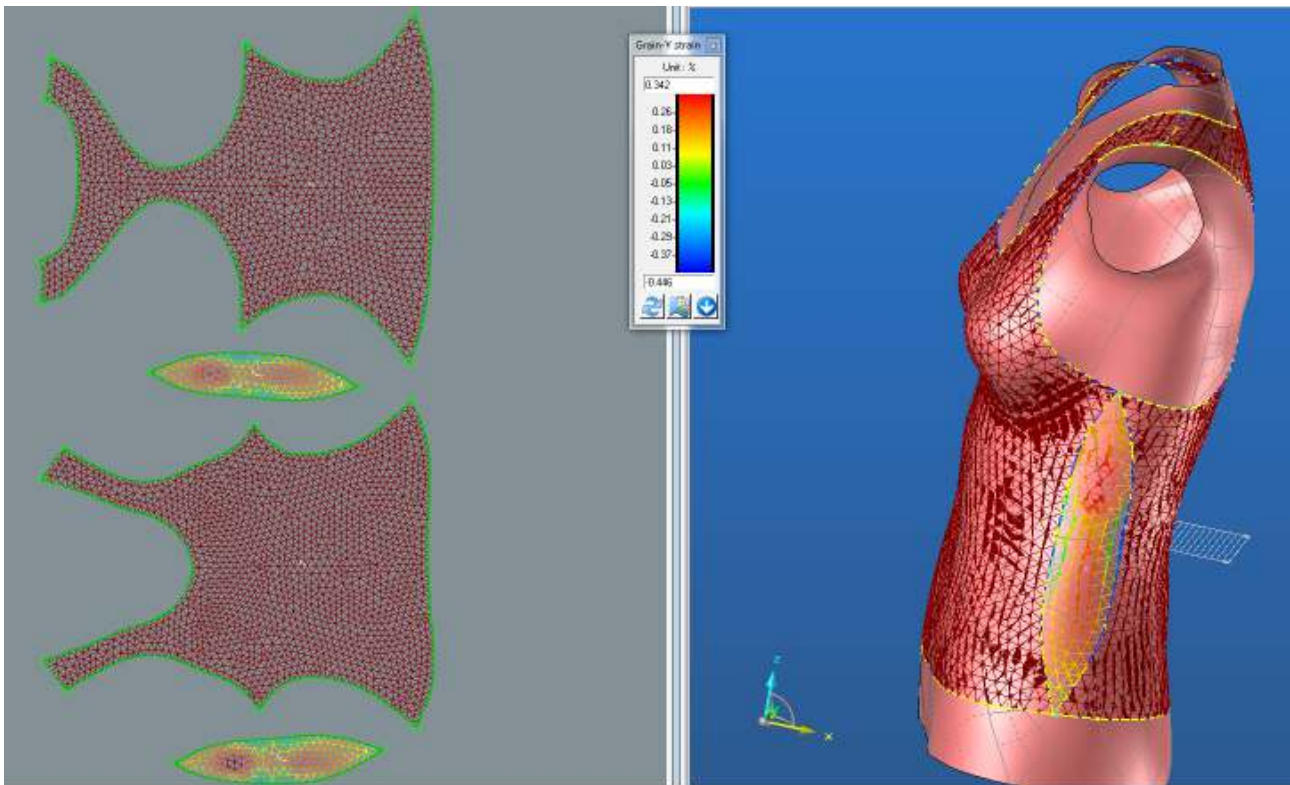


2.2.3.2. Grain-Y strain

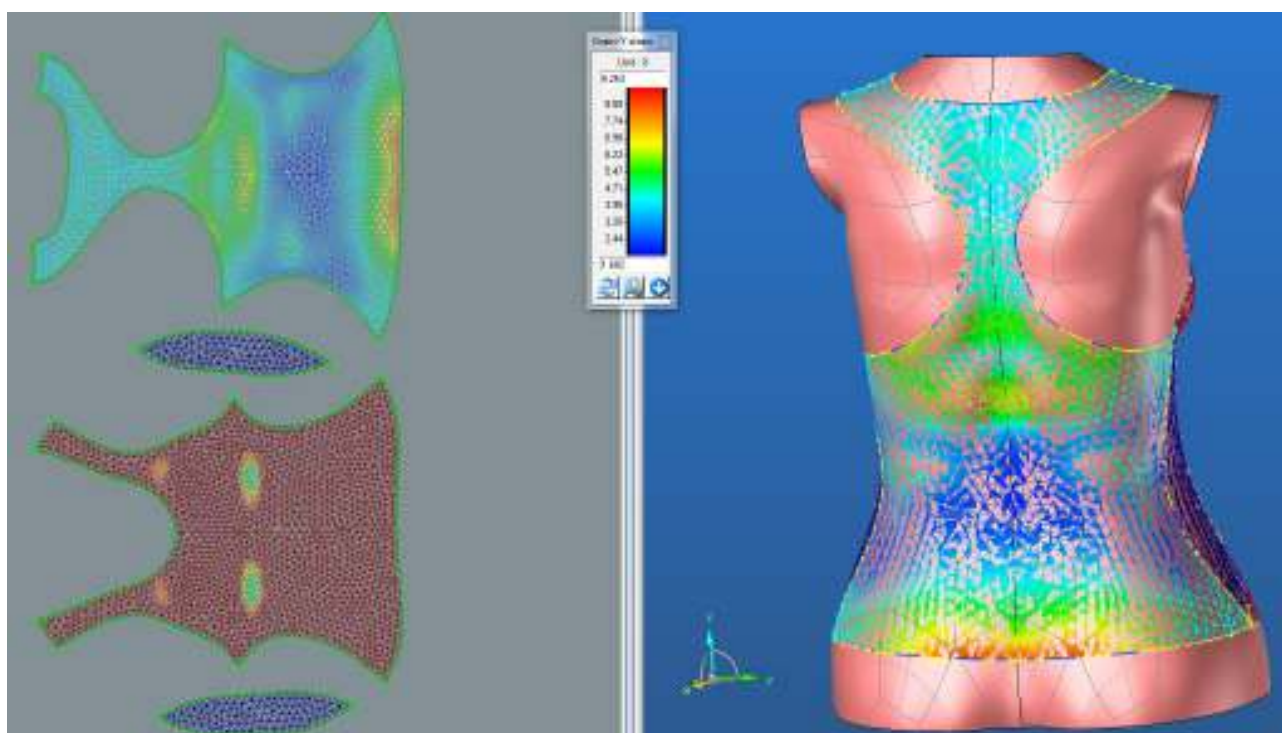
PD



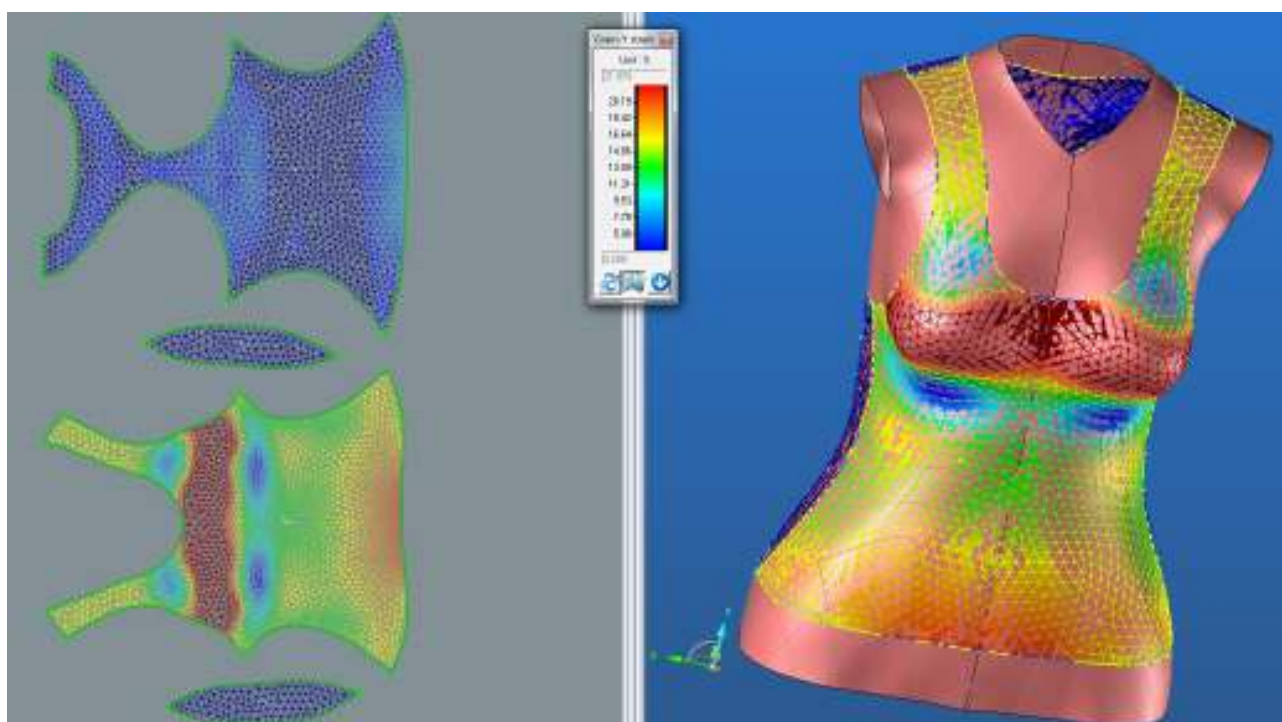
BD



ZD

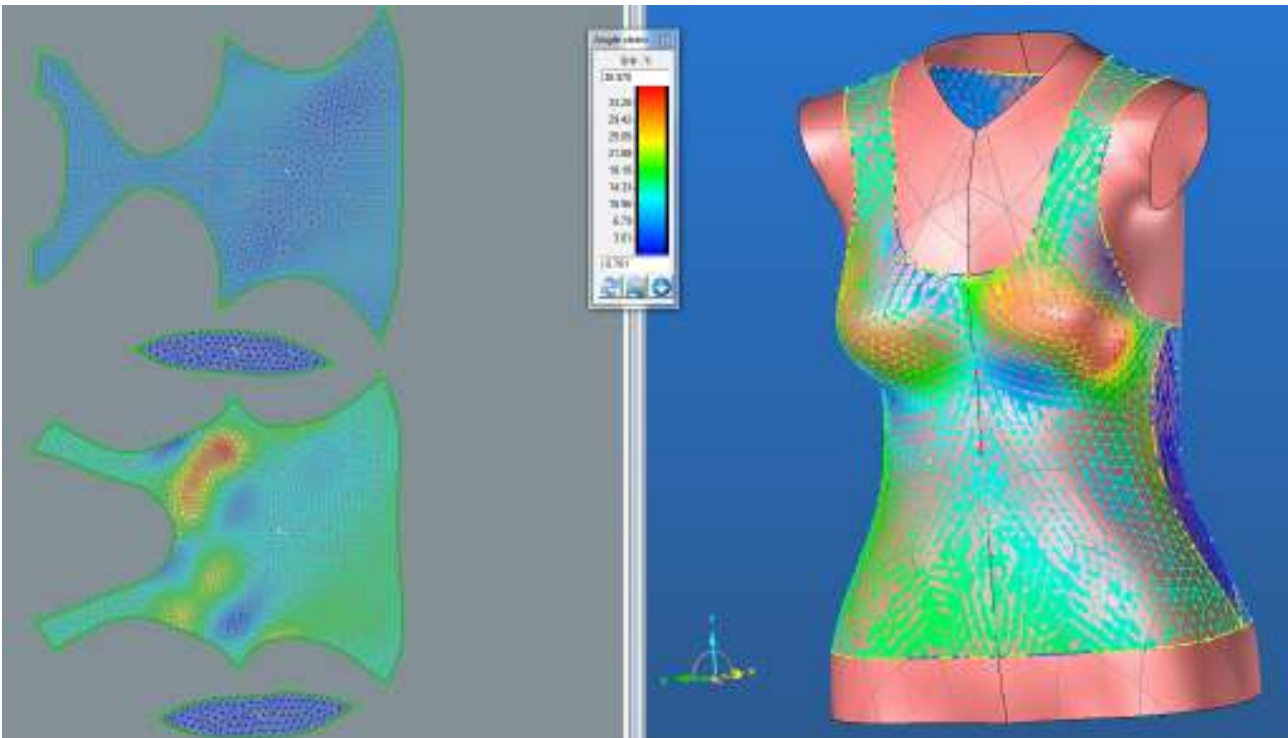


LIMIT

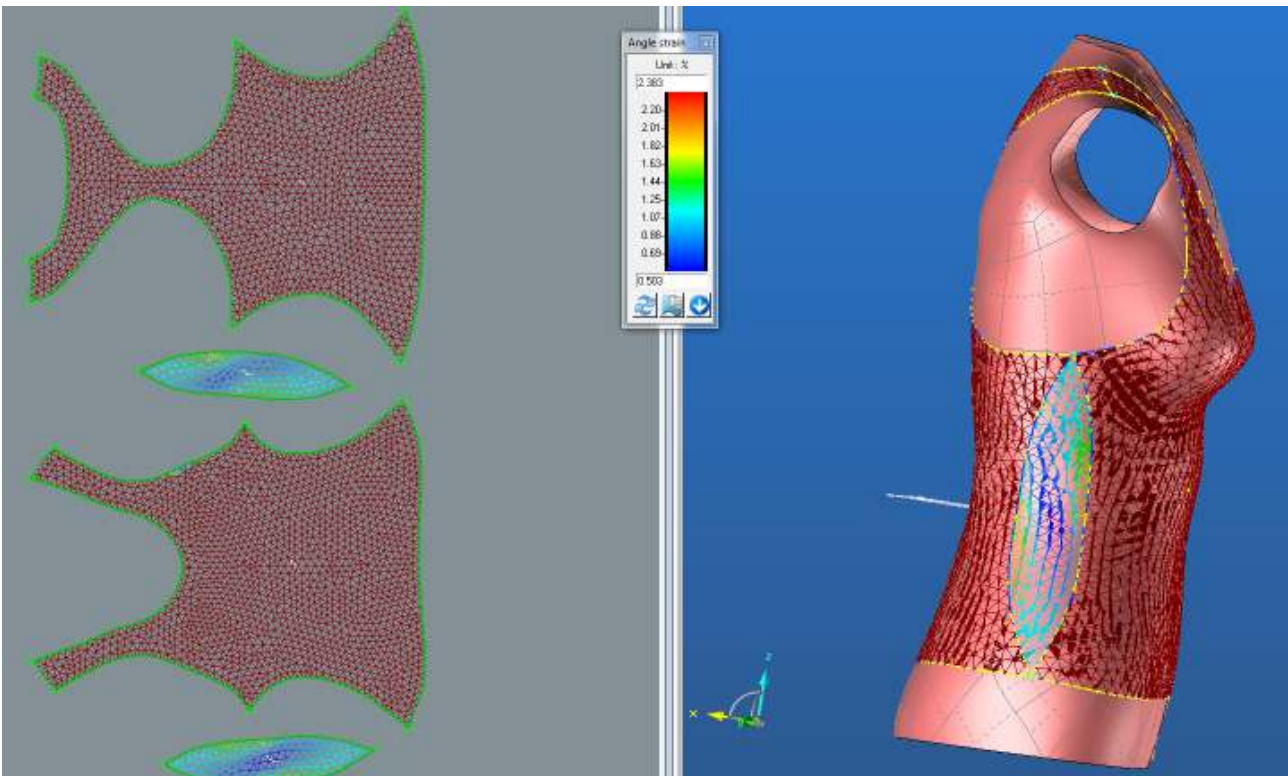


2.2.3.3. Bias 45° strain

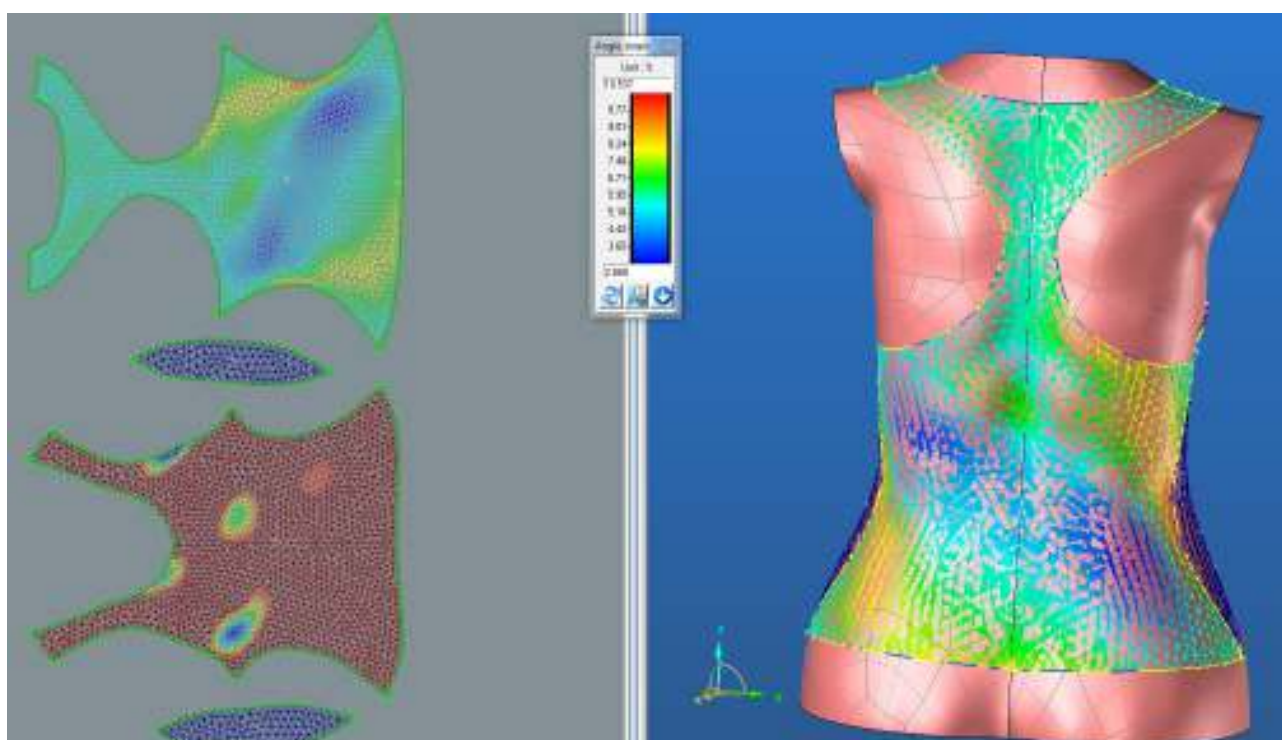
PD



BD



ZD



2.2.4. Střih 2 materiál M1 – Výsledné hodnoty mechanických vlastností

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	15.754	19.415	22.853	0.002
	Min	0.002	-18.422	-16.259	-0.001
Optimalizace PD	Max	15.754	36.271	9.615	0.003
	Min	0.002	-7.932	-26.617	-0.002
BD	Max	0.820	1.834	2.250	0.001
	Min	0.014	-1.045	-9.623	-0.001
Optimalizace BD	Max	1.003	3.890	0.201	0
	Min	-1.015	0.069	-4.265	0
ZD	Max	31.146	10.647	1.056	0.000
	Min	0.001	-2.201	1.801	-0.001
Optimalizace ZD	Max	2.469	19.959	-2.001	0.002
	Min	0.001	2.042	-15.937	-0.001

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	16.700	33.568	49.329	0.002
	Min	-13.214	-10.323	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	31.124	34.230	49.329	0.002
	Min	-2.488	-37.249	0	-0.002
BD	Max	2.006	7.207	6.269	0
	Min	-1.016	-8.634	0	-0.001
Optimalizace BD	Max	4.169	7.197	16.687	0
	Min	1.004	-9.500	3.497	0
ZD	Max	9.751	33.568	49.329	0.002
	Min	-1.422	-10.323	0	-0.001
Optimalizace ZD	Max	16.936	33.568	49.329	0.001
	Min	5.998	-10.323	31.666	-0.001

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	18.697	25.954	43.188	0.001
	Min	-9.667	-39.151	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	37.453	25.954	49.071	0.001
	Min	4.200	-39.151	10.713	-0.002
BD	Max	0.241	23.876	0.727	0
	Min	-0.545	6.818	0	0
Optimalizace BD	Max	0.342	23.876	0.886	0
	Min	-0.446	6.818	0	0
ZD	Max	4.883	25.925	12.384	0
	Min	-2.386	-39.642	0	0
Optimalizace ZD	Max	9.253	25.925	22.720	0
	Min	1.662	-39.642	4.349	-0.001

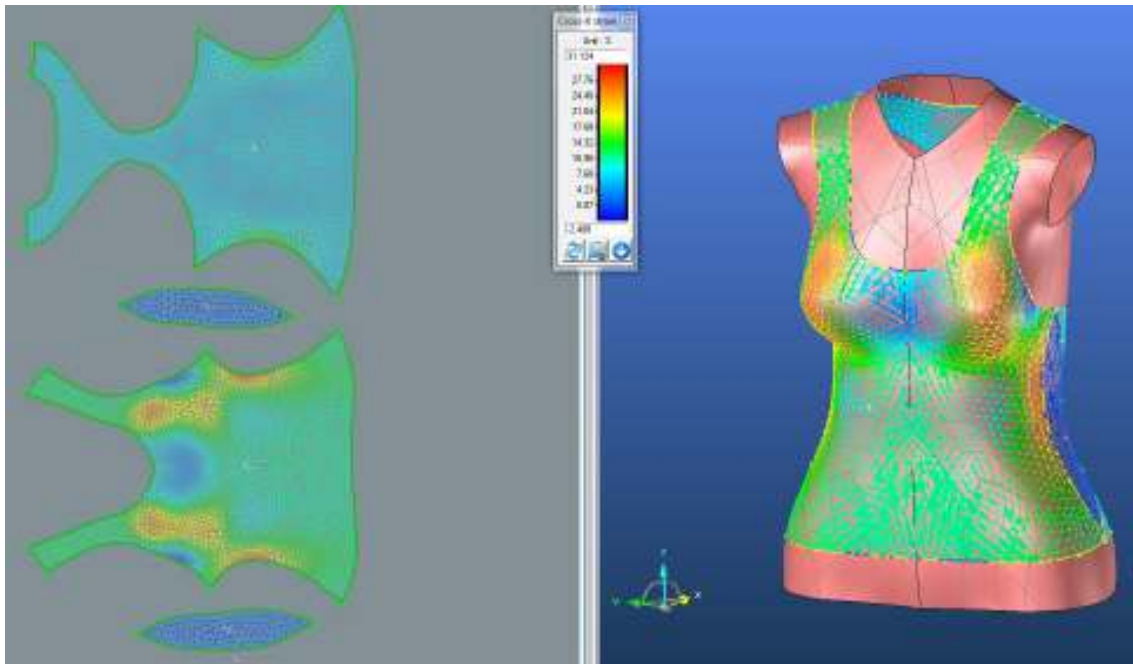
	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	20.113	29.466	47.274	0.001
	Min	13.161	-25.778	0	0
Optimalizace PD	Max	36.970	29.343	48.125	0.001
	Min	-0.761	-25.557	0	-0.001
BD	Max	1.275	11.245	2.320	0
	Min	-0.556	-3.510	0	0
Optimalizace BD	Max	2.383	11.245	3.474	0
	Min	0.503	-3.510	1.193	0
ZD	Max	4.259	20.682	9.003	0
	Min	-2.814	-27.970	0	0
Optimalizace ZD	Max	10.537	20.908	21.646	0
	Min	2.888	-27.310	5.322	0

2.3. Střih 2 materiál M2

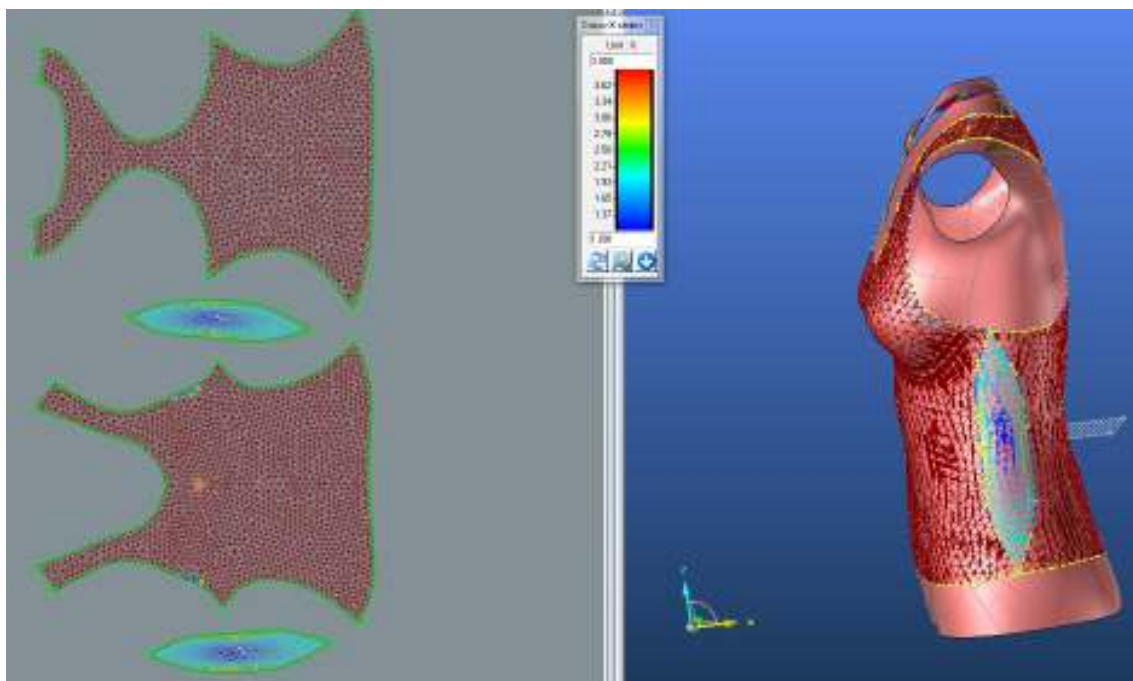
2.3.1. Analýza mechanických vlastností

2.3.1.1. Cross-X strain

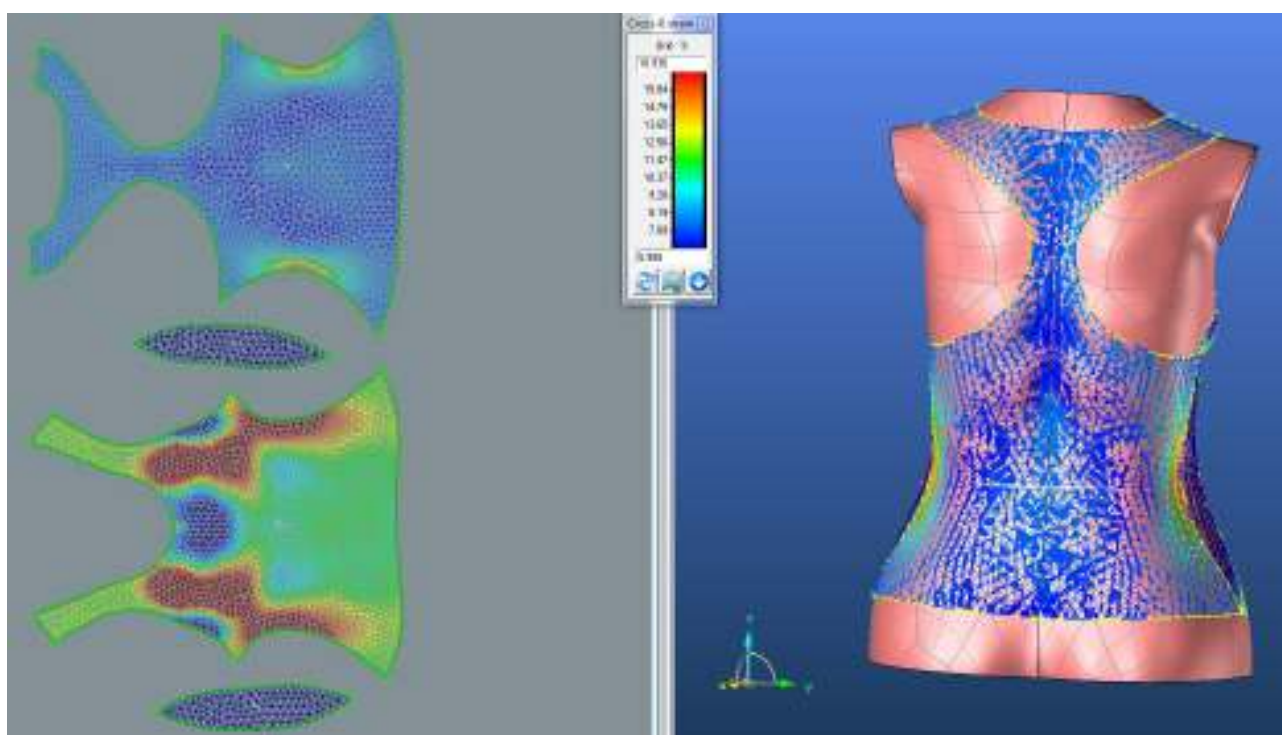
PD



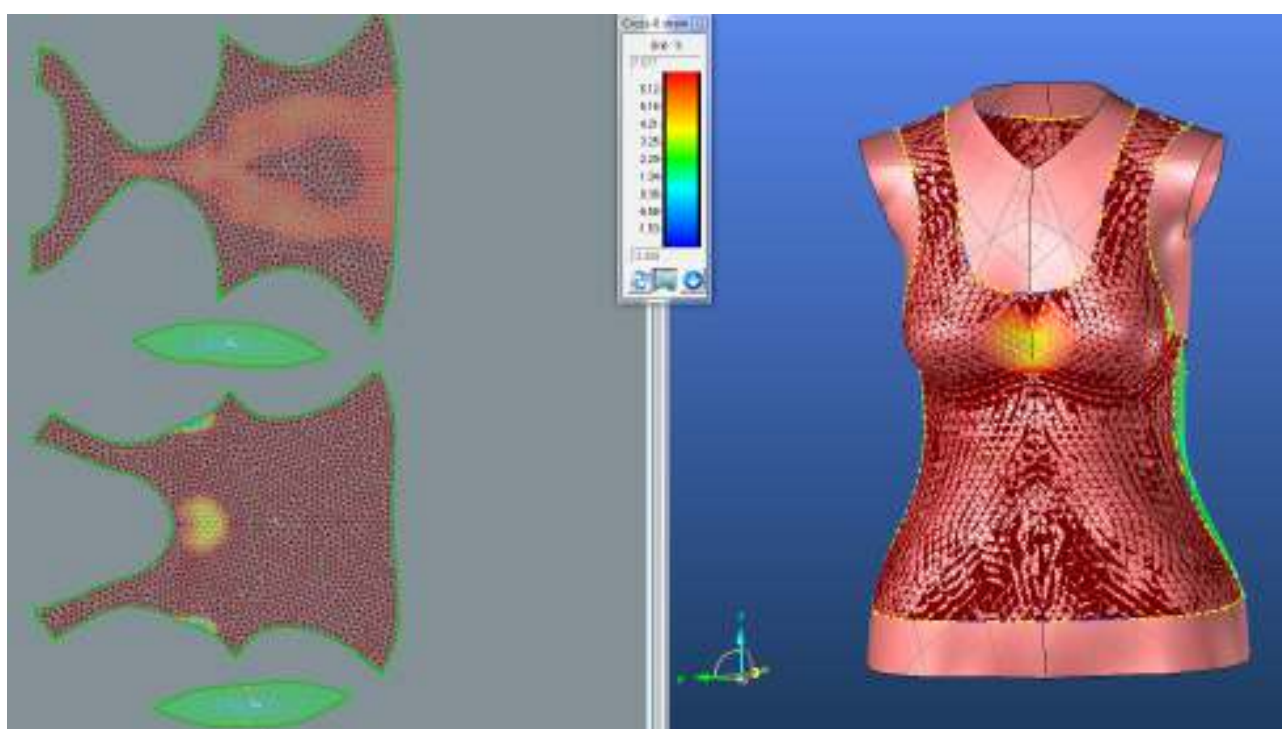
BD



ZD

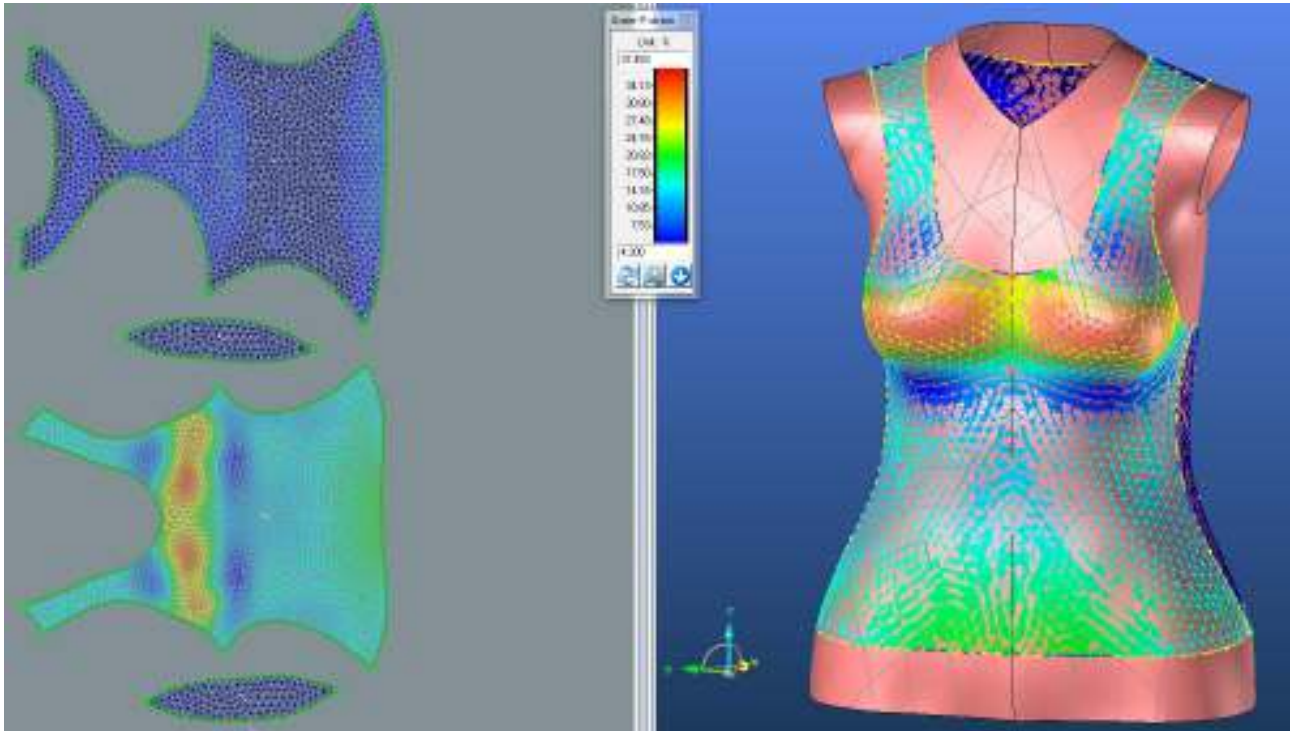


LIMIT

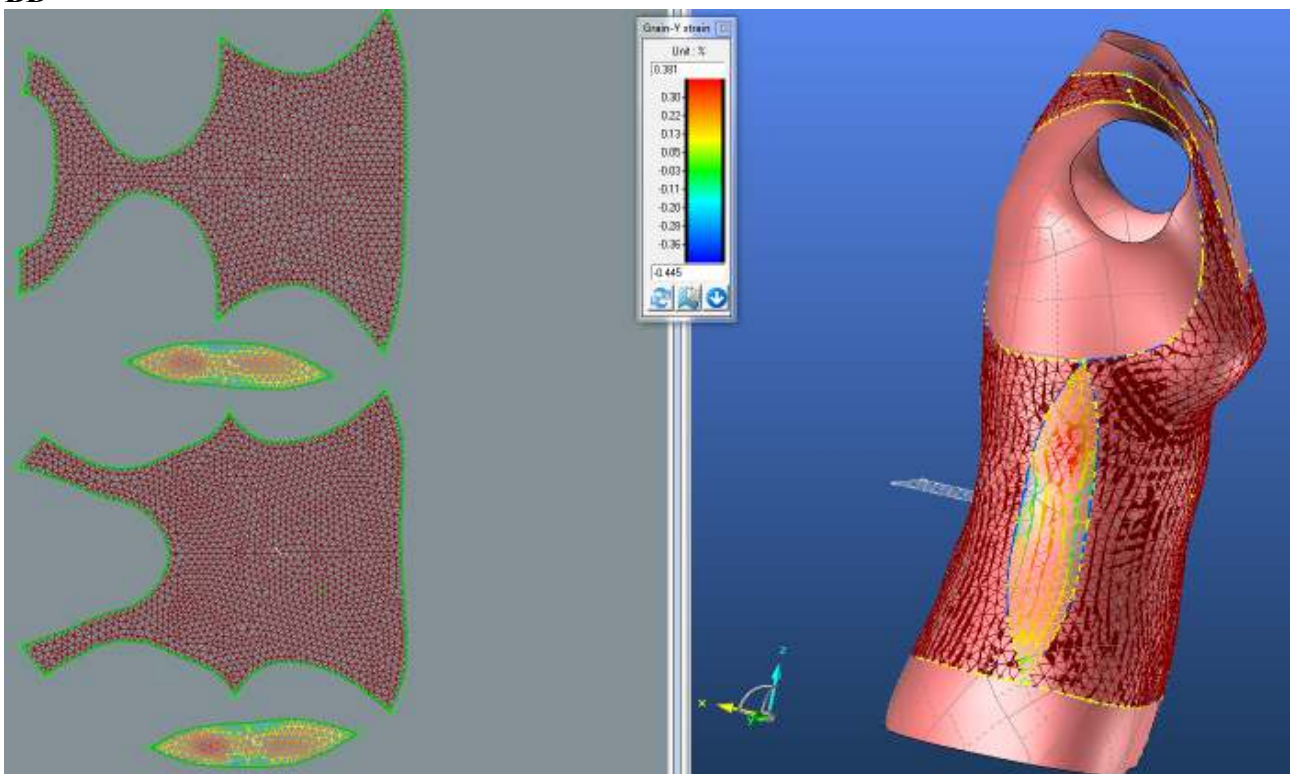


2.3.1.2. Grain-Y strain

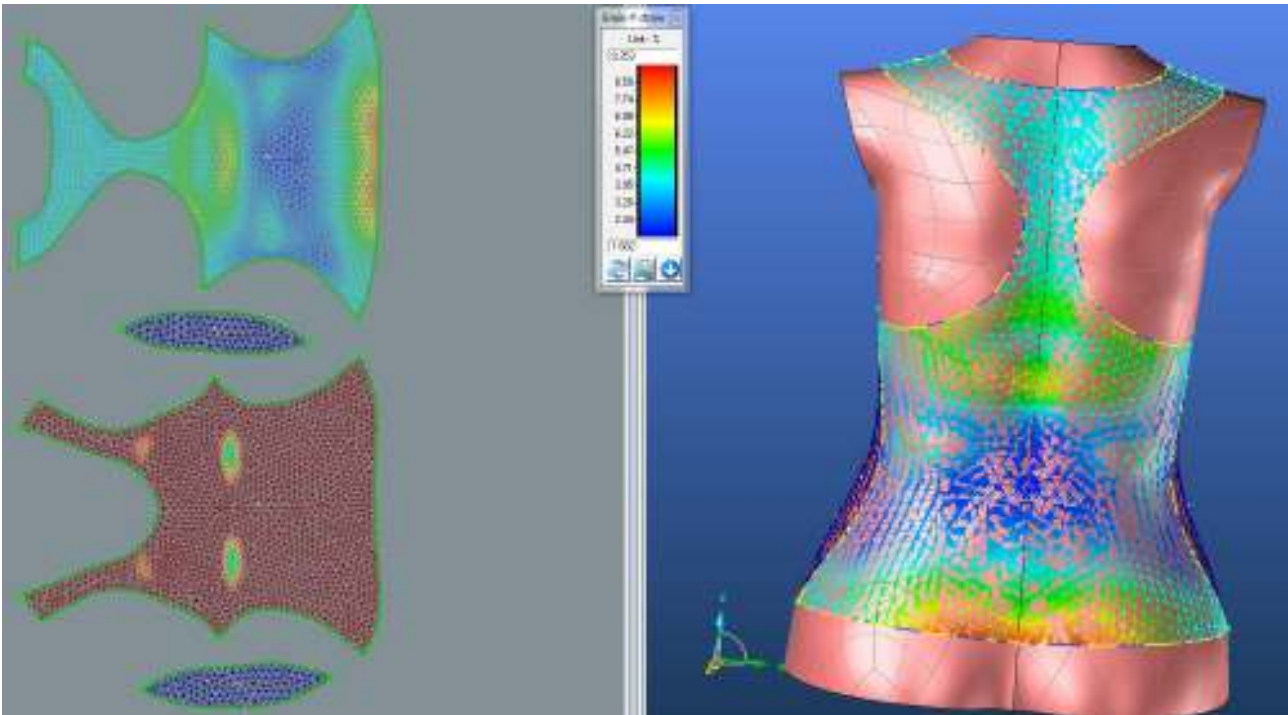
PD



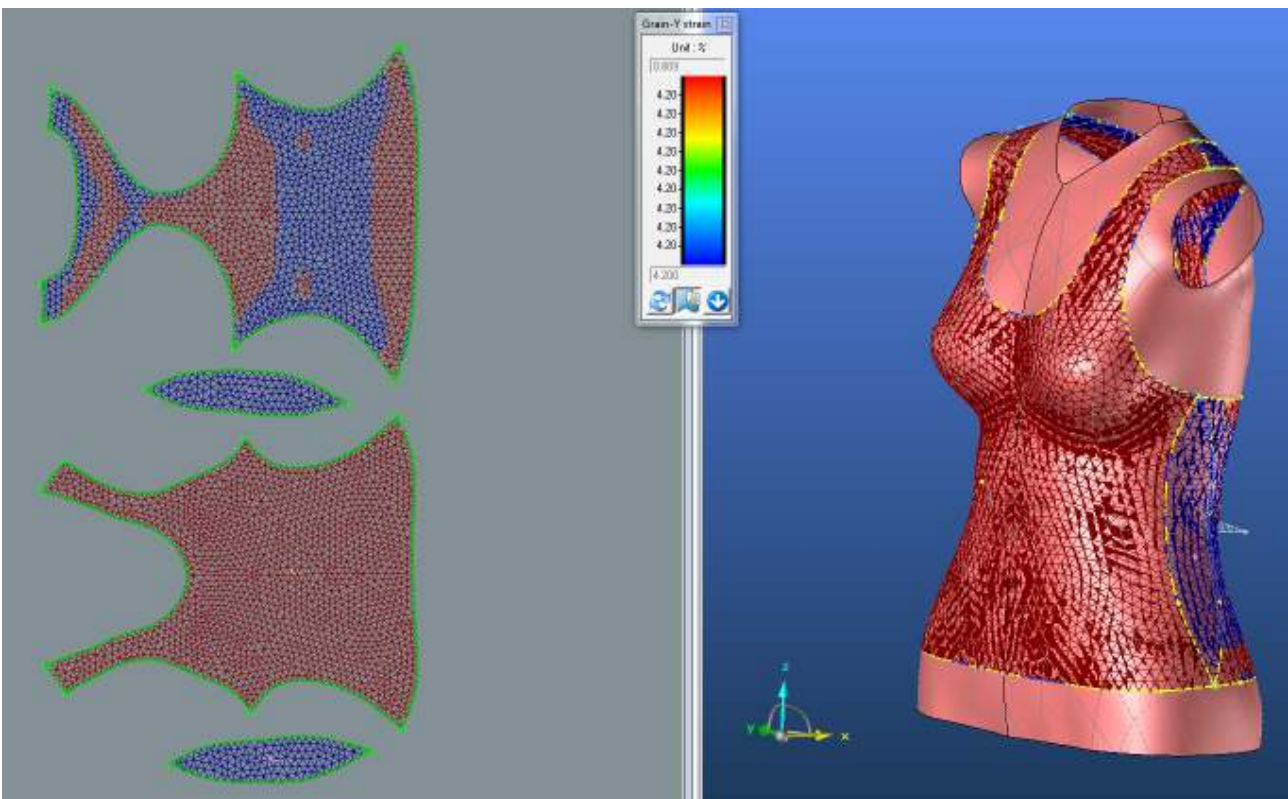
BD



ZD

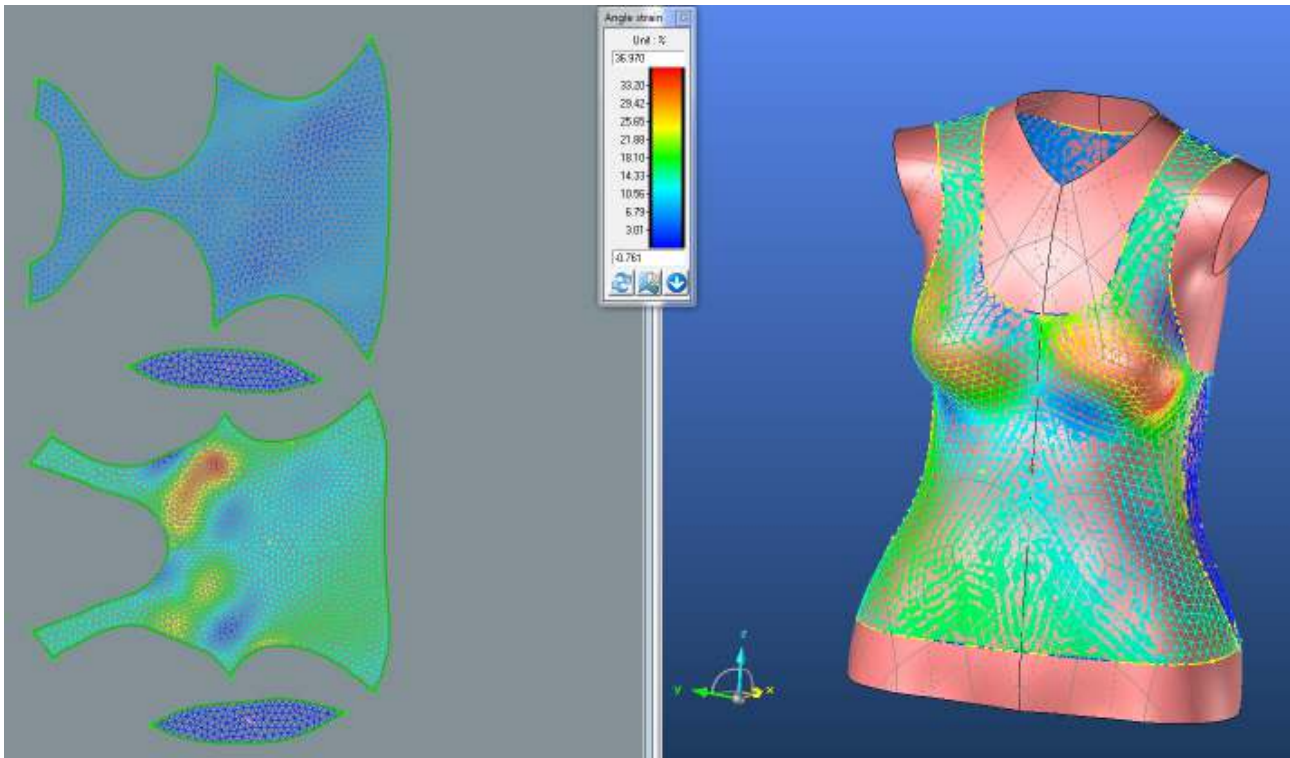


LIMIT

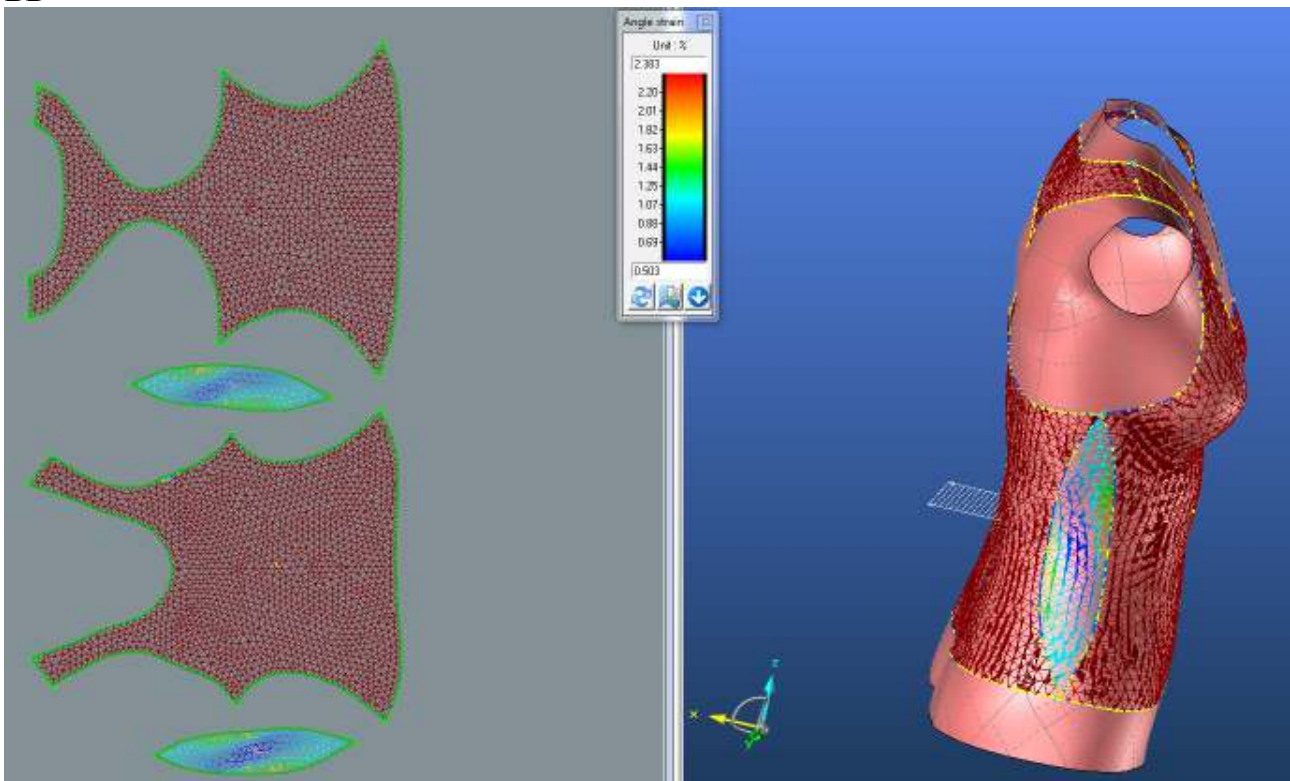


2.3.1.3. Bias 45° strain

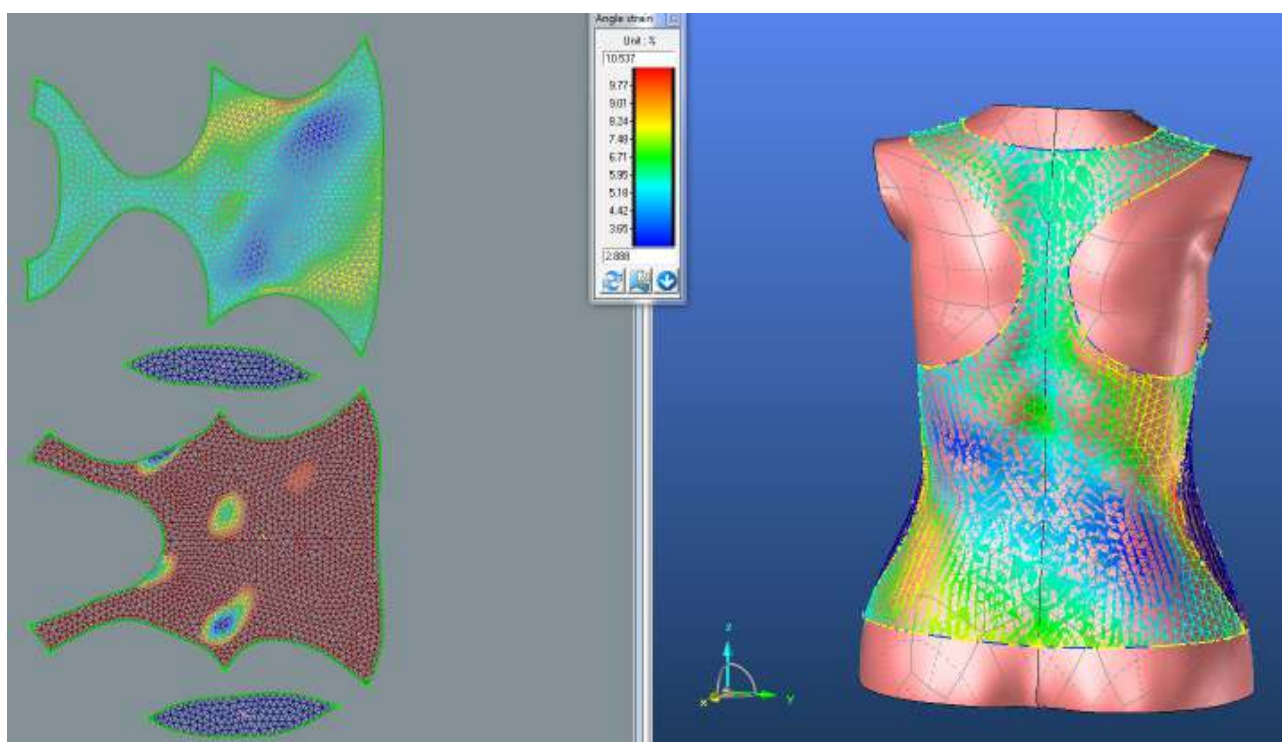
PD



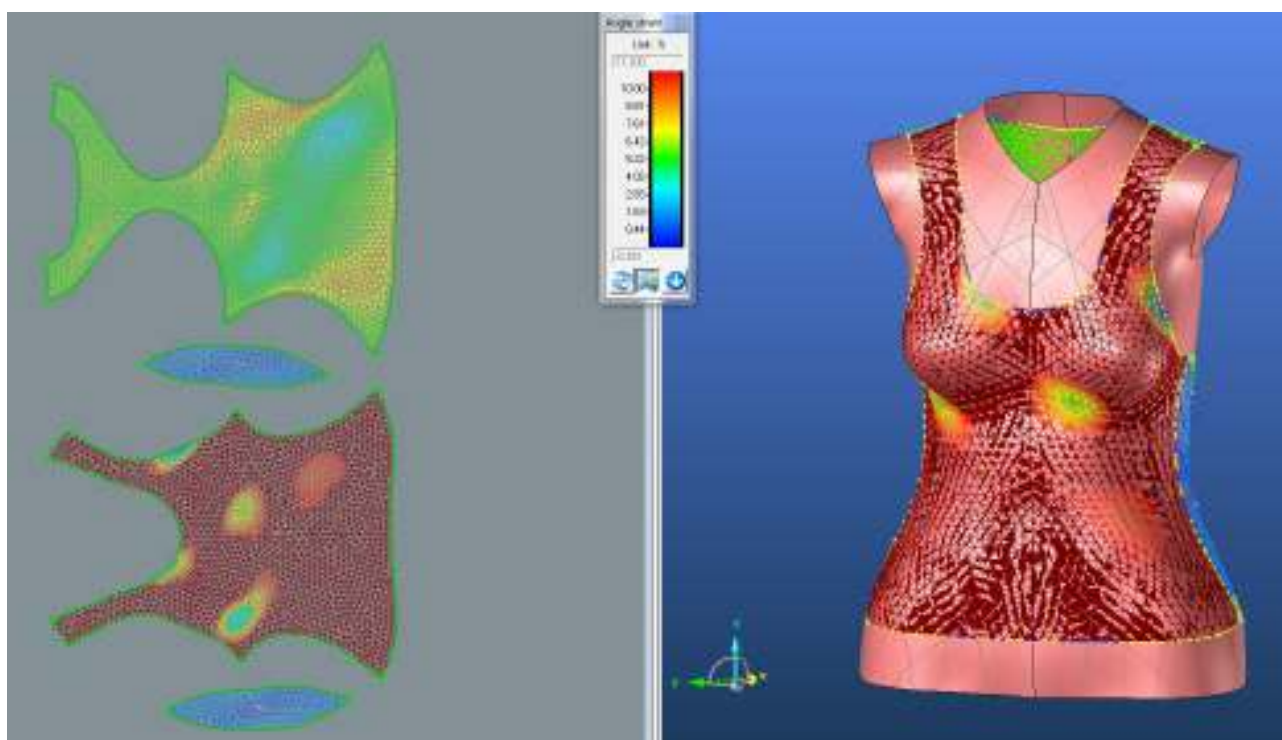
BD



ZD

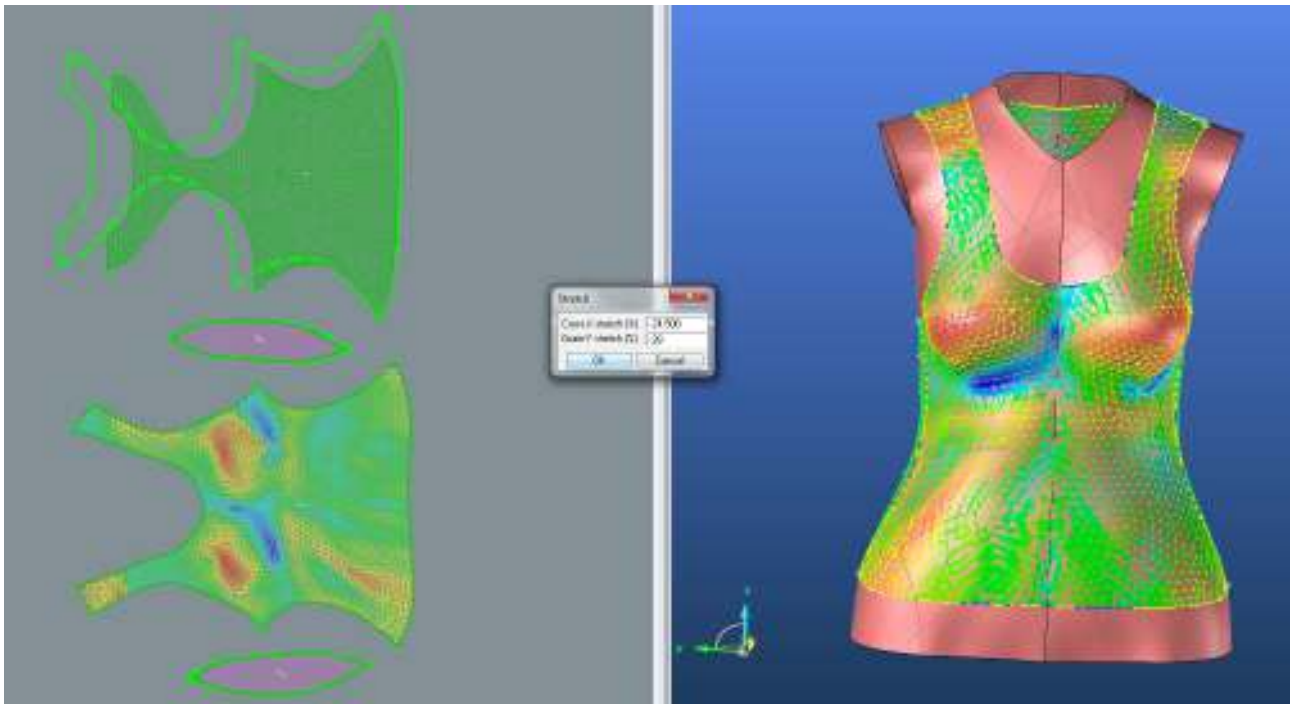


LIMIT

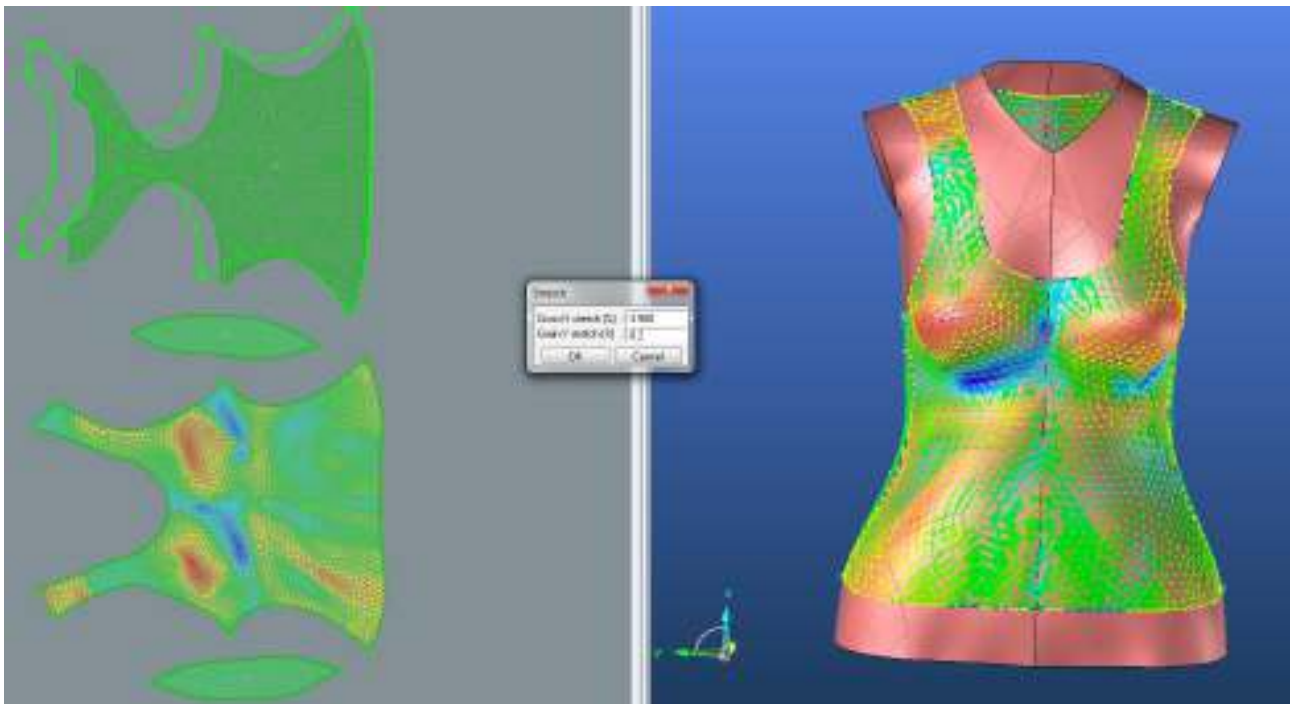


2.3.2. Střih 2 materiál M2 – Optimalizace stříhových dílů

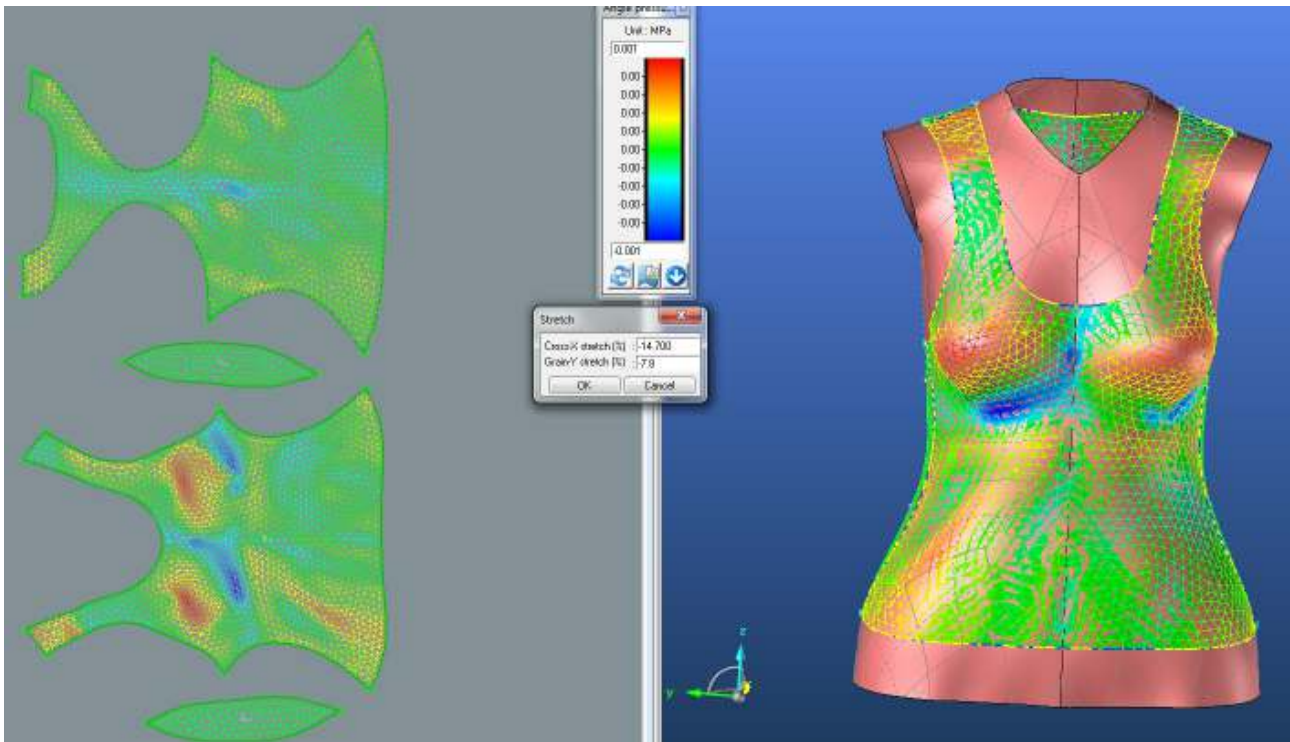
PD



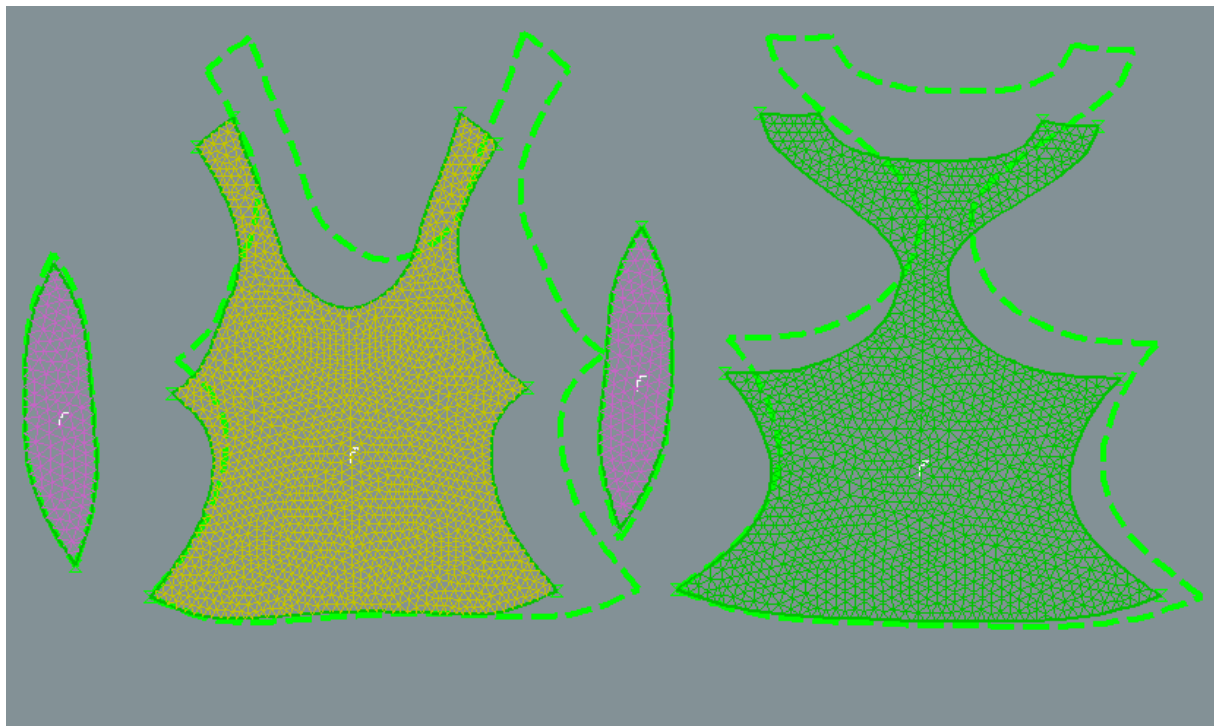
BD



ZD



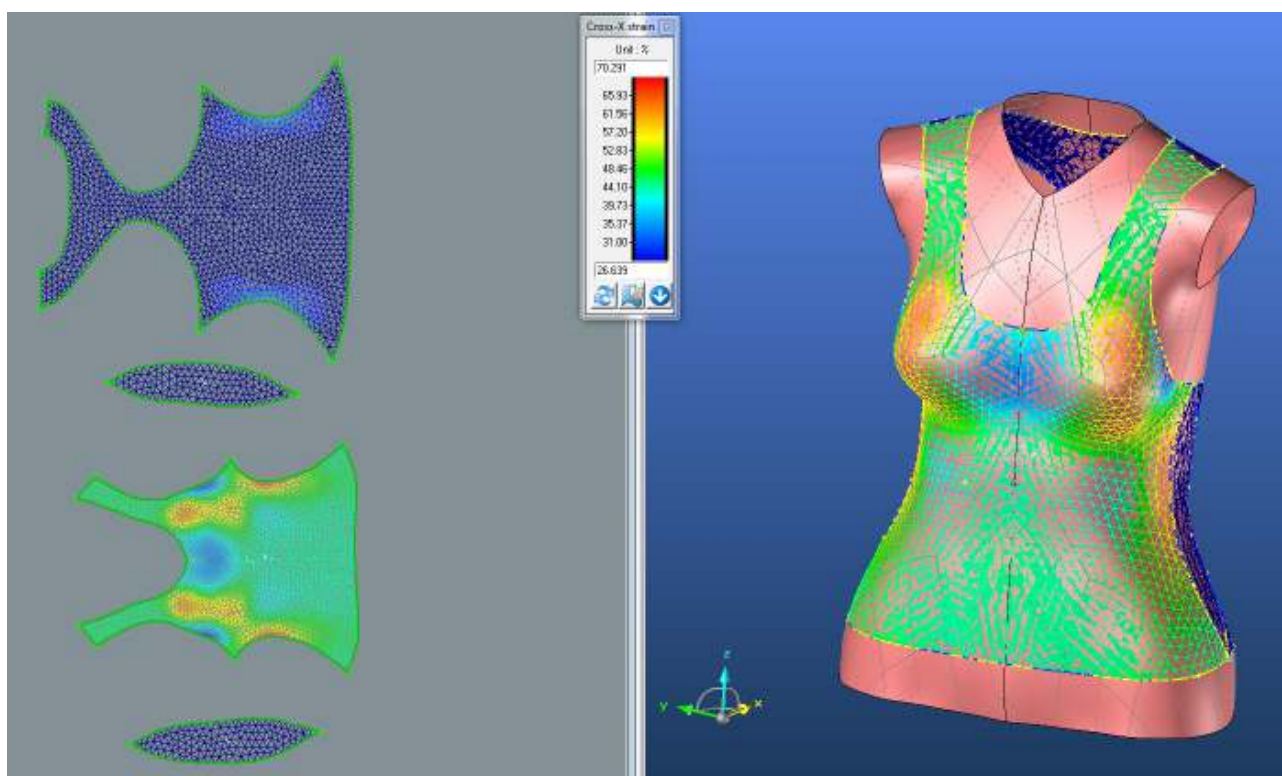
2.3.2.1. Střih 2 materiál M2 – Rozdíl střihu původního a střihu po optimalizaci



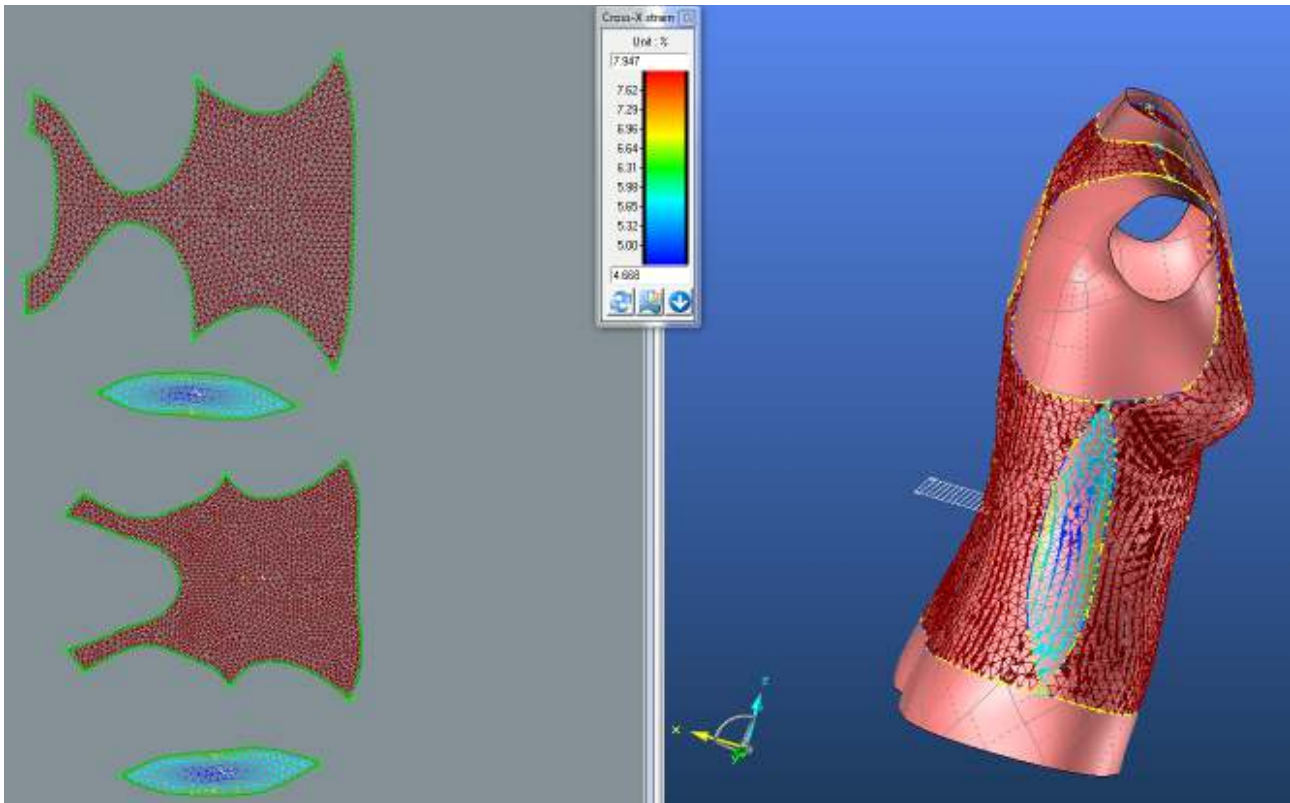
2.3.3. Střih 2 materiál M2 Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

2.3.3.1. Cross-X strain

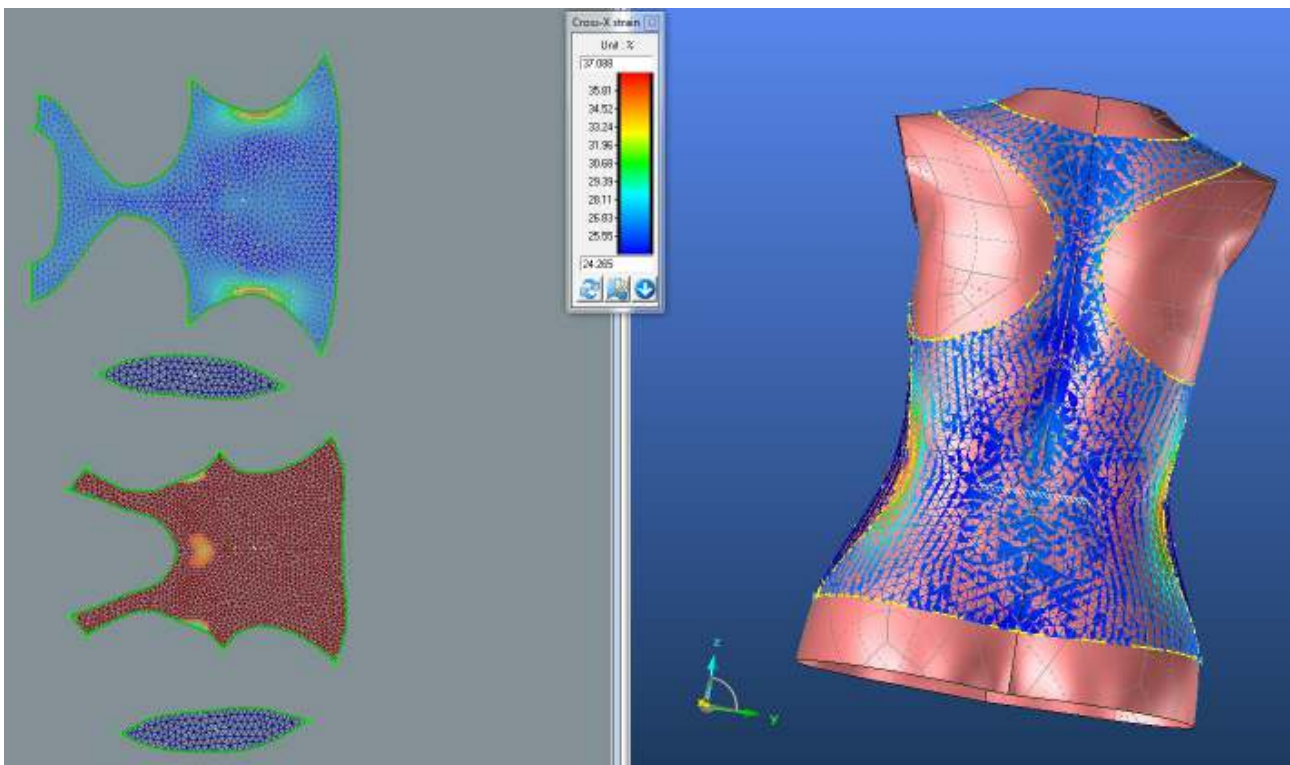
PD



BD

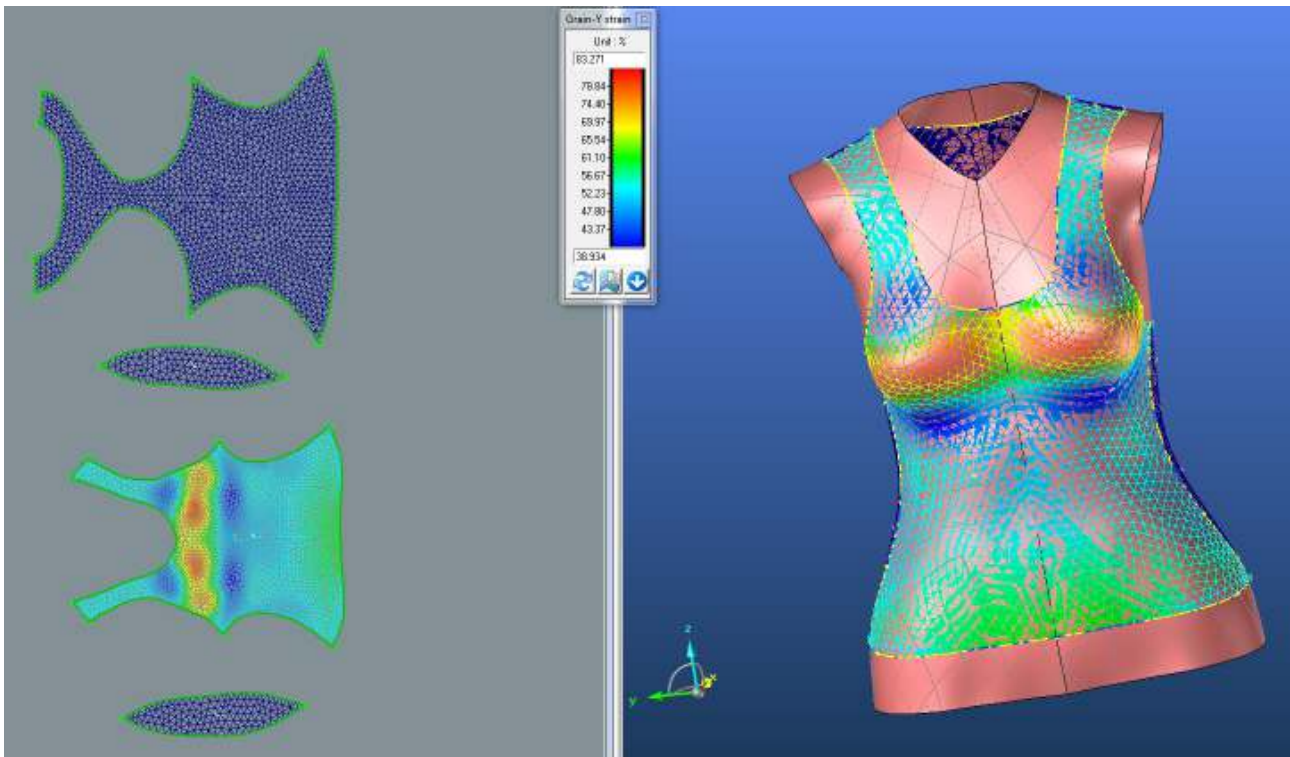


ZD

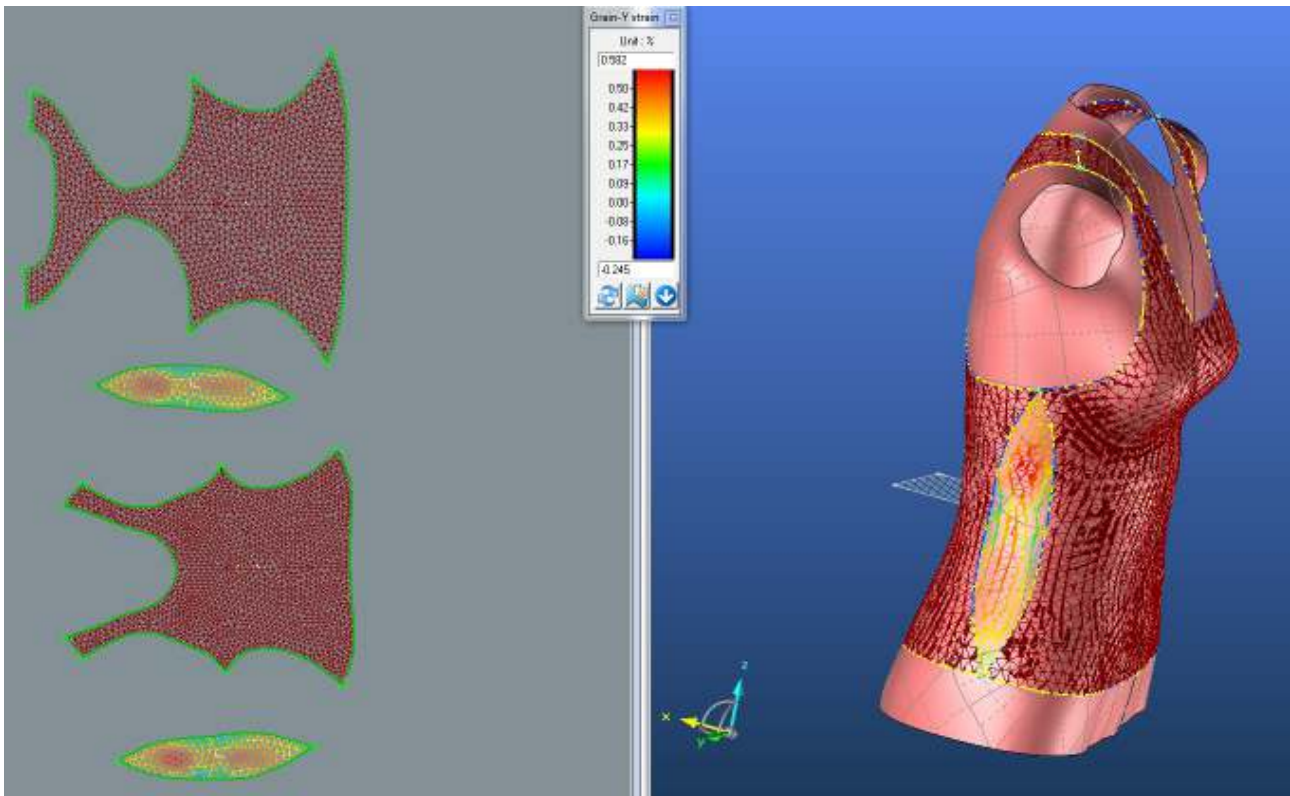


2.3.3.2. Grain-Y strain

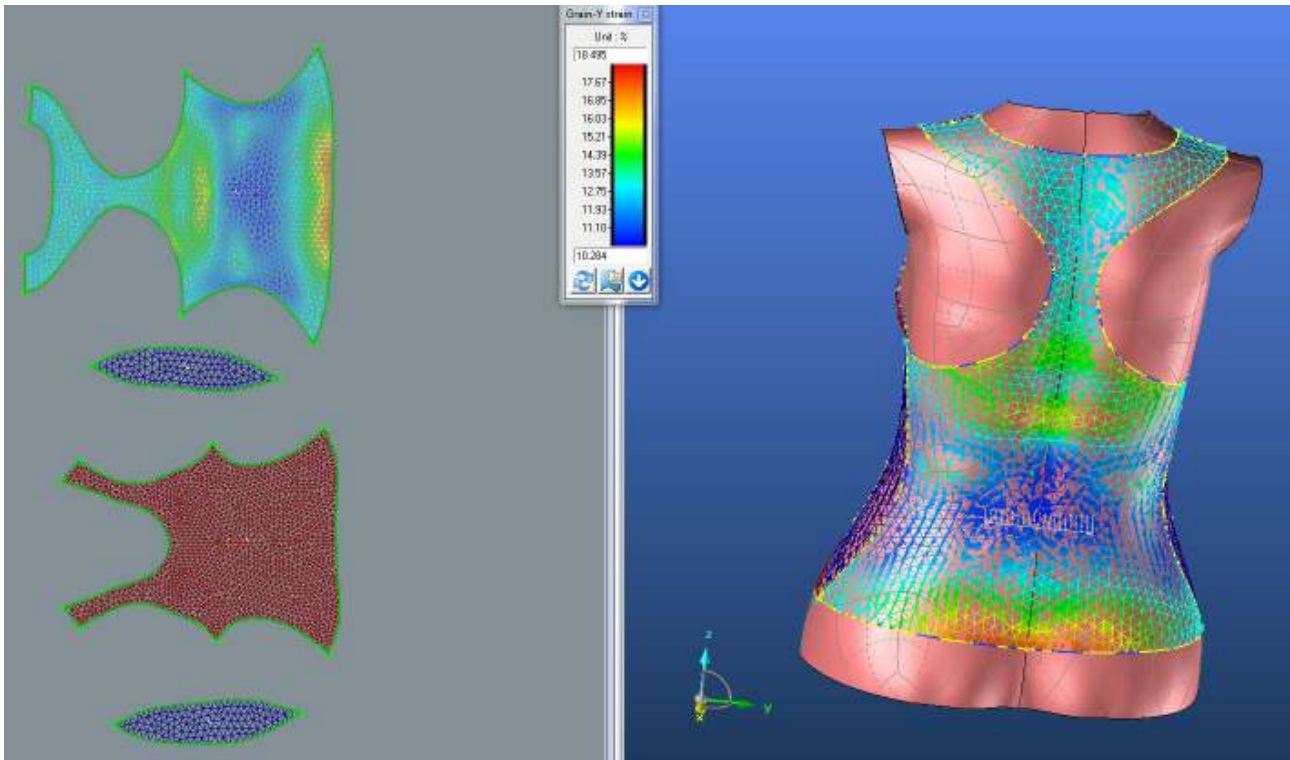
PD



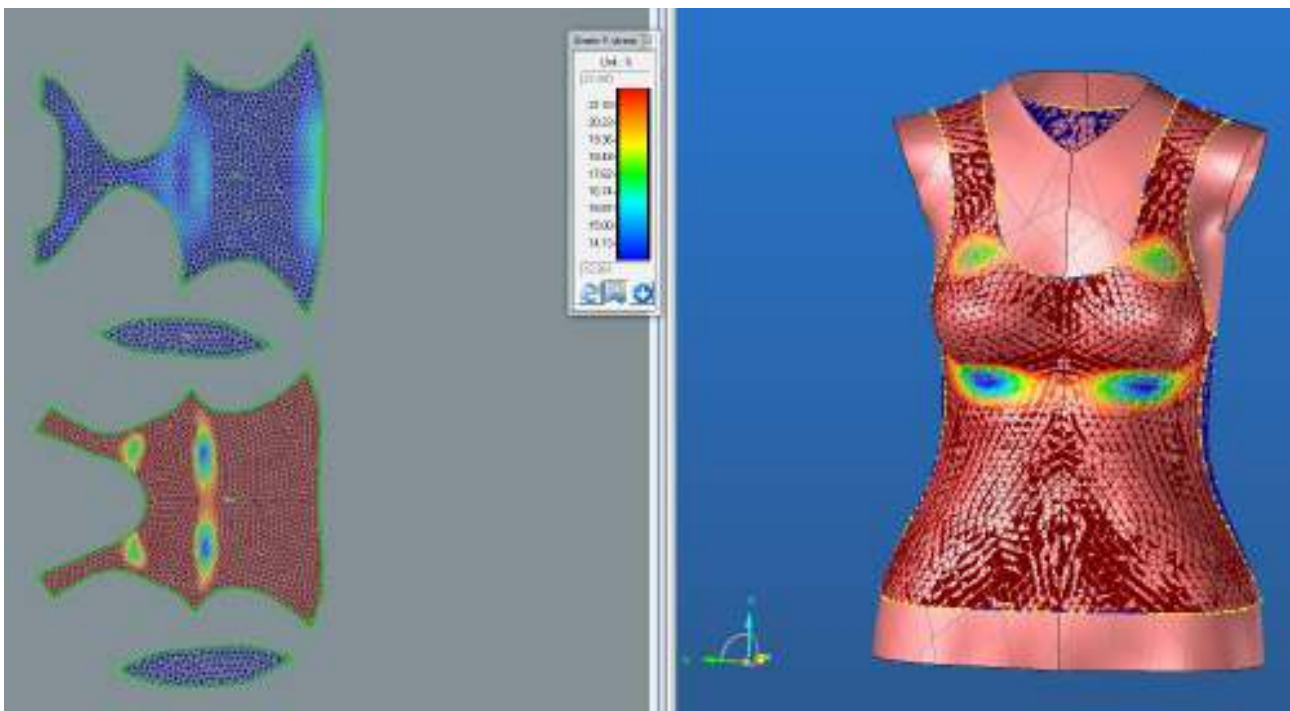
BD



ZD

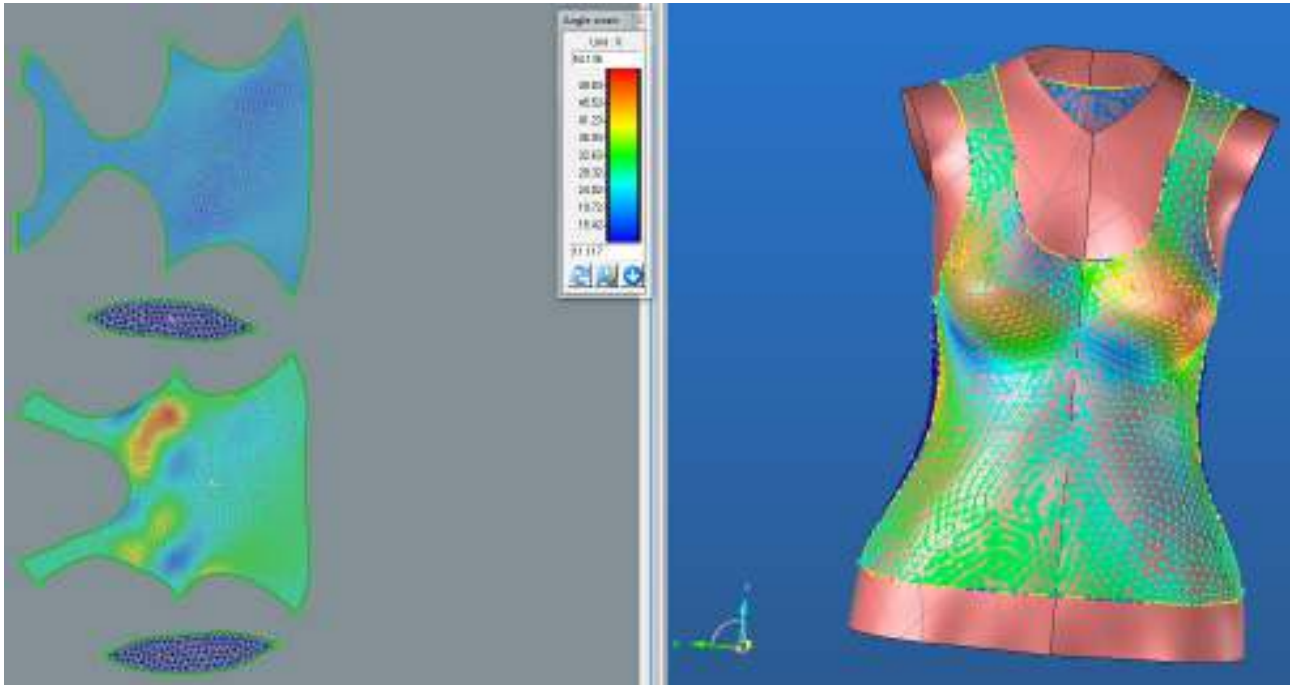


LIMIT

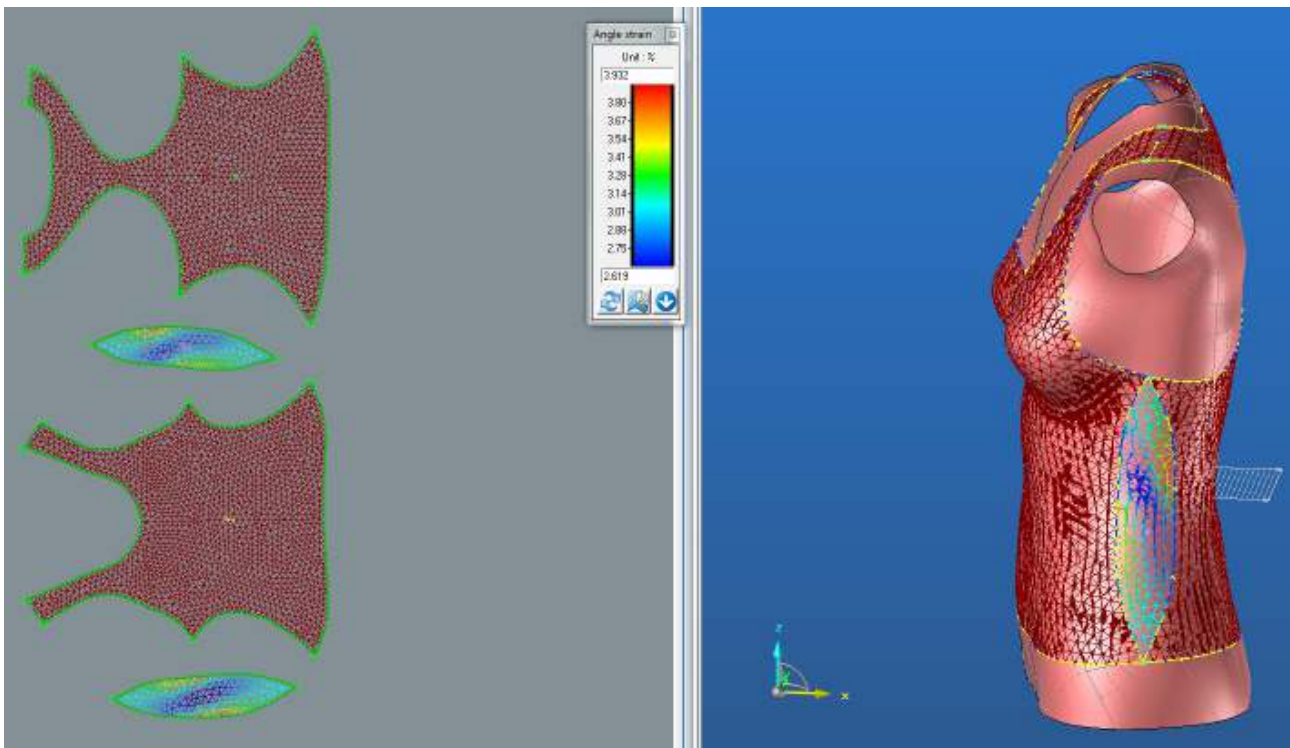


2.3.3.3. Bias 45°strain

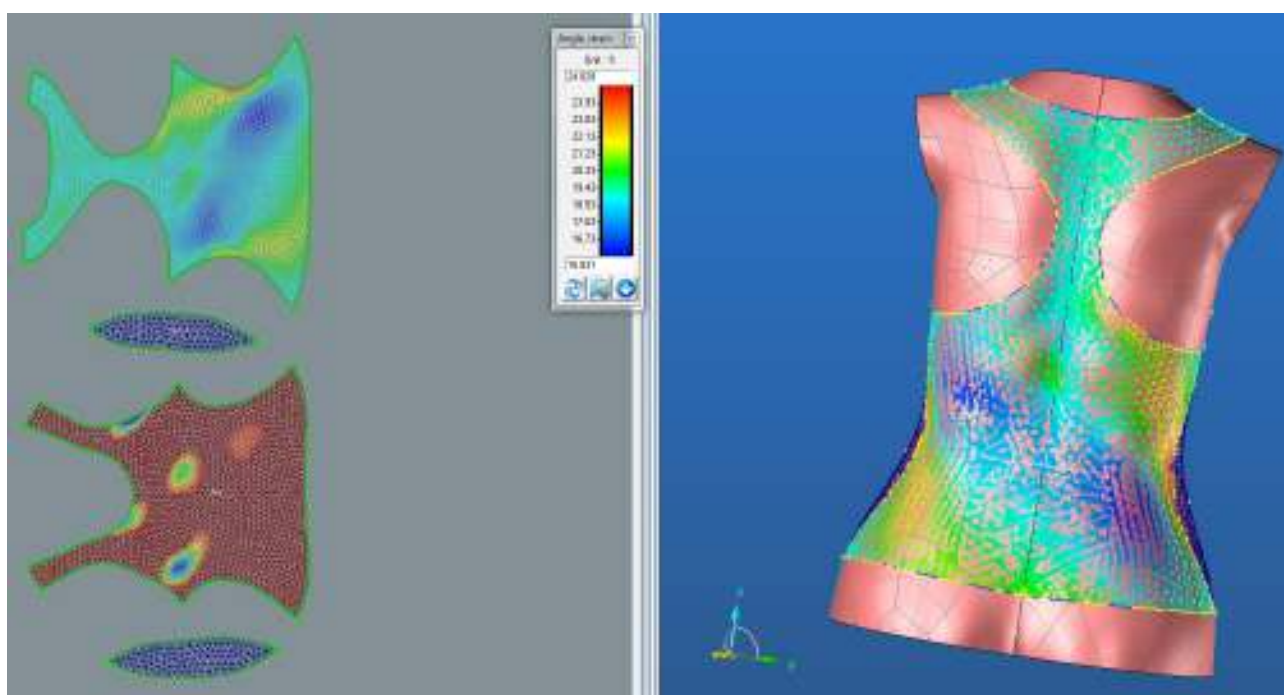
PD



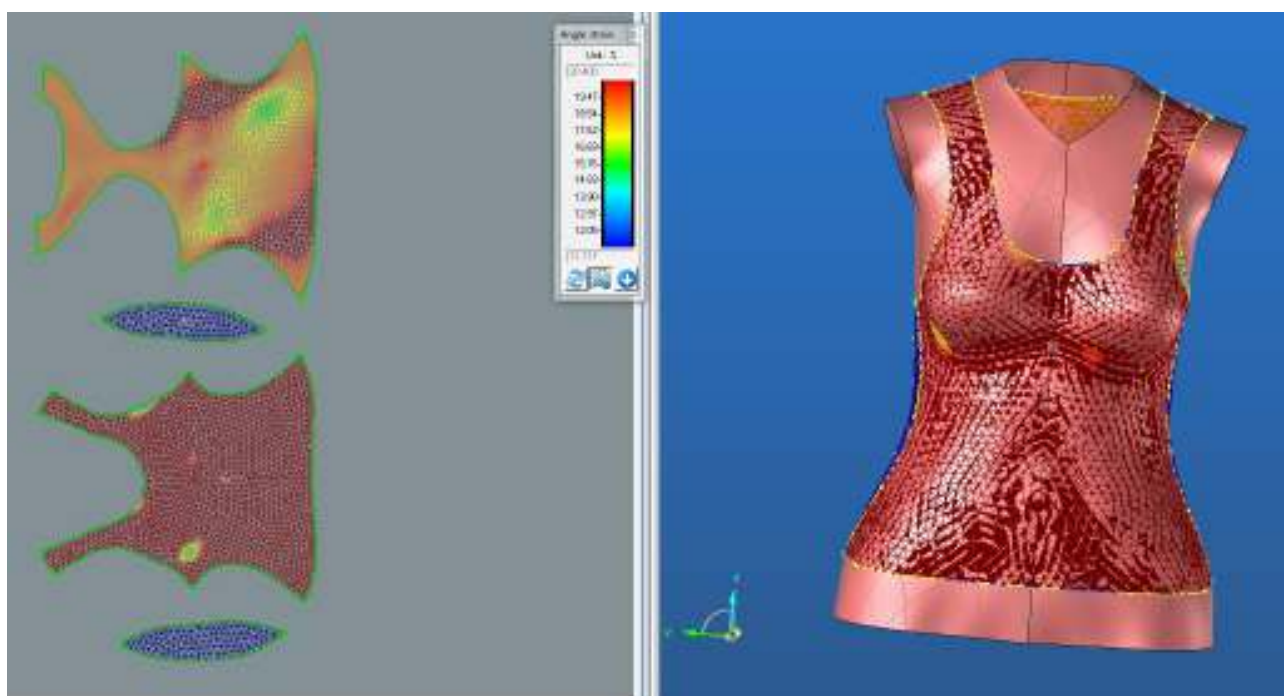
BD



ZD

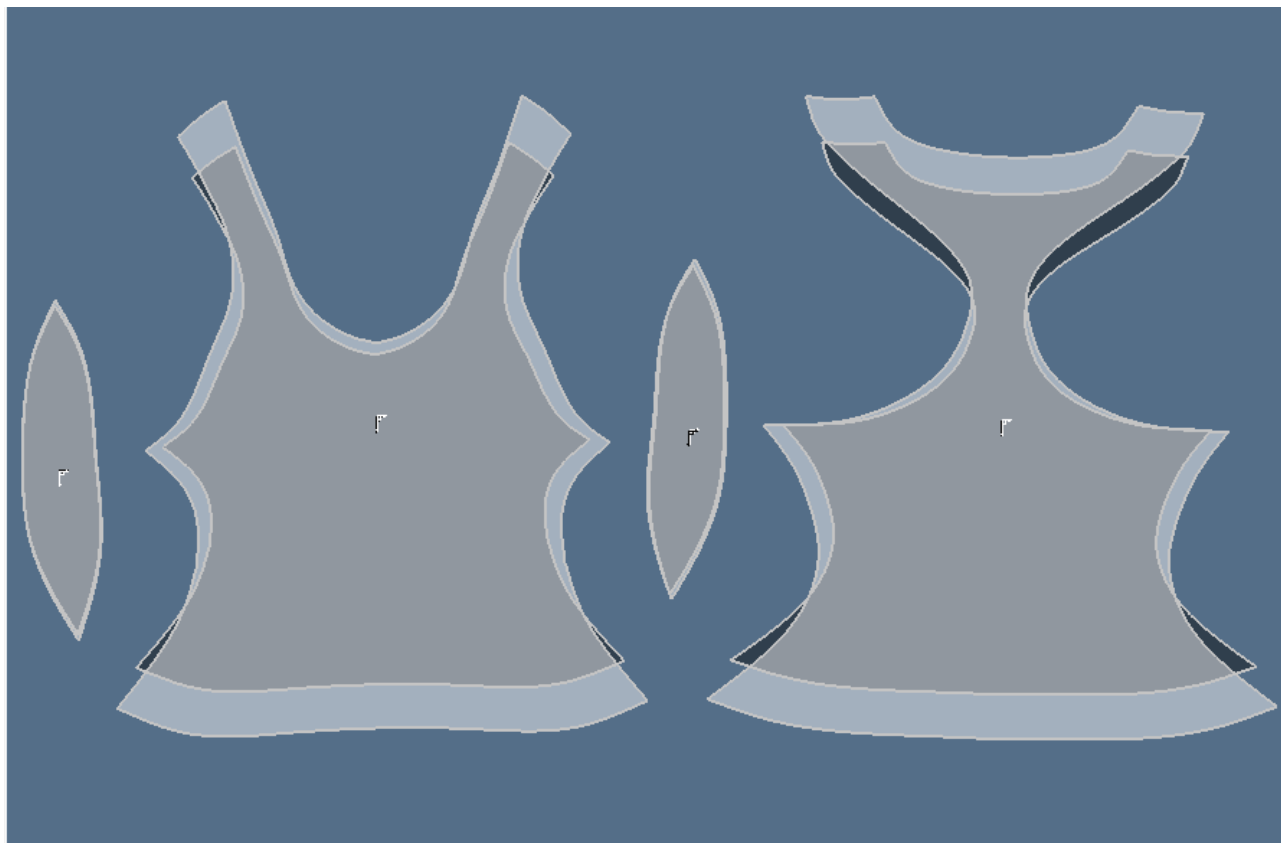


LIMIT



2.3.4. Rozdíl střihových dílů po optimalizaci jednotlivých materiálů

Materiál M1 světlé díly (větší), Materiál M2 tmavší díly (menší)



2.3.5. Střih 2 materiál M2 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	15.754	36.271	8.615	0
	Min	0.002	-7.932	-26.670	0
Optimalizace PD	Max	15.754	81.128	-9.687	0
	Min	0.002	20.038	-28.257	0
BD	Max	1.033	3.890	0.201	0
	Min	0.015	0.069	-4.265	0
Optimalizace BD	Max	1.033	7.637	-0.038	0
	Min	0.015	0.284	-7.615	0
ZD	Max	2.469	18.959	-2.001	0
	Min	0.001	2.042	-15.937	0
Optimalizace ZD	Max	2.469	39.406	-9.687	0
	Min	0.001	10.726	-28.267	0

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	31.124	34.230	49.026	0.002
	Min	-2.488	-37.249	0	-0.002
Optimalizace PD	Max	70.291	34.230	49.329	0.002
	Min	26.639	-37.249	49.329	-0.002
BD	Max	3.900	7.197	20.466	0
	Min	1.091	-9.500	6.245	0
Optimalizace BD	Max	7.947	7.197	47.821	0
	Min	4.668	-9.500	22.199	0
ZD	Max	12.936	33.568	49.026	0.001
	Min	5.996	-10.323	29.414	-0.001
Optimalizace ZD	Max	37.088	33.568	49.329	0.002
	Min	24.265	-10.323	49.329	-0.001

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	37.453	25.954	48.752	0.001
	Min	4.200	-39.151	48.526	0
Optimalizace PD	Max	49.405	25.954	49.071	0.001
	Min	13.261	-39.151	31.607	-0.002
BD	Max	0.301	23.876	3.959	0
	Min	-0.445	6.818	0	0
Optimalizace BD	Max	0.582	23.876	1.407	0
	Min	-0.245	6.818	0	0
ZD	Max	9.253	25.925	48.752	0
	Min	1.682	-39.642	19.462	0
Optimalizace ZD	Max	18.495	25.925	42.397	0.001
	Min	10.284	-39.642	25.061	-0.001

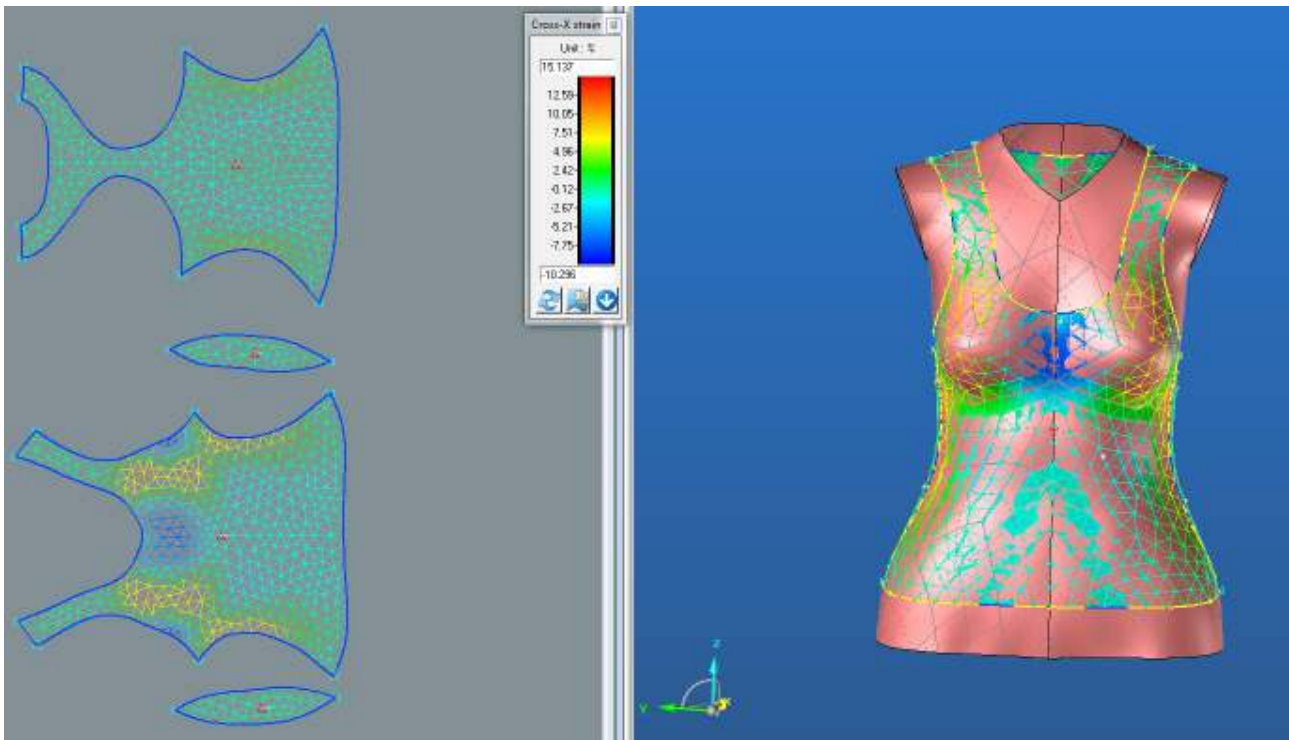
	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	36.900	29.343	48.040	0.001
	Min	-0.761	-25.557	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	54.136	29.602	48.125	0.001
	Min	11.117	-26.063	23.030	-0.001
BD	Max	2.383	11.028	8.184	0
	Min	0.503	-3.588	2.826	0
Optimalizace BD	Max	3.932	10.649	7.348	0
	Min	2.619	-3.722	4.817	0
ZD	Max	10.537	20.908	45.203	0.001
	Min	2.888	-27.310	12.415	0
Optimalizace ZD	Max	24.828	21.697	48.125	0.001
	Min	15.831	-25.927	35.037	-0.001

2.4. Střih 2 - Varianta 2 - síť mesh 20 mm

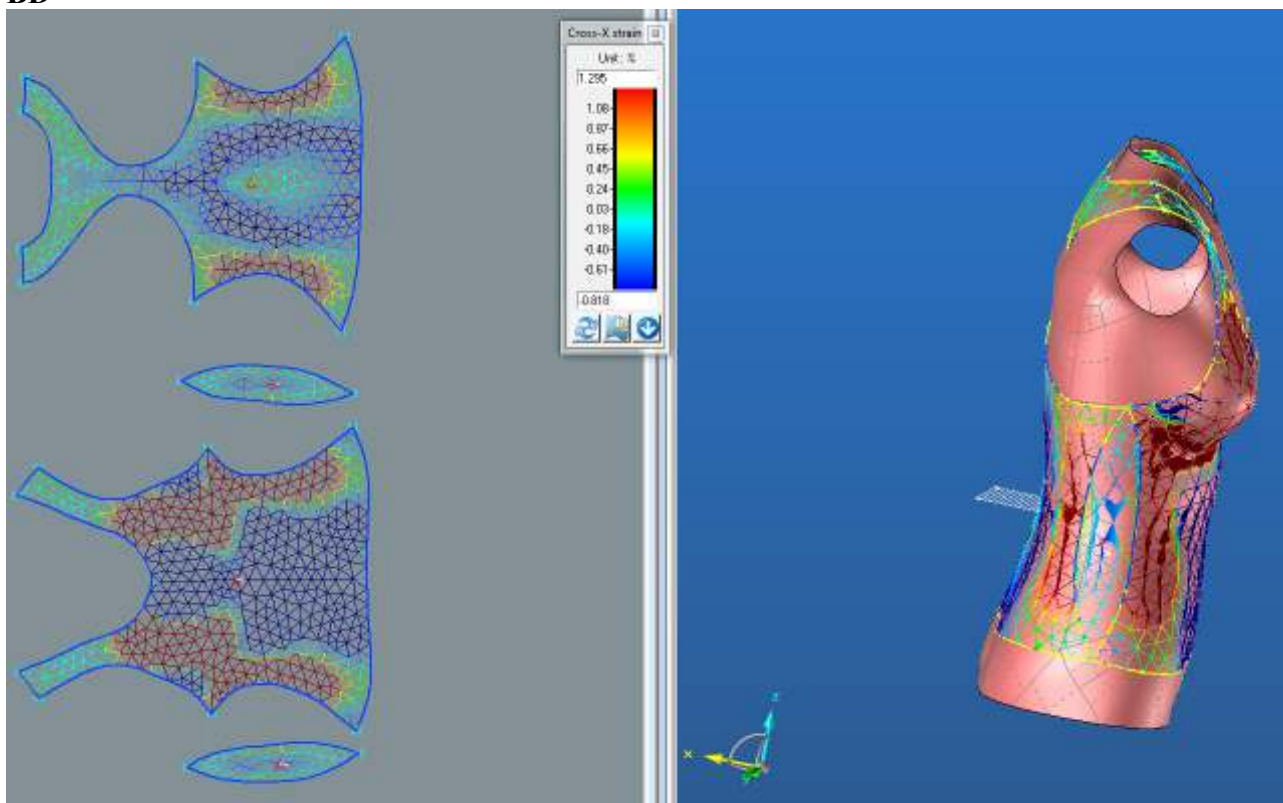
2.4.1. Analýza mechanických vlastností - Materiál M1

2.4.1.1. Cross-X strain

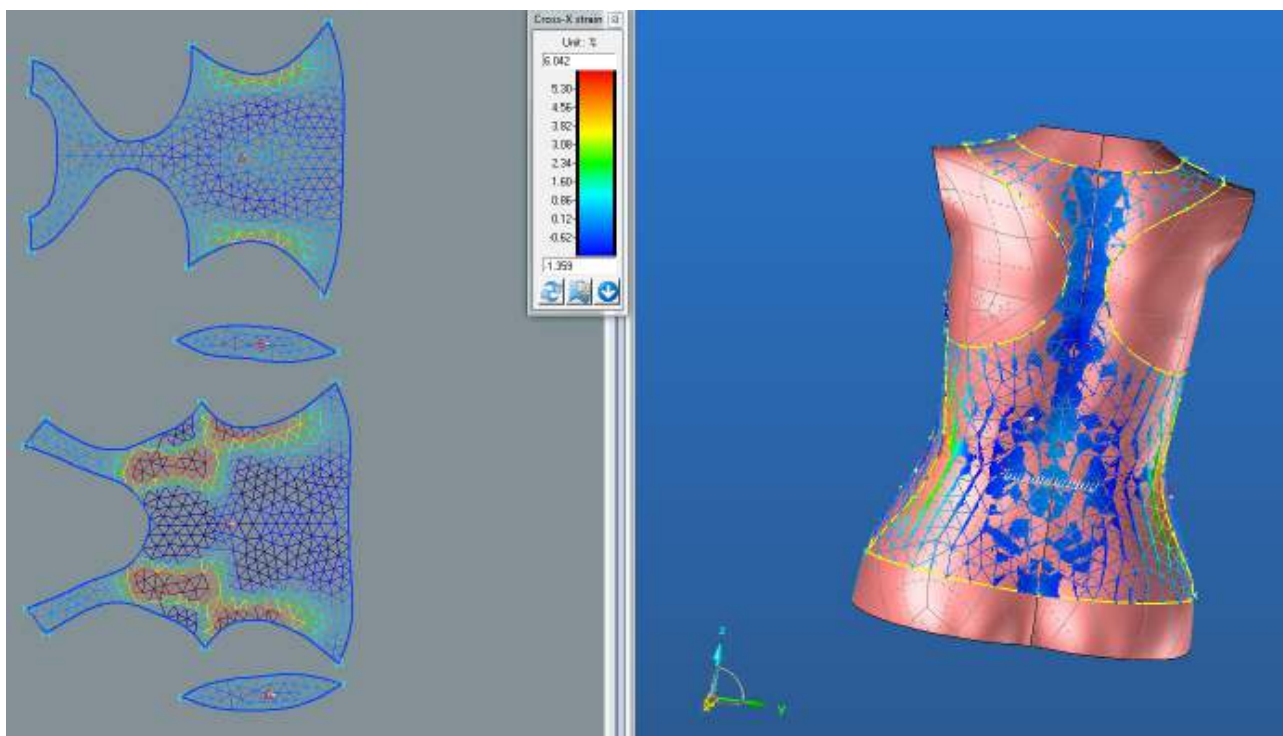
PD



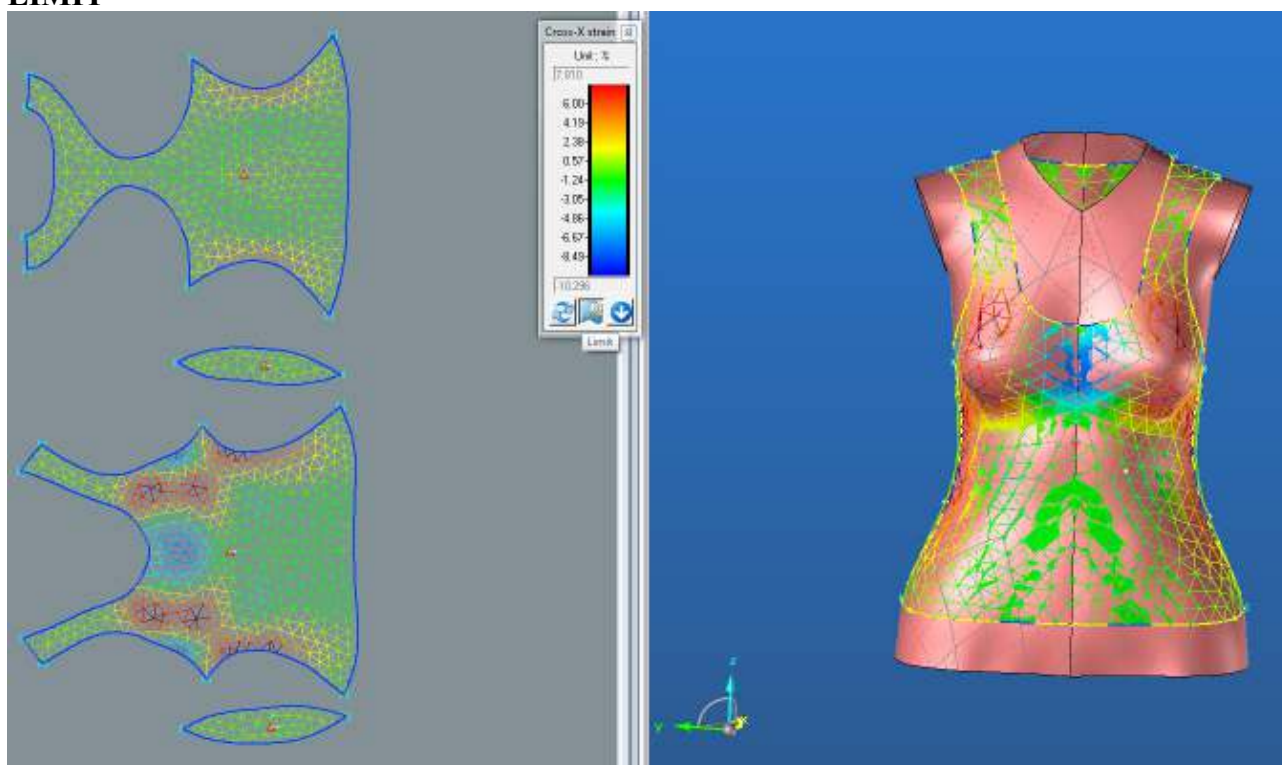
BD



ZD

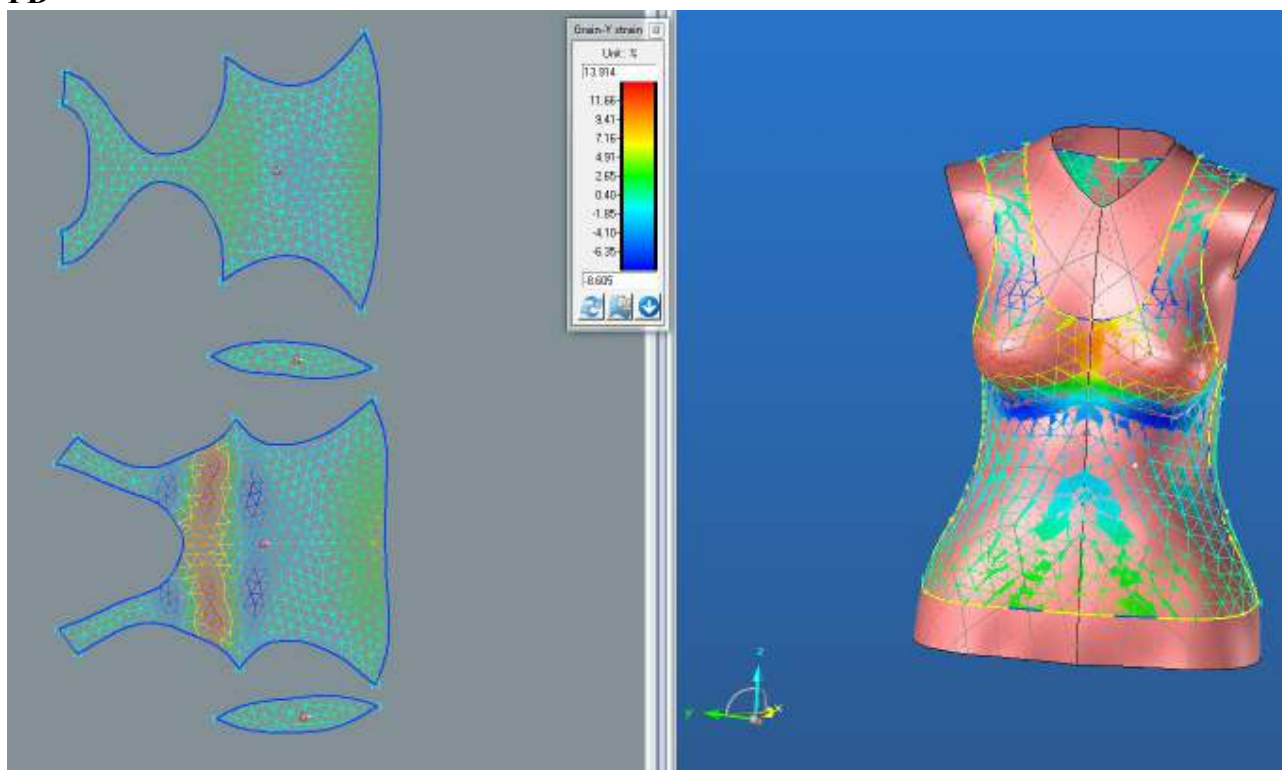


LIMIT

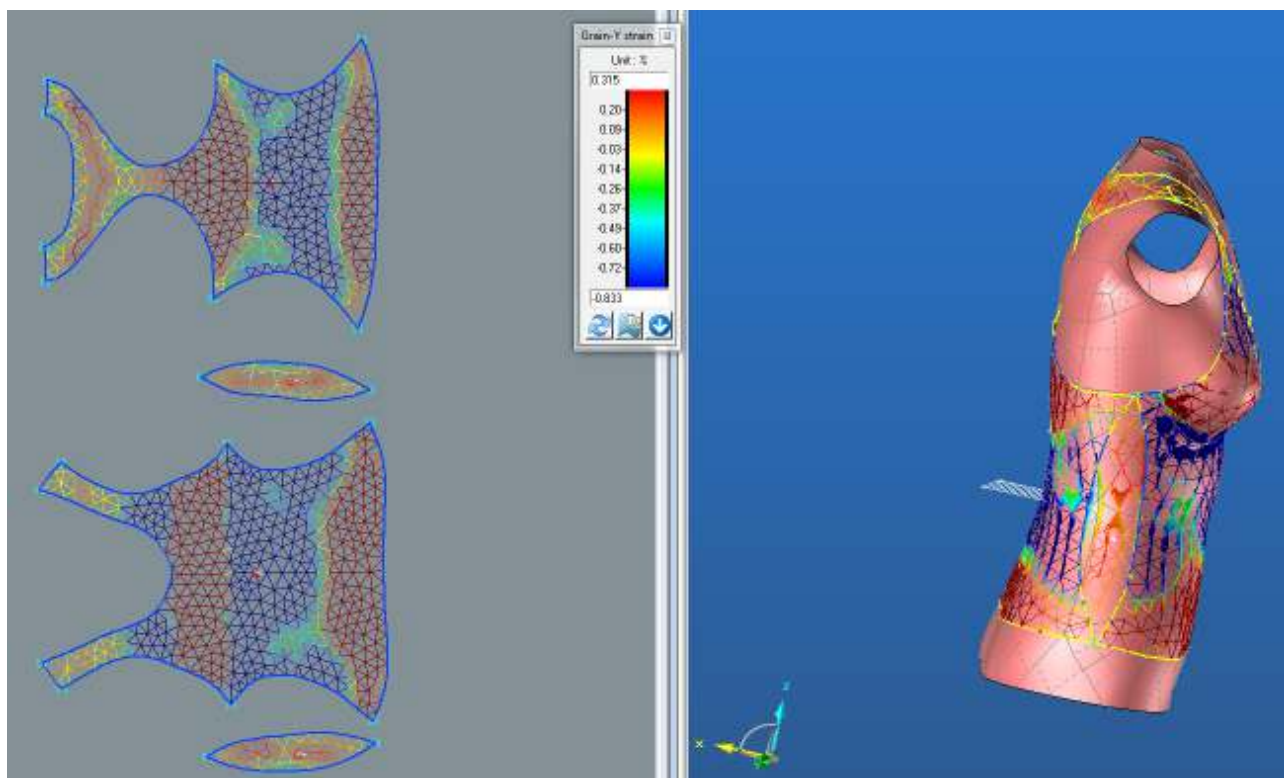


2.4.1.2. Grain-Y strain

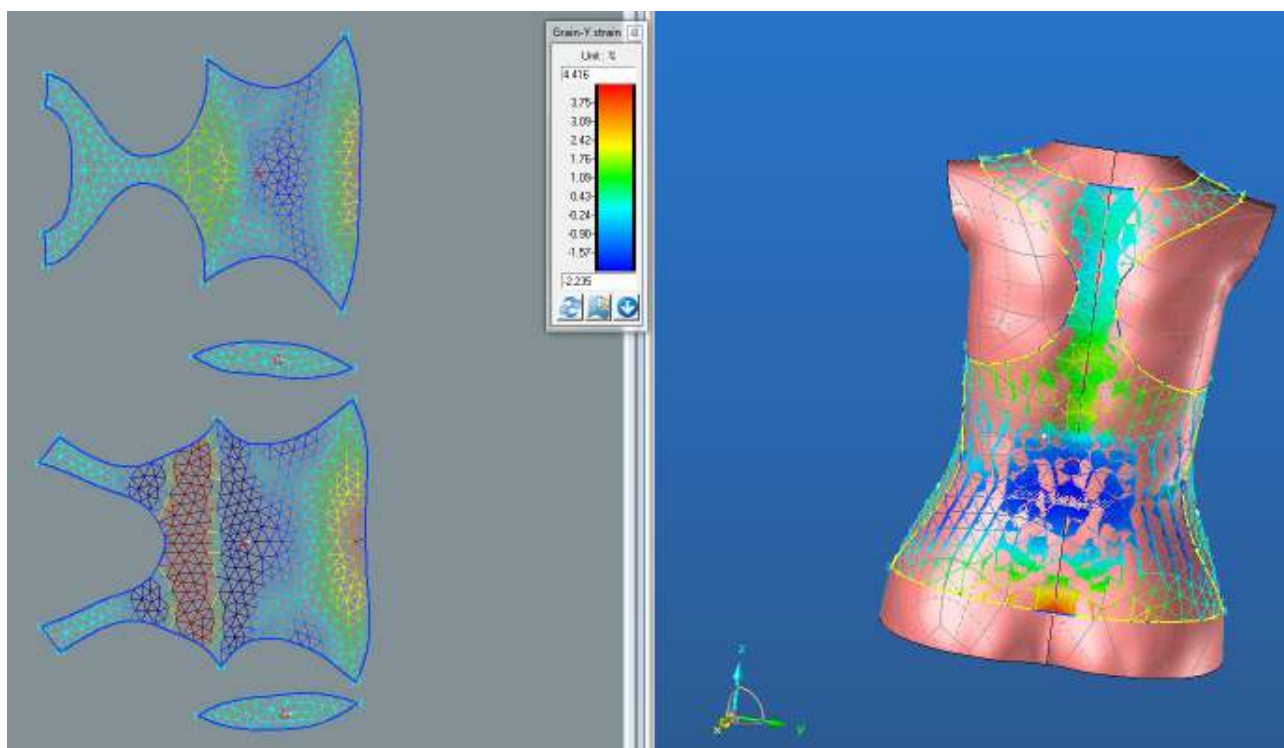
PD



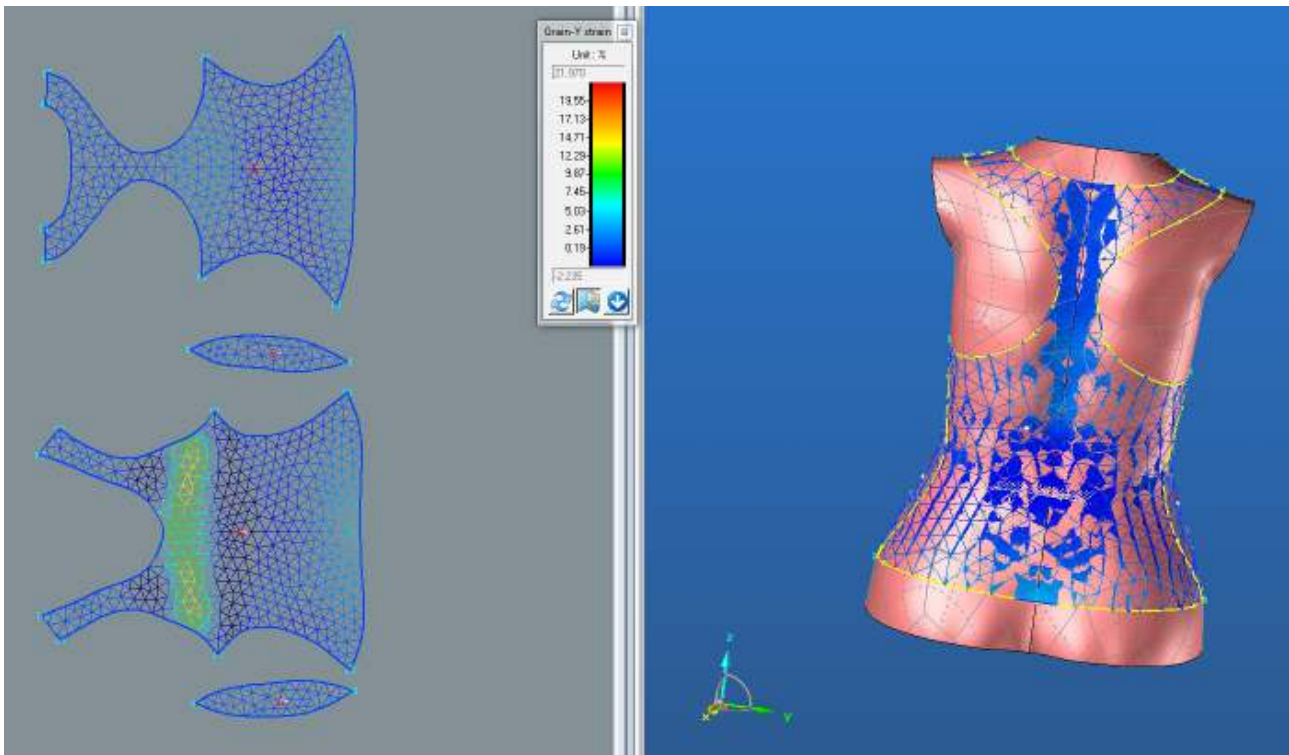
BD



ZD

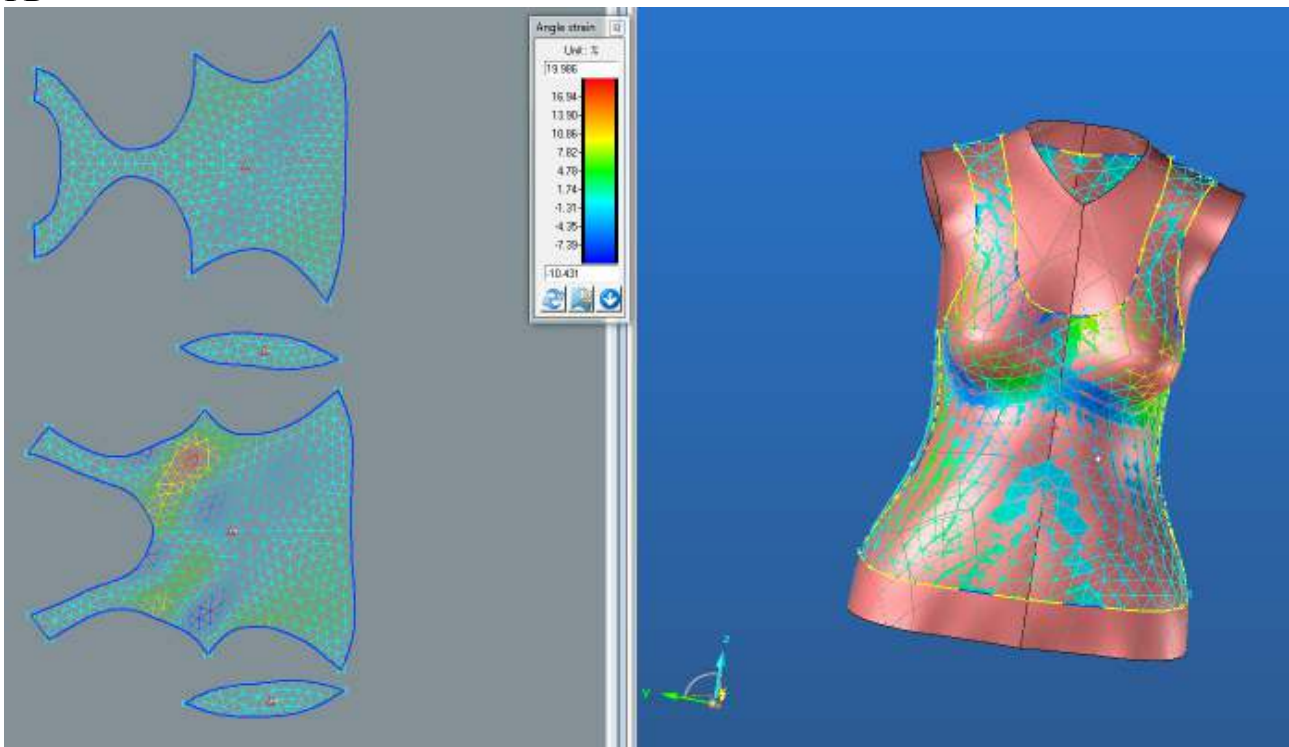


LIMIT

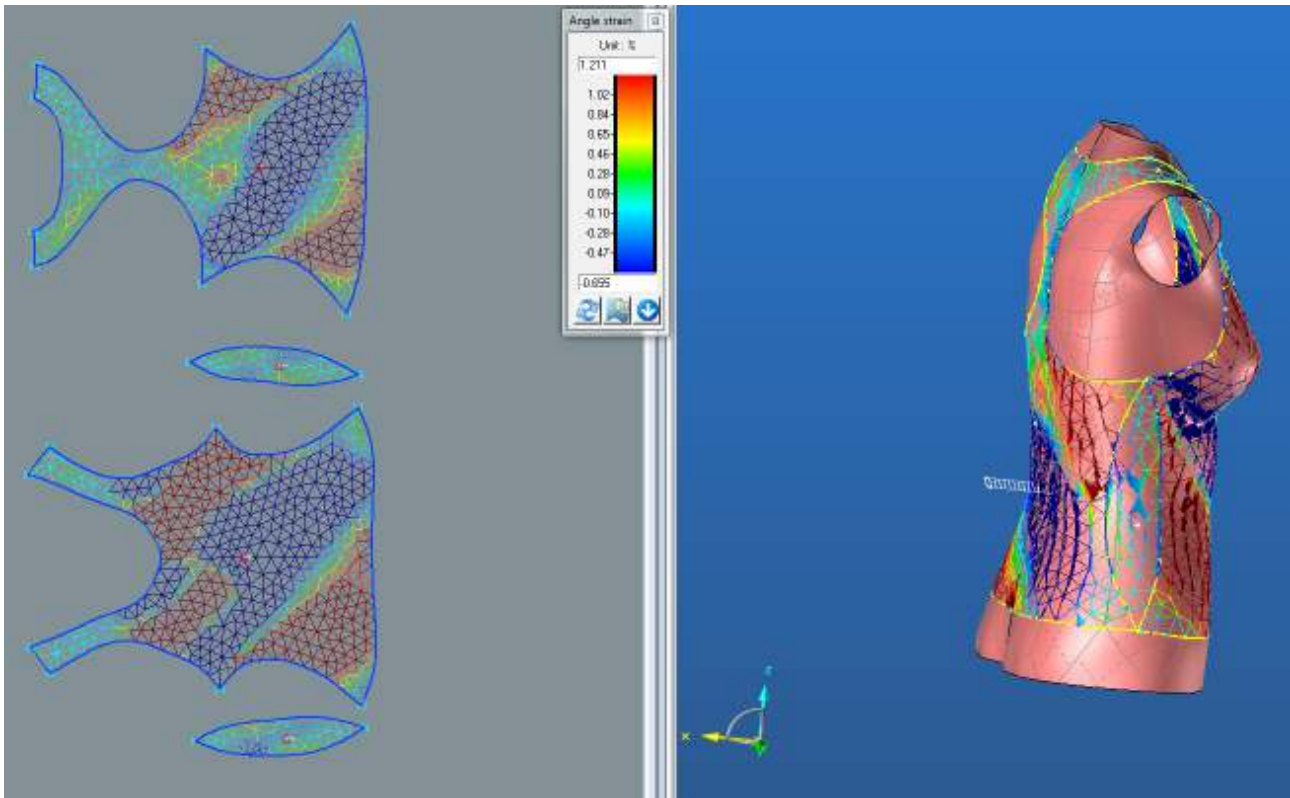


2.4.1.3. Bias 45°strain

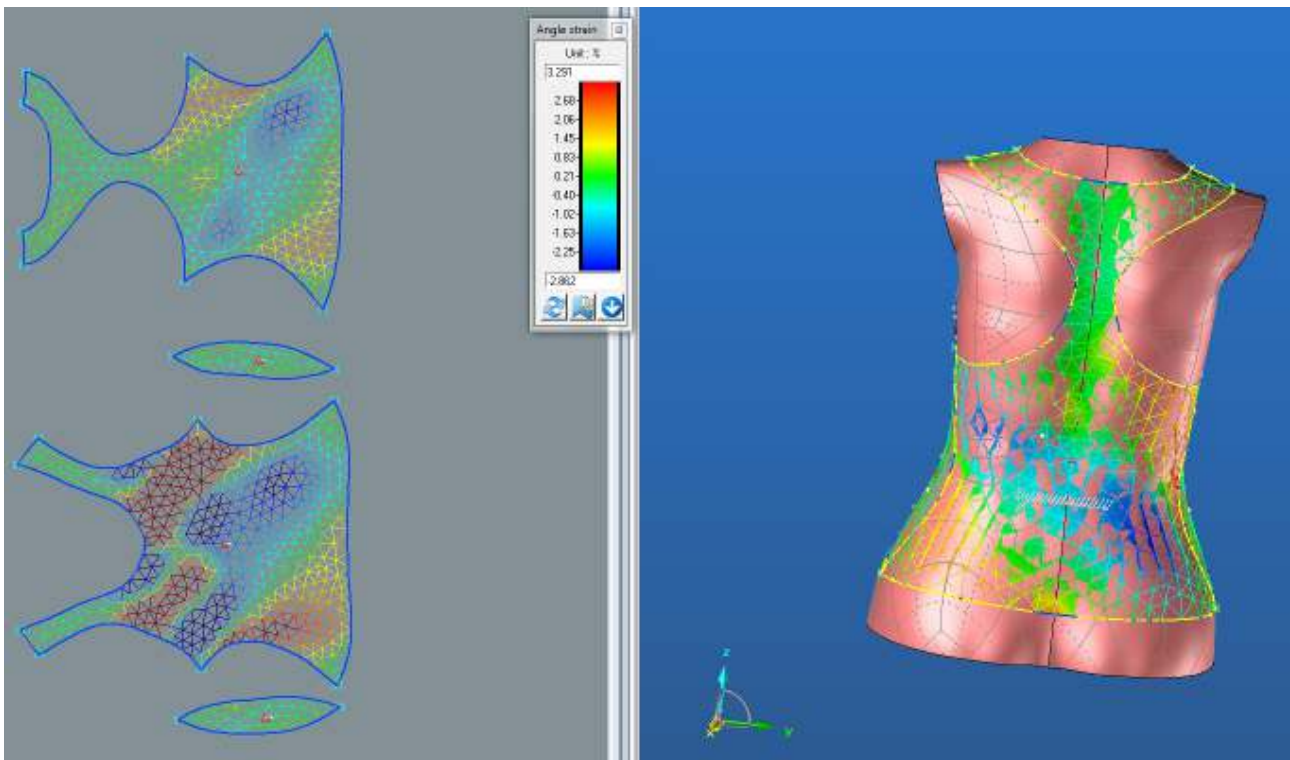
PD



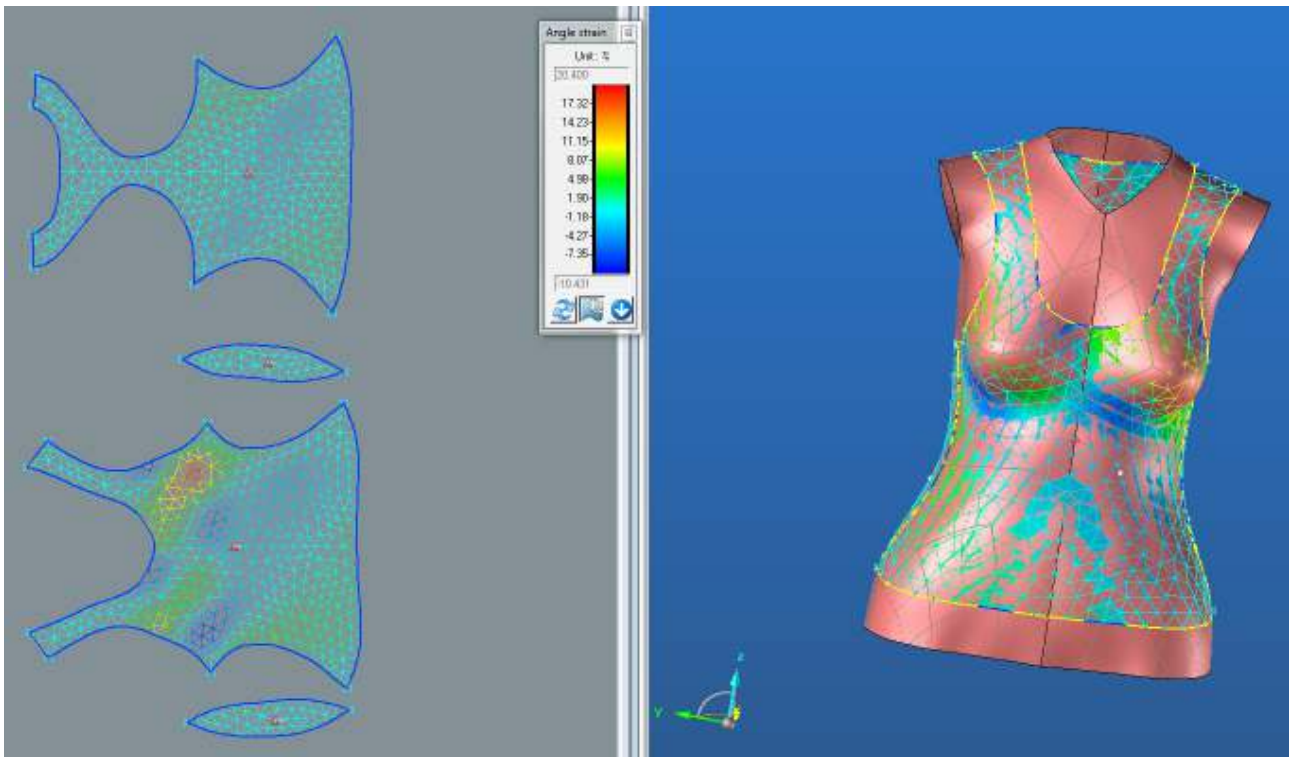
BD



ZD

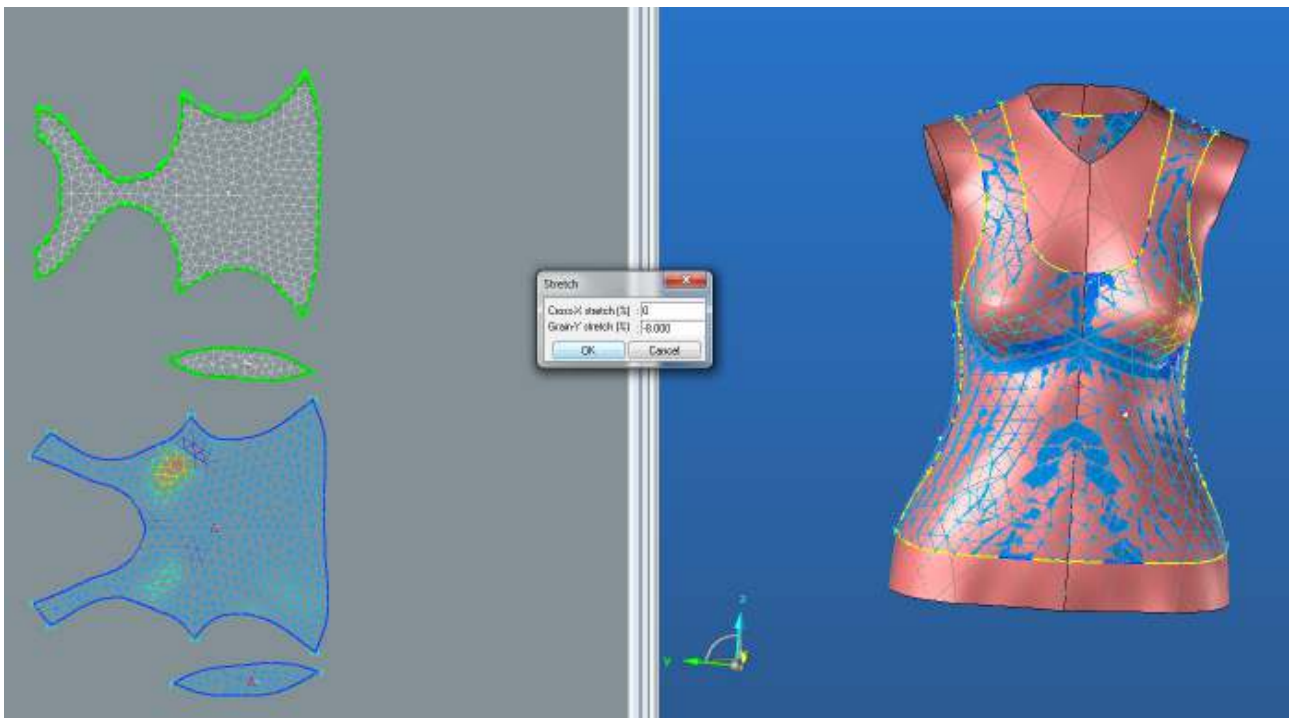


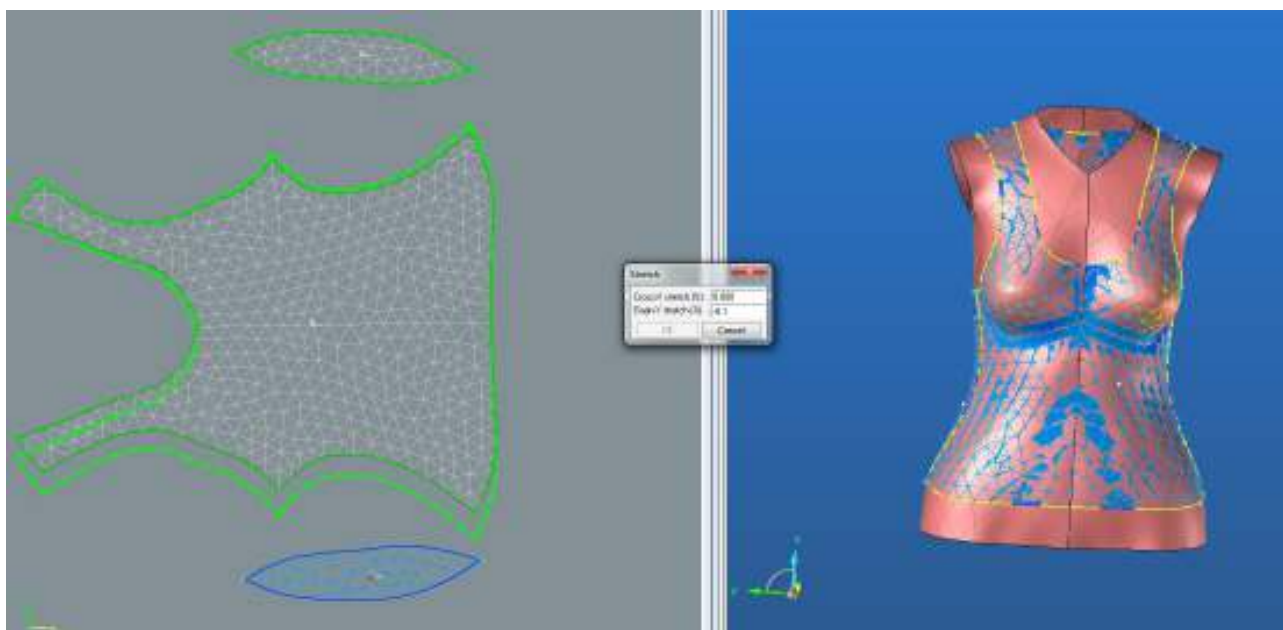
LIMIT



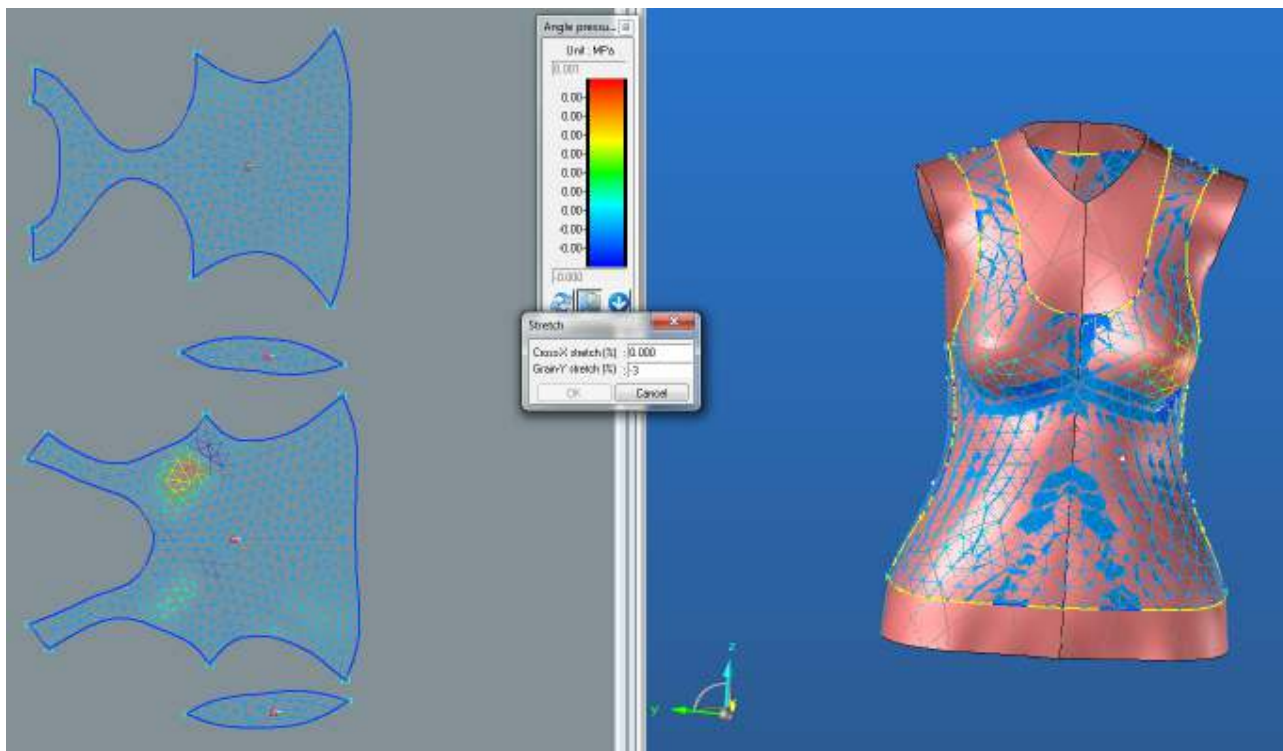
2.4.2. Střih 2 – Varianta 2 – materiál M1 - Optimalizace stříhových dílů

PD

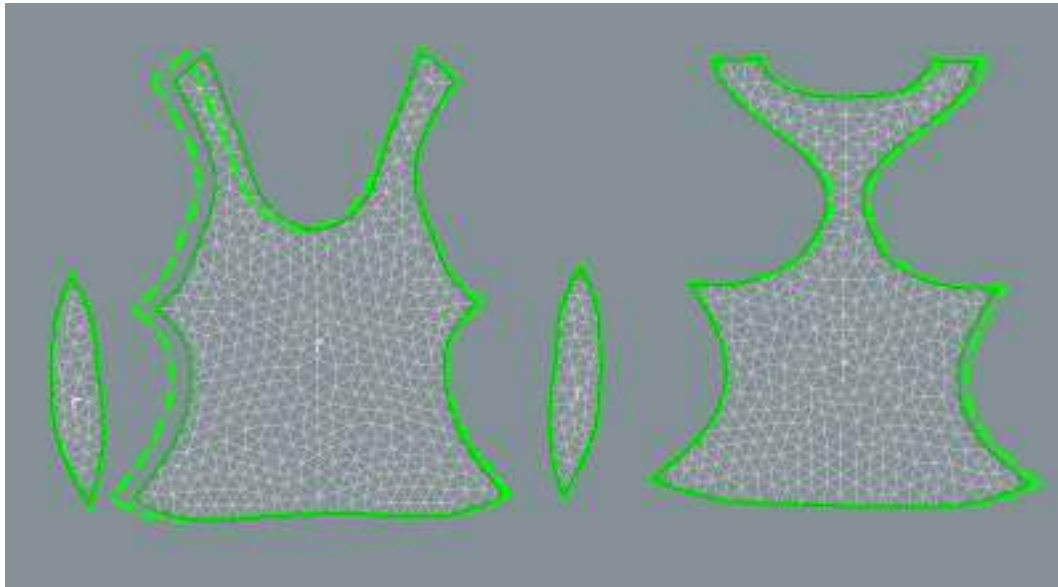




ZD



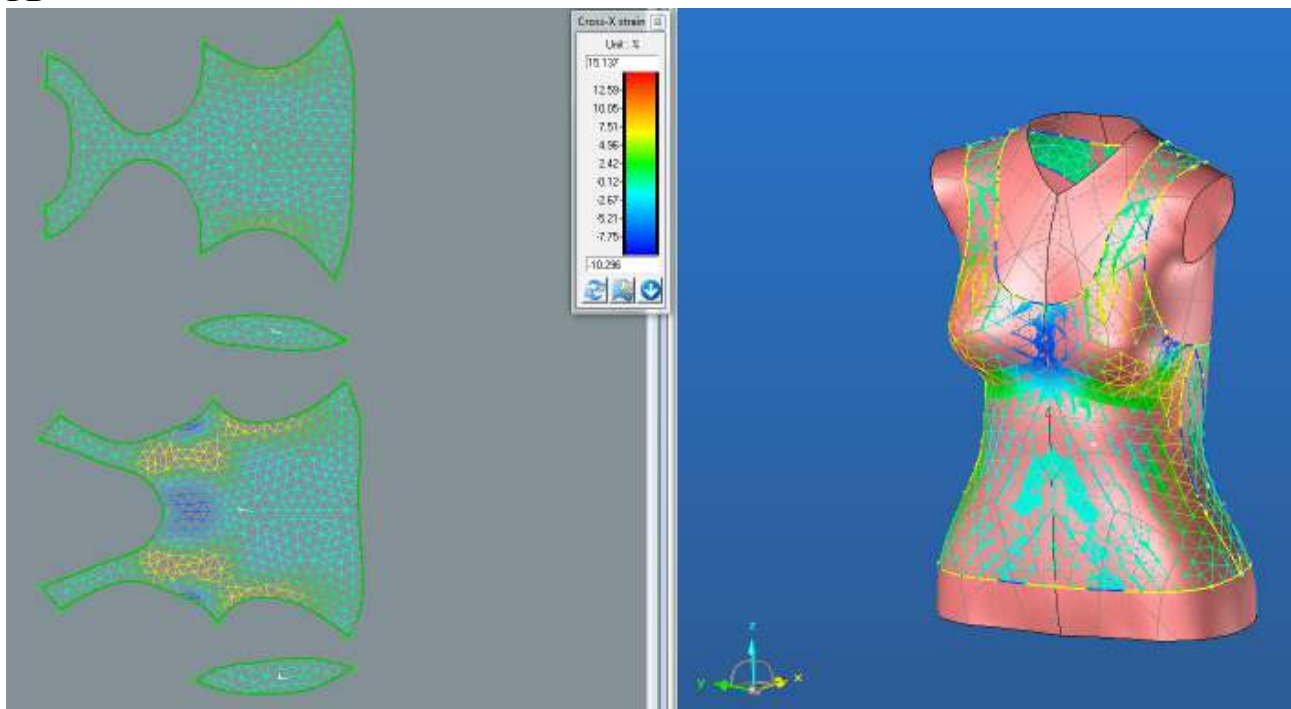
2.4.2.1. Střih 2 – varianta 2 – materiál M1 . Porovnání střihu původního a střihu po optimalizaci



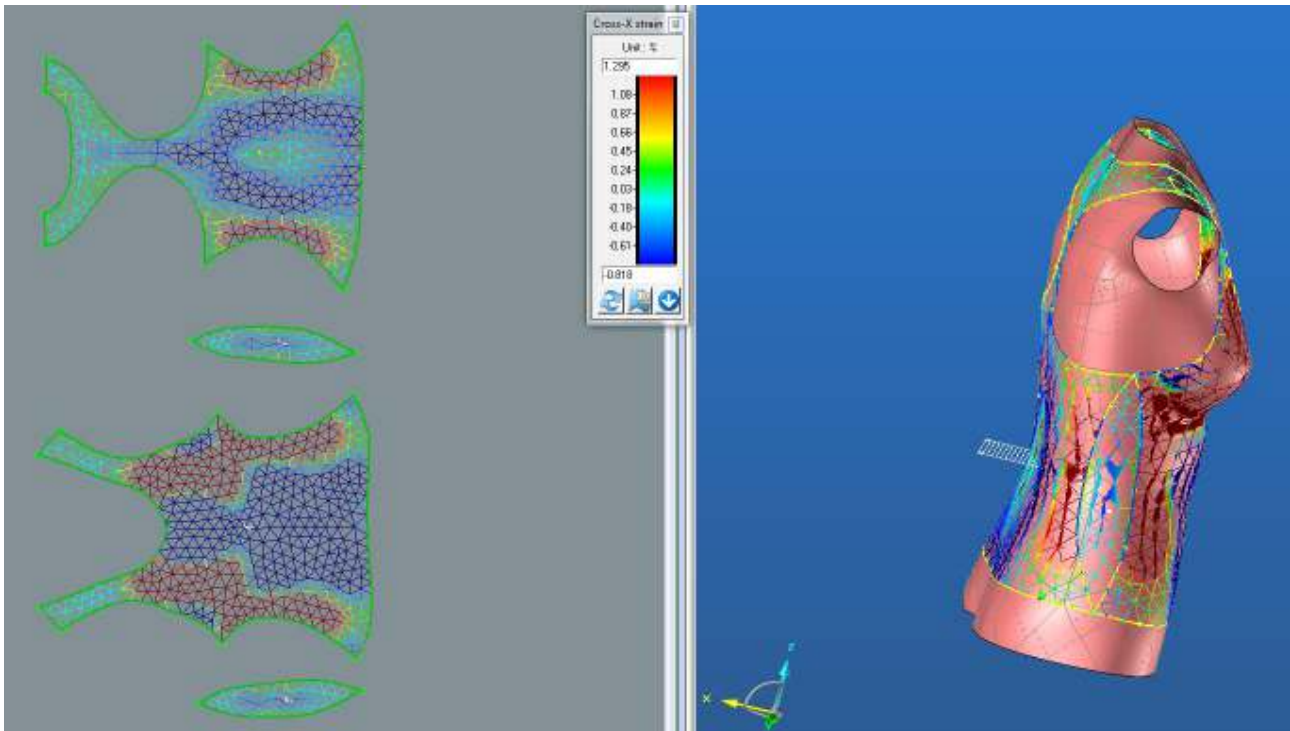
2.4.3. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

2.4.3.1. Cross-X strain

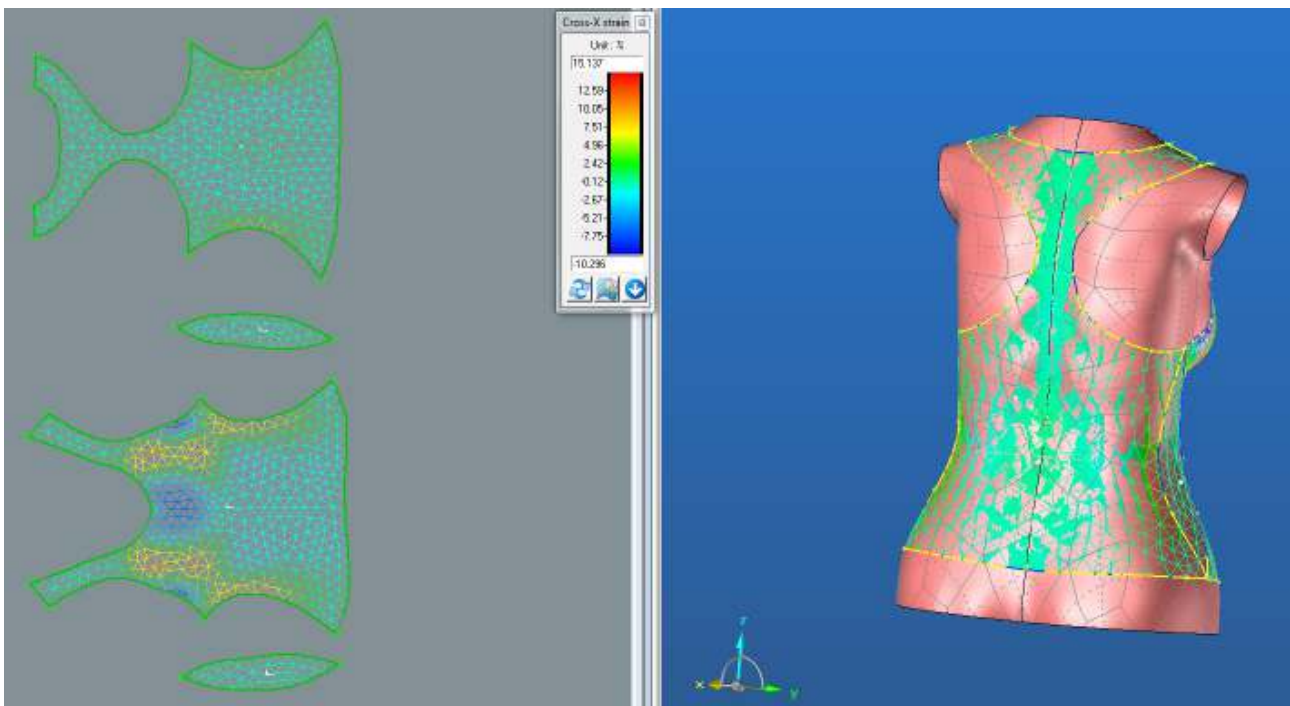
PD



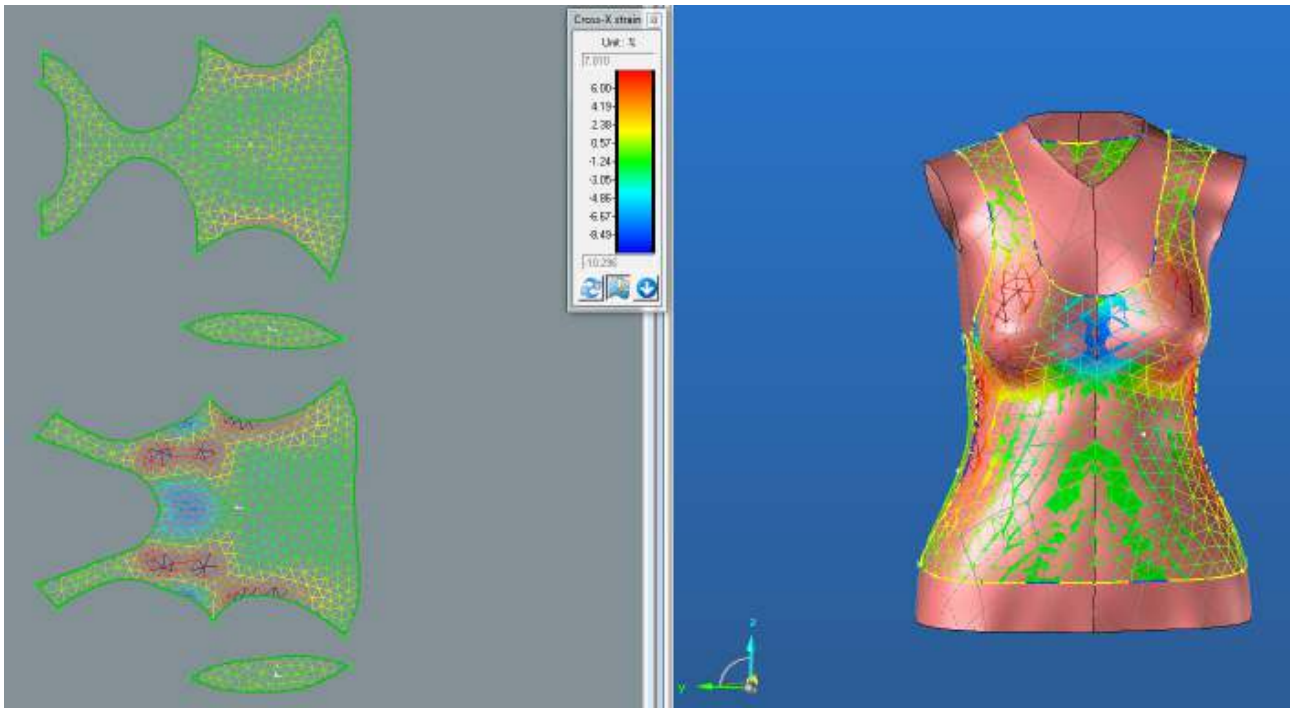
BD



ZD

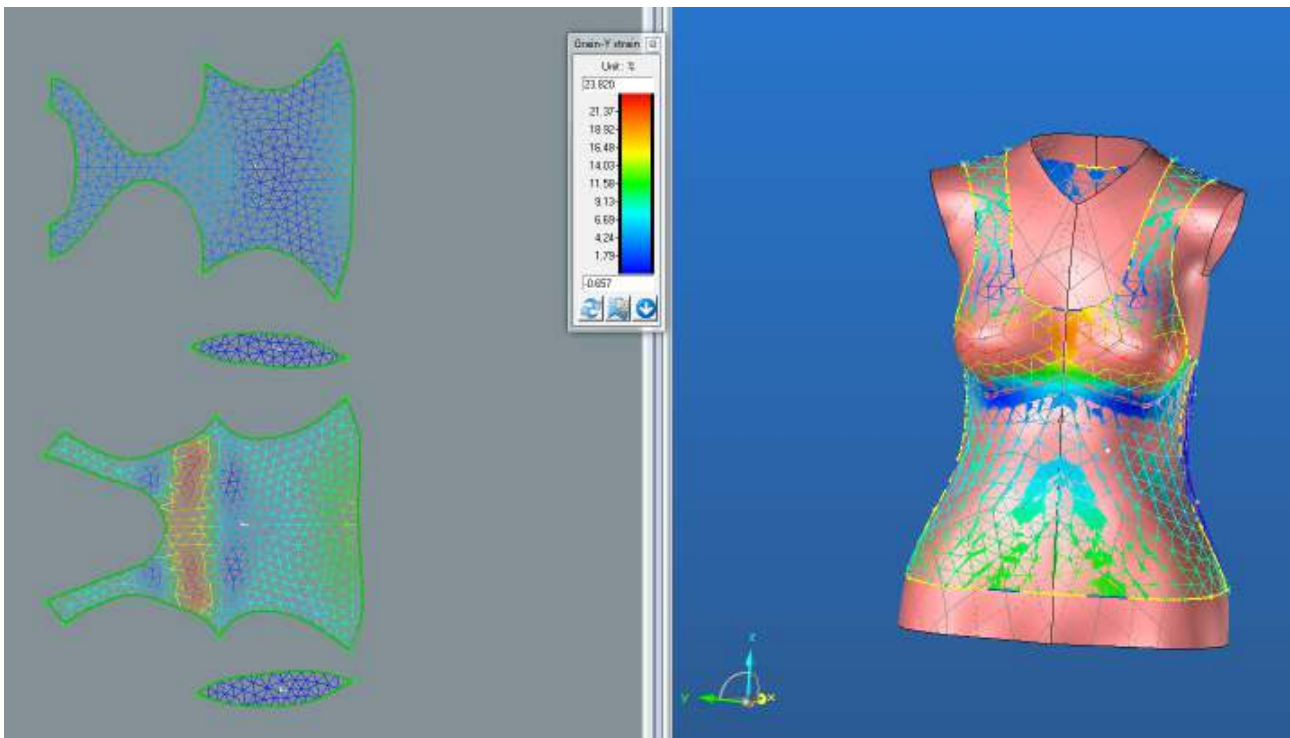


LIMIT

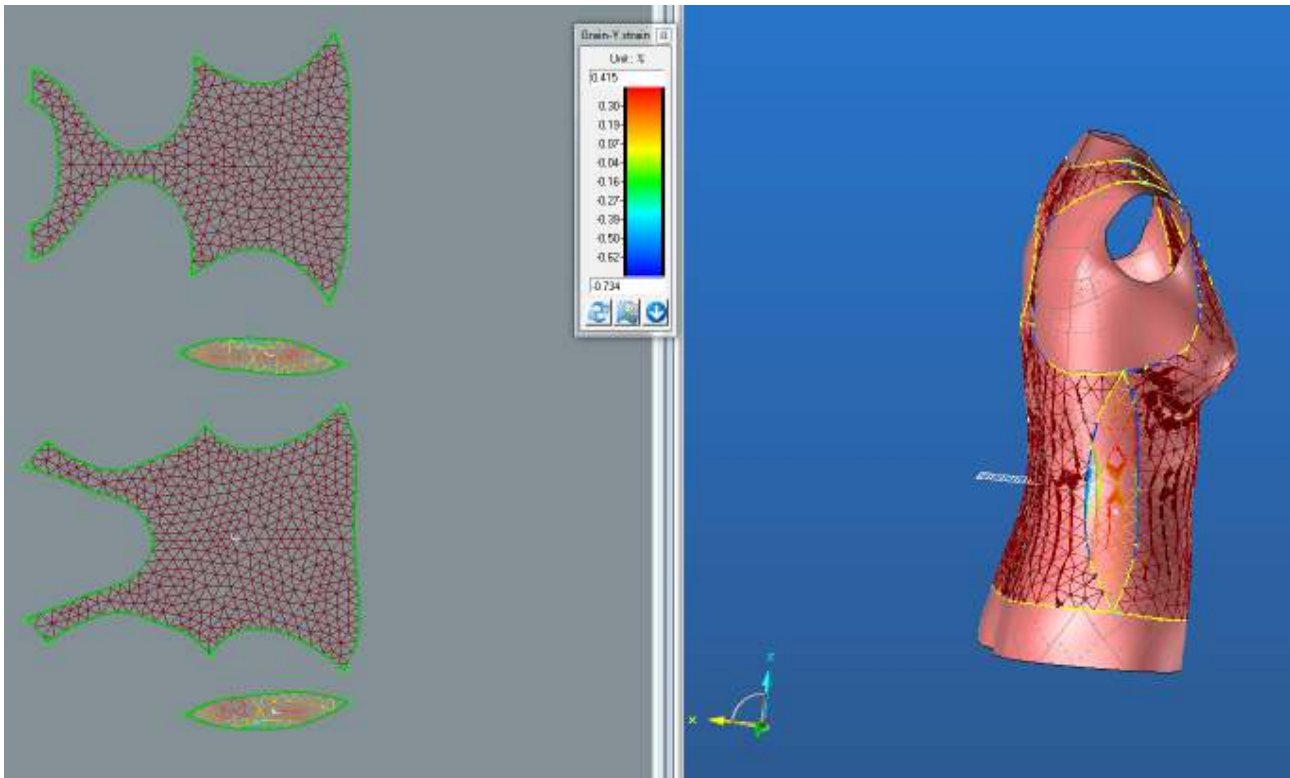


2.4.3.2. Grain-Y strain

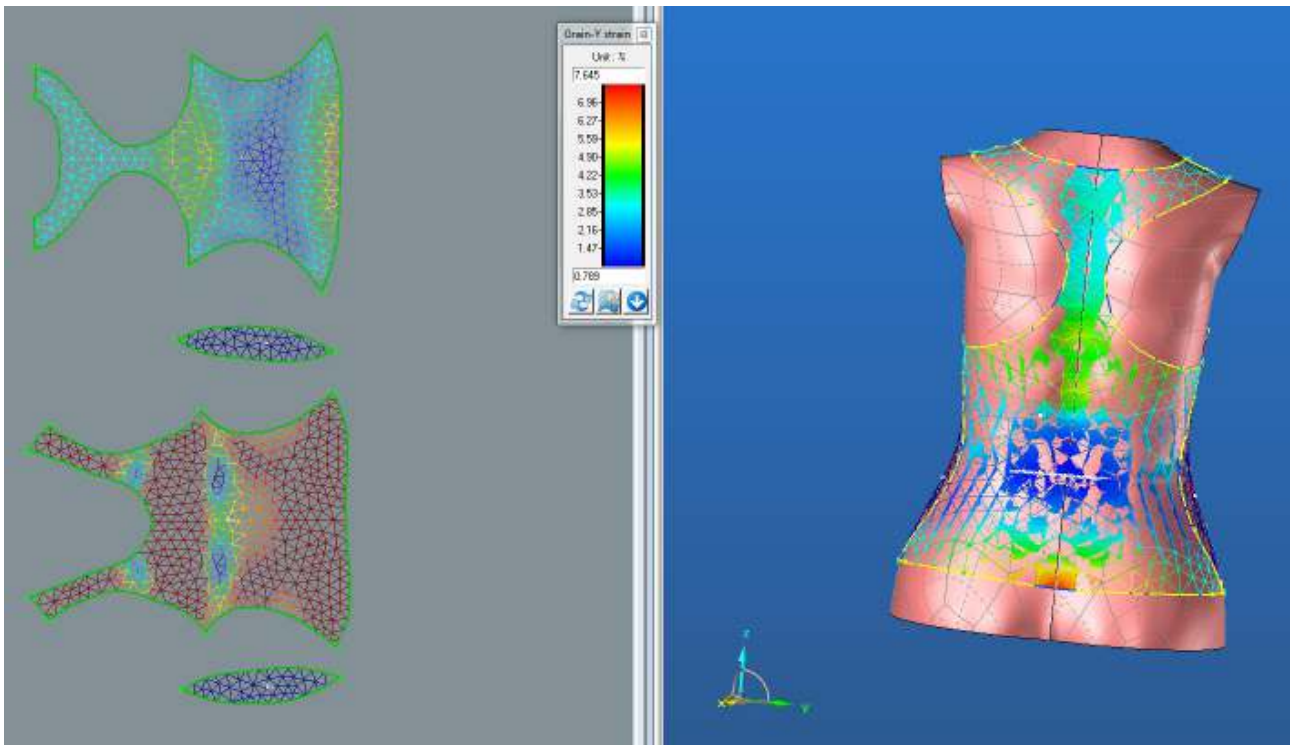
PD



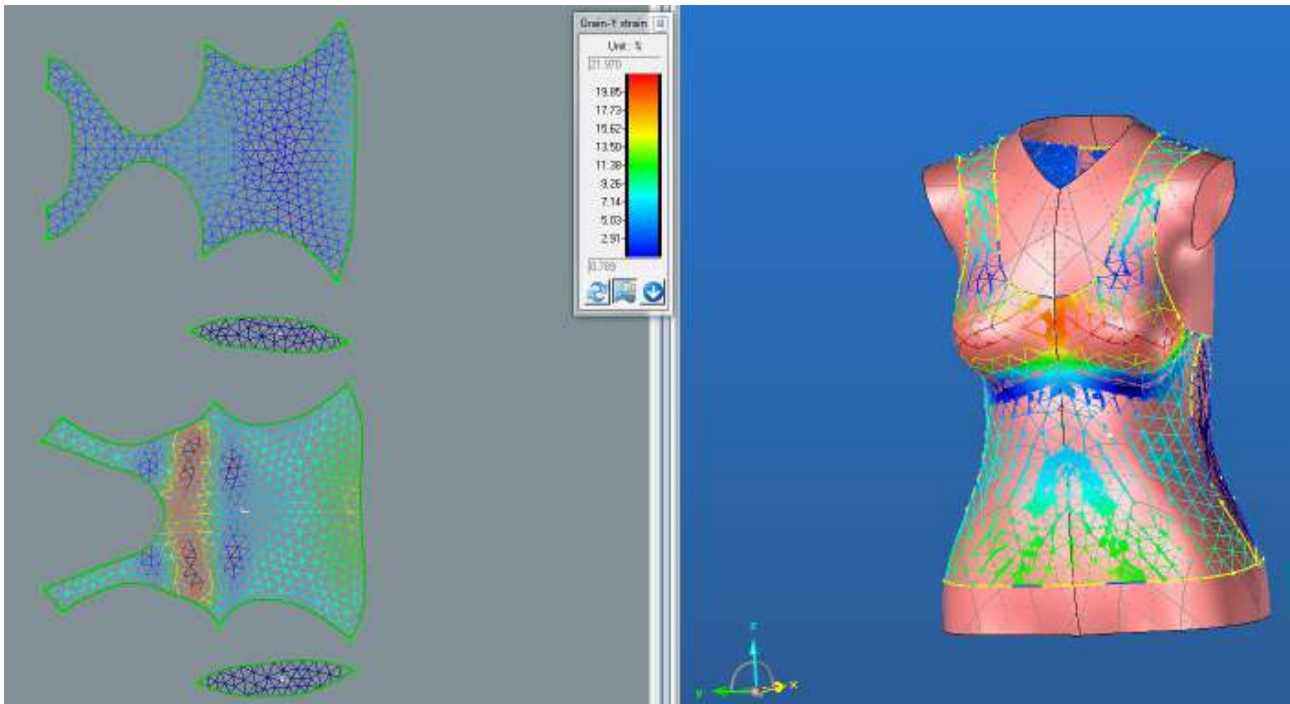
BD



ZD

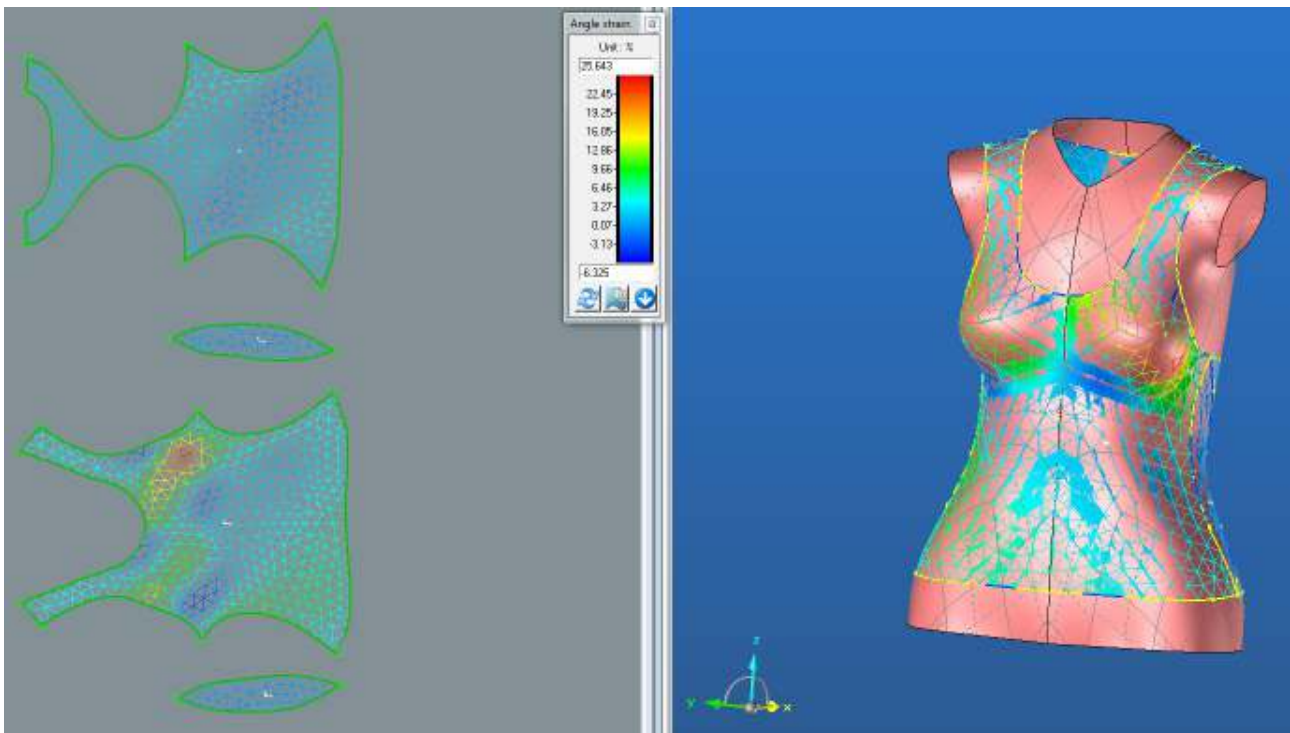


LIMIT

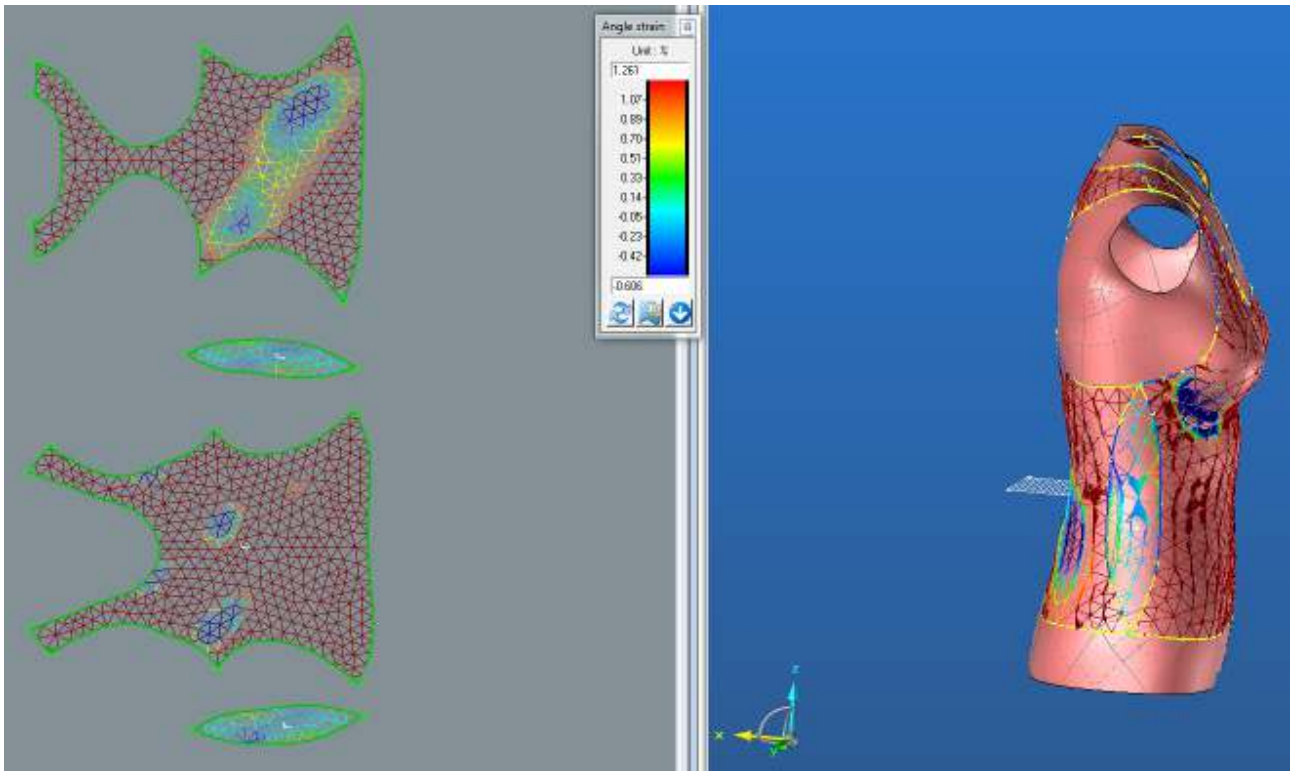


2.4.3.3. .Bias 45°strain

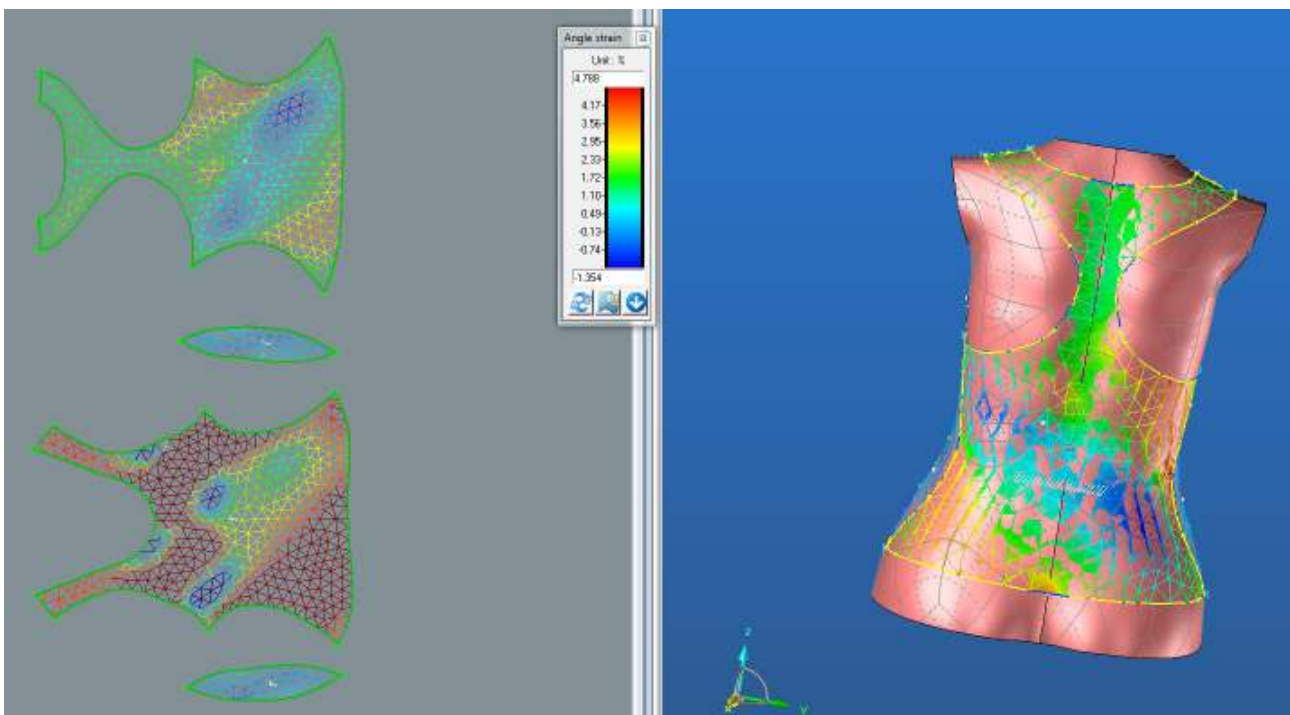
PD



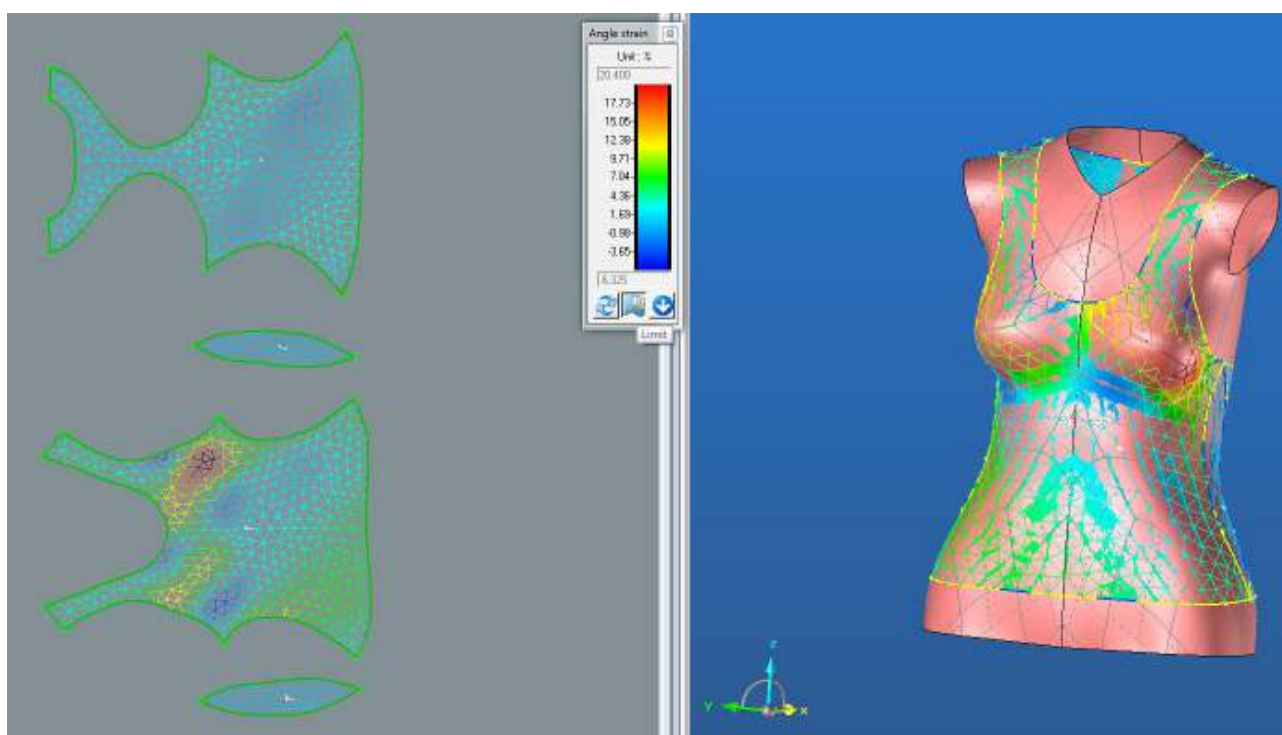
BD



ZD



LIMIT



2.4.4. Střih 2 – varianta 2 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	13.877	23.361	16.090	0
	Min	0.026	13.860	-18.937	0
Opimalizace PD	Max	13.877	30.197	14.948	0.002
	Min	0.026	-13.004	-23.193	-0.001
BD	Max	0.763	1.464	0.965	0
	Min	0.018	-0.941	-1.569	0
Optimalizace BD	Max	0.763	1.593	0.963	0
	Min	0.018	-0.954	-1.568	0
ZD	Max	2.521	6.524	2.609	0.001
	Min	0.002	-2.543	-7.854	-0.001
Optimalizace ZD	Max	2.521	8.643	2.034	0
	Min	0.002	-1.993	-7.956	0

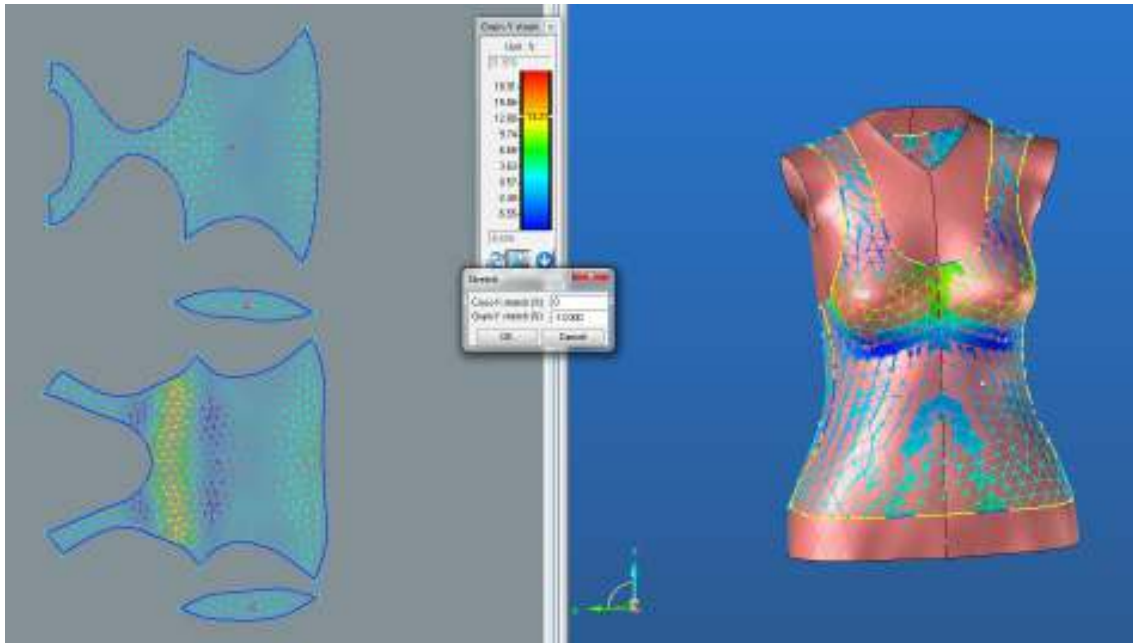
	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	15.137	23.792	32.046	0.001
	Min	-10.296	-26.322	0	0
Opimalizace PD	Max	15.137	23.792	32.046	0
	Min	-10.296	-26.322	0	0
BD	Max	1.295	7.151	4.243	0
	Min	-0.818	-7.552	0	0
Optimalizace BD	Max	1.295	6.249	4.243	0
	Min	-0.818	-7.469	0	0
ZD	Max	6.042	26.547	32.046	0
	Min	-1.359	-7.669	0	0
Optimalizace ZD	Max	15.137	26.547	32.046	0
	Min	-10.296	-7.669	0	0

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	13.914	21.160	33.002	0.001
	Min	-8.605	-22.649	0	-0.001
Opimalizace PD	Max	23.820	21.160	49.071	0.001
	Min	-0.657	-22.649	0	-0.001
BD	Max	0.315	19.518	0.816	0
	Min	-0.833	7.772	0	0
Optimalizace BD	Max	0.415	21.802	1.040	0
	Min	-0.734	7.799	0	0
ZD	Max	4.416	21.569	11.241	0
	Min	-2.235	-24.540	0	0
Optimalizace ZD	Max	7.645	21.569	18.996	0
	Min	0.789	-24.540	2.045	0

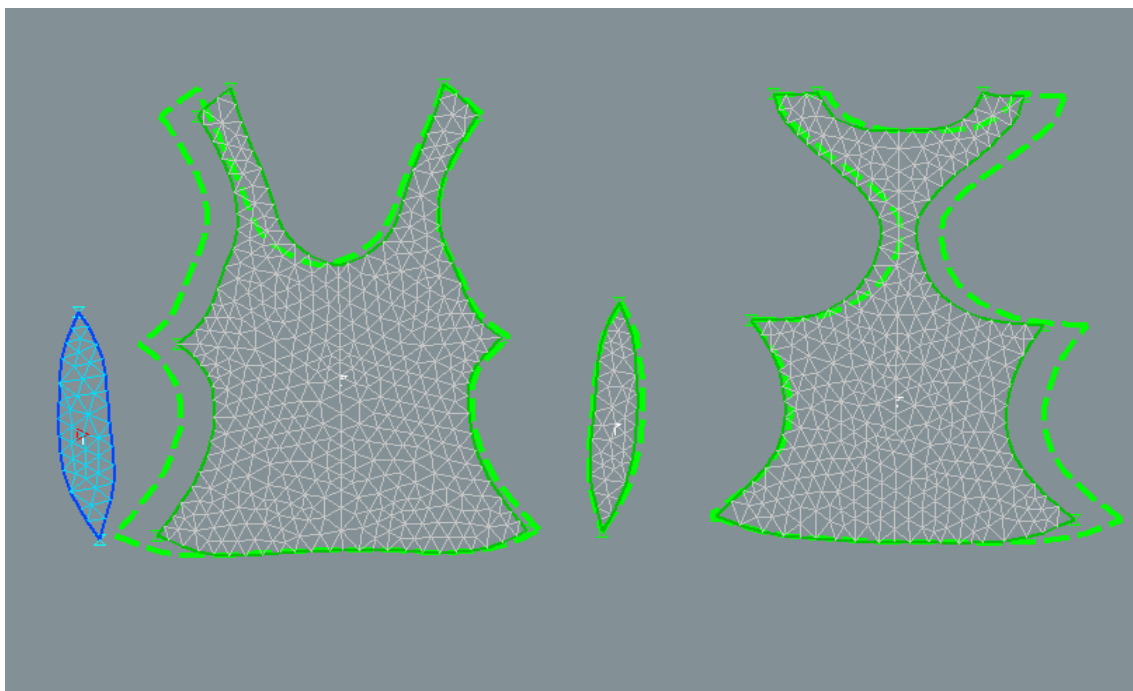
	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	19.986	22.885	46.898	0.001
	Min	-10.431	-15.235	0	0
Opimalizace PD	Max	25.643	23.230	48.125	0.001
	Min	-6.325	-14.893	0	0
BD	Max	1.211	12.079	2.202	0
	Min	-0.655	1.558	0	0
Optimalizace BD	Max	1.261	12.087	2.295	0
	Min	-0.606	1.563	0	0
ZD	Max	3.291	17.426	6.102	0
	Min	-2.862	-8.553	0	0
Optimalizace ZD	Max	4.788	17.107	9.061	0
	Min	-1.354	-8.501	0	0

2.5. Střih 2 - varianta 3 – materiál M1

2.5.1. Optimalizace střihu - použití funkce LIMIT



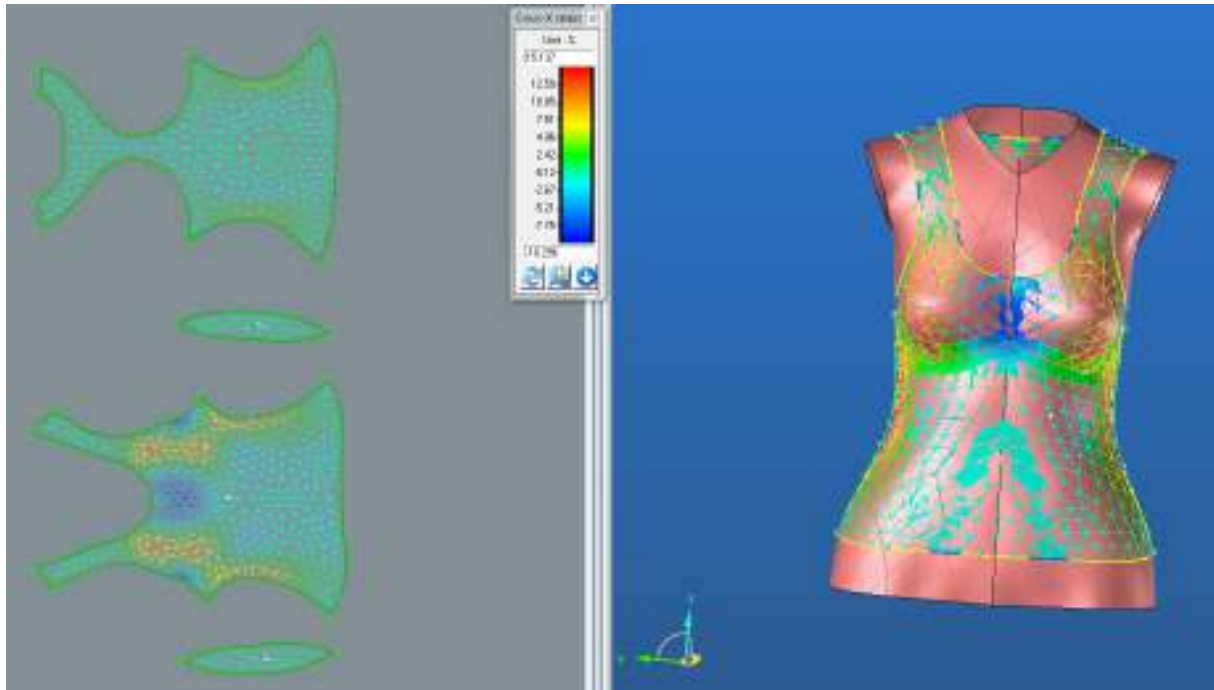
2.5.1.1. Střih 2 – varianta 3 – materiál M1 – porovnání střihu před a po optimalizaci



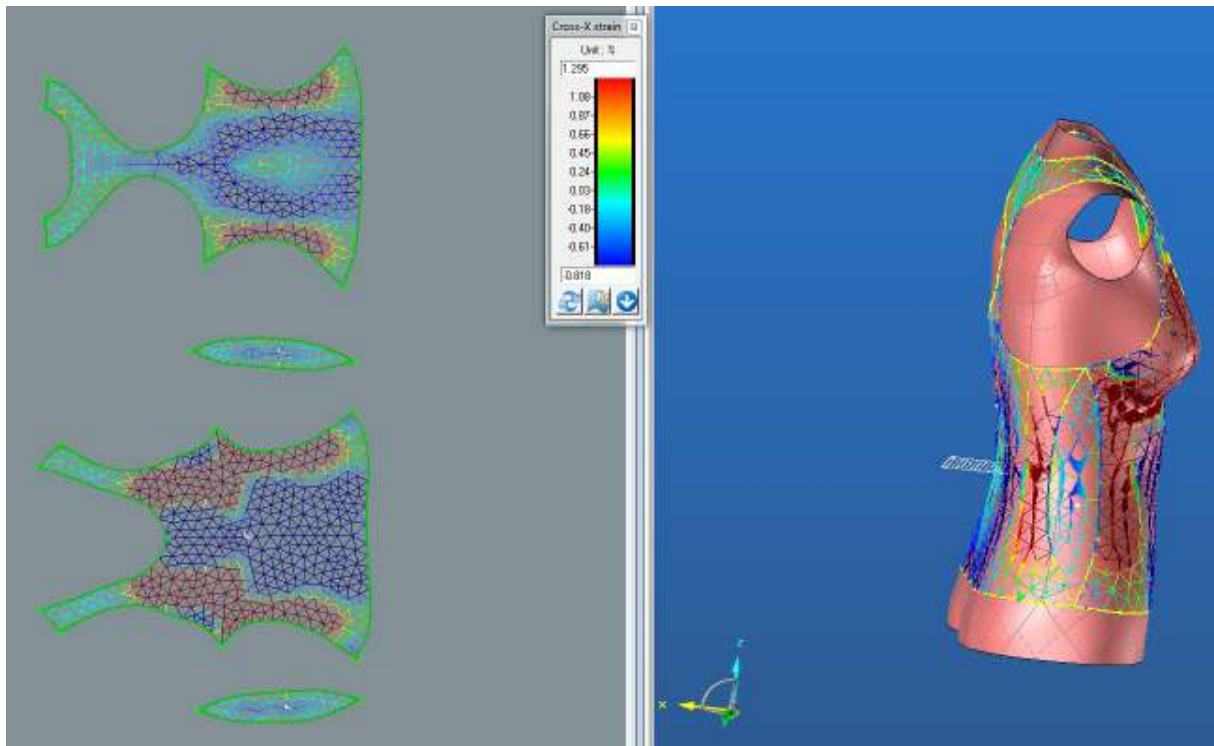
2.5.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

2.5.2.1. Cross-X strain

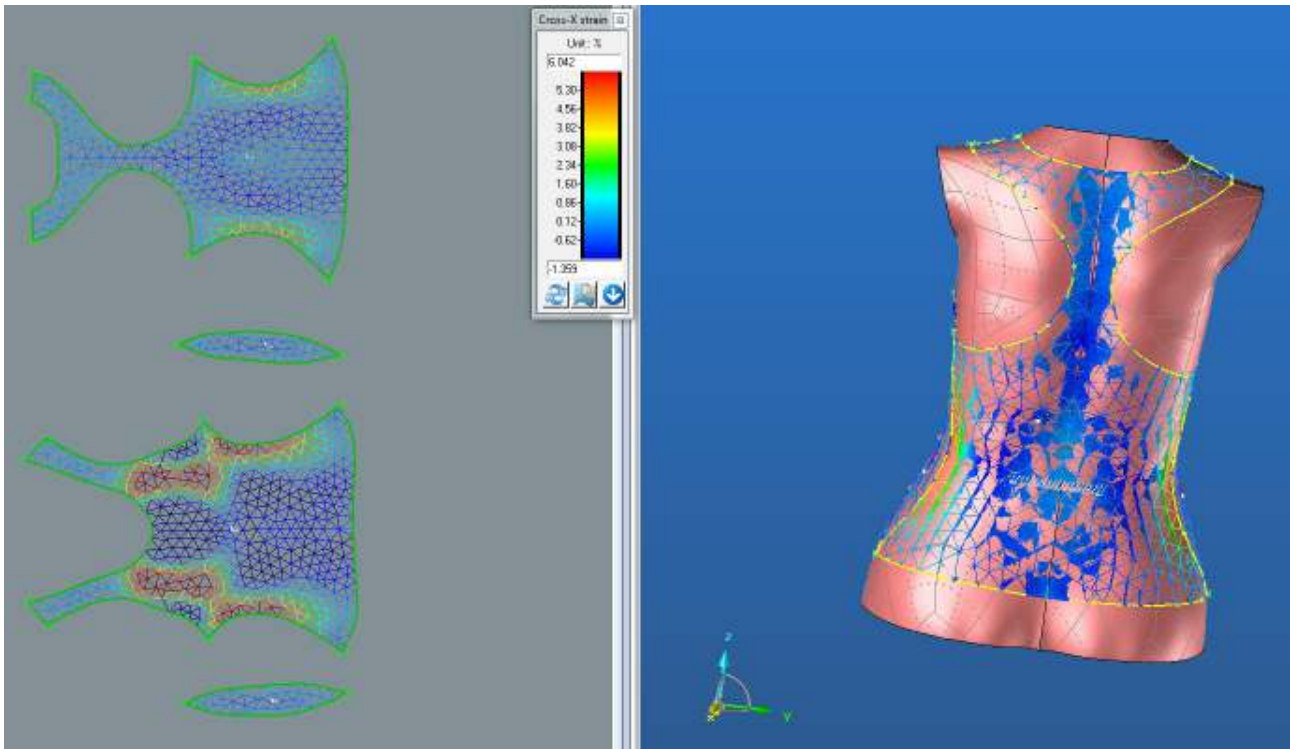
PD



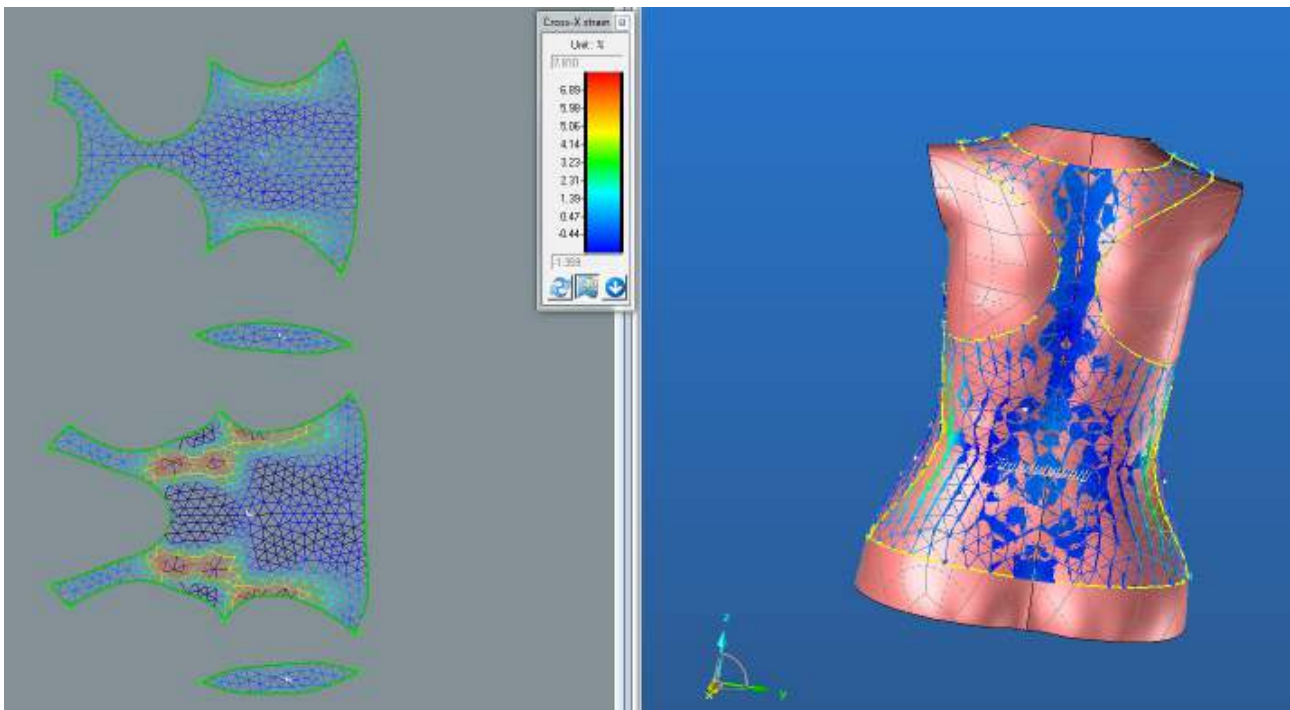
BD



ZD

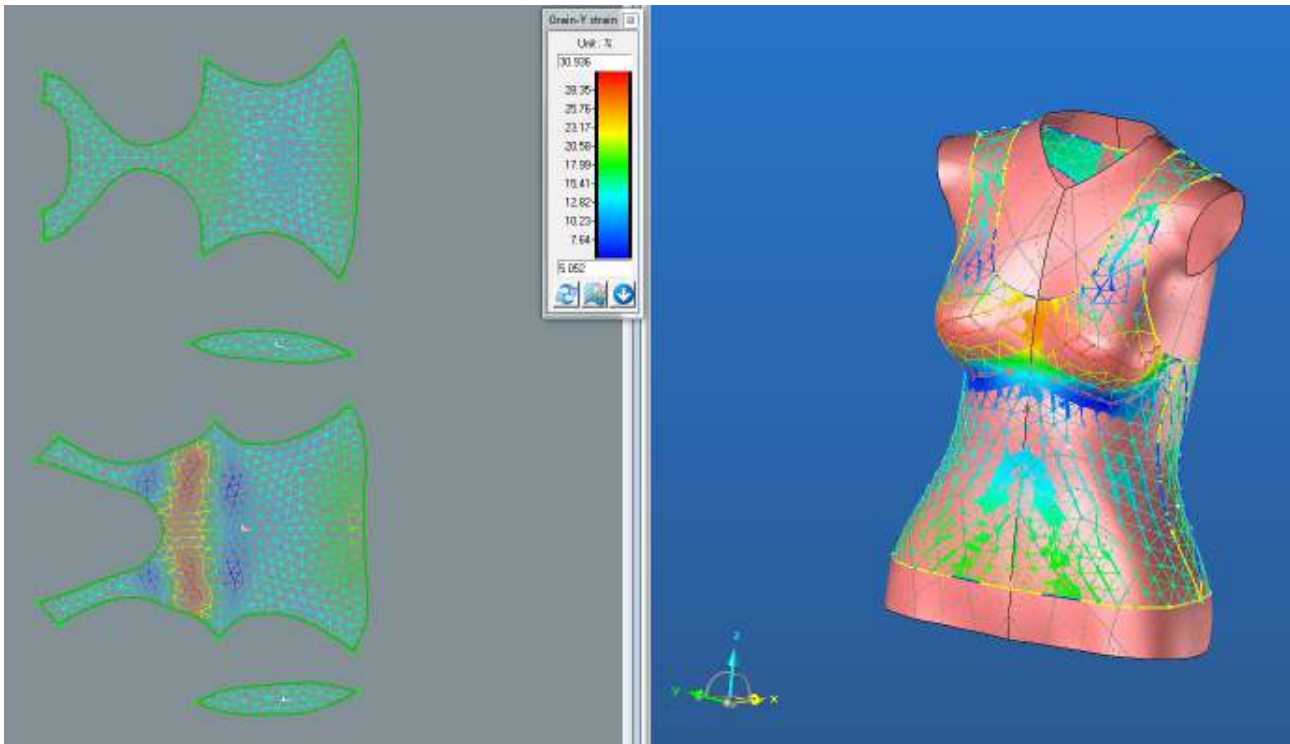


LIMIT

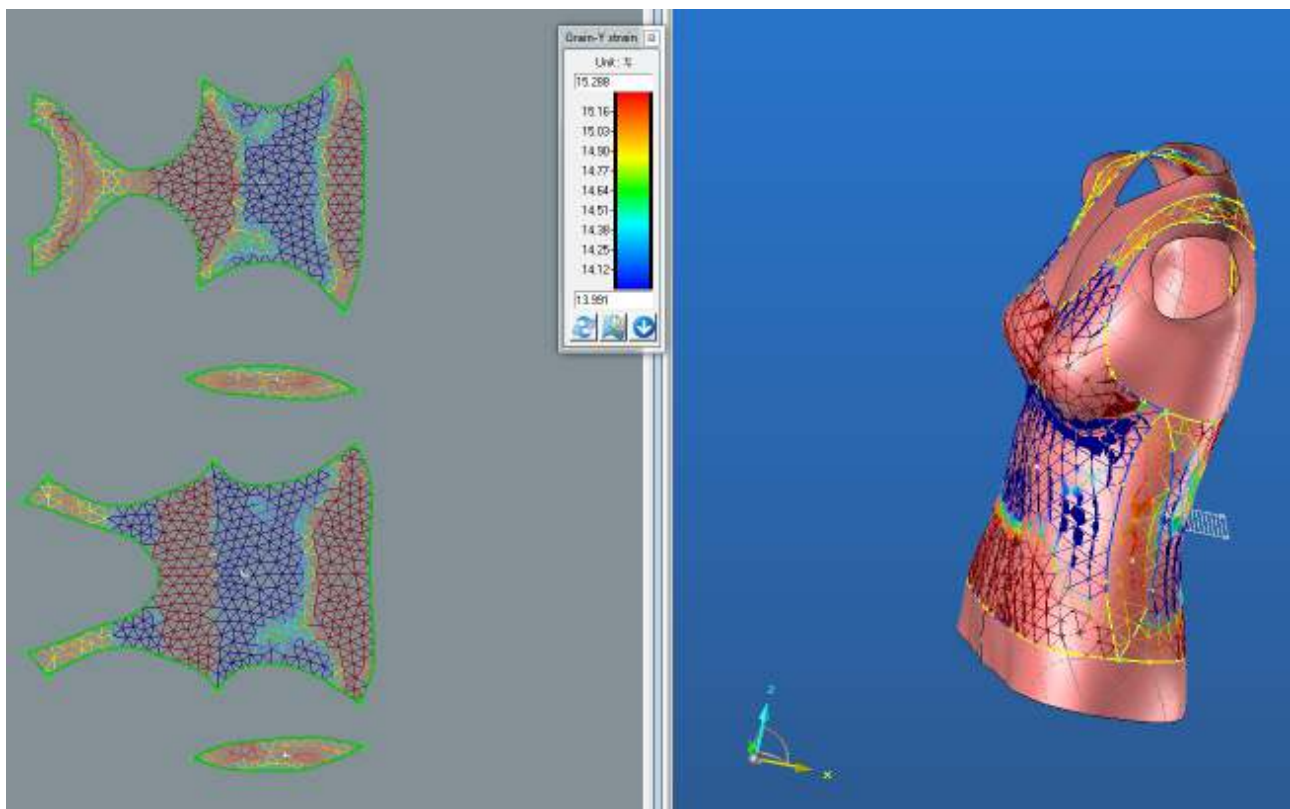


2.5.2.2. Grain-Y strain

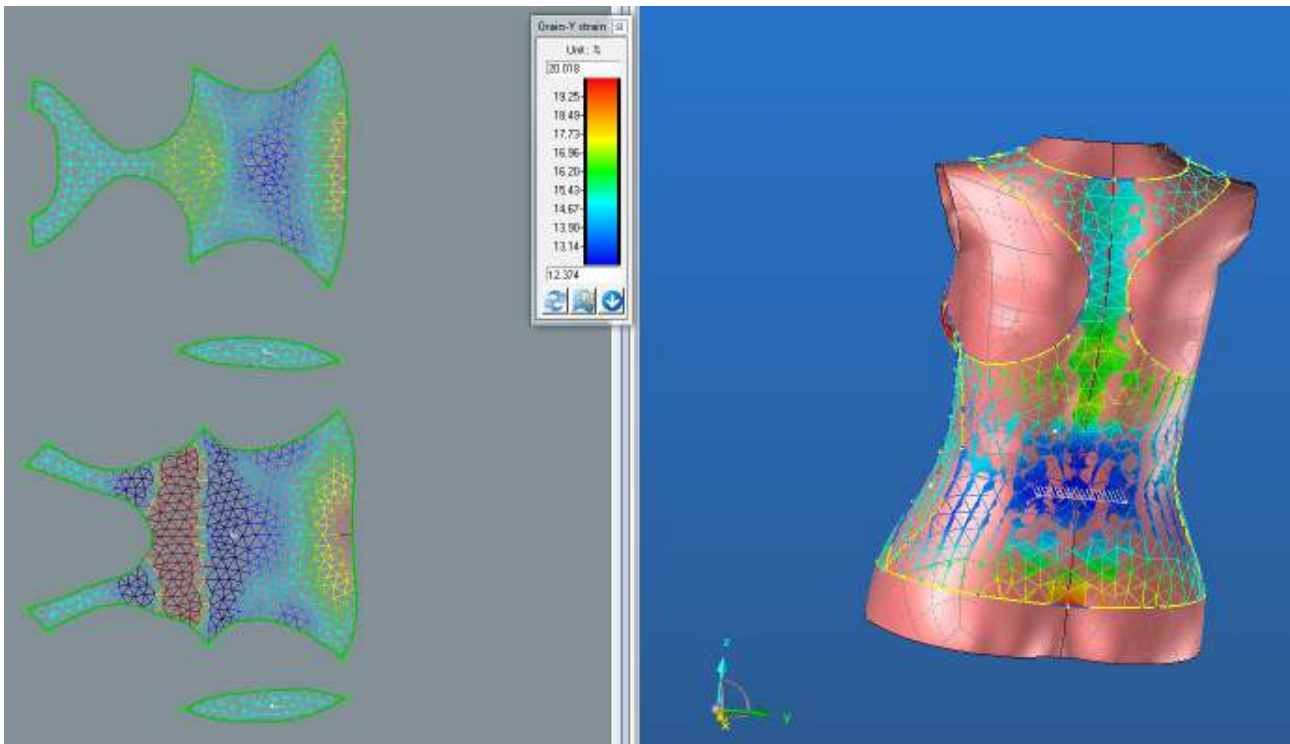
PD



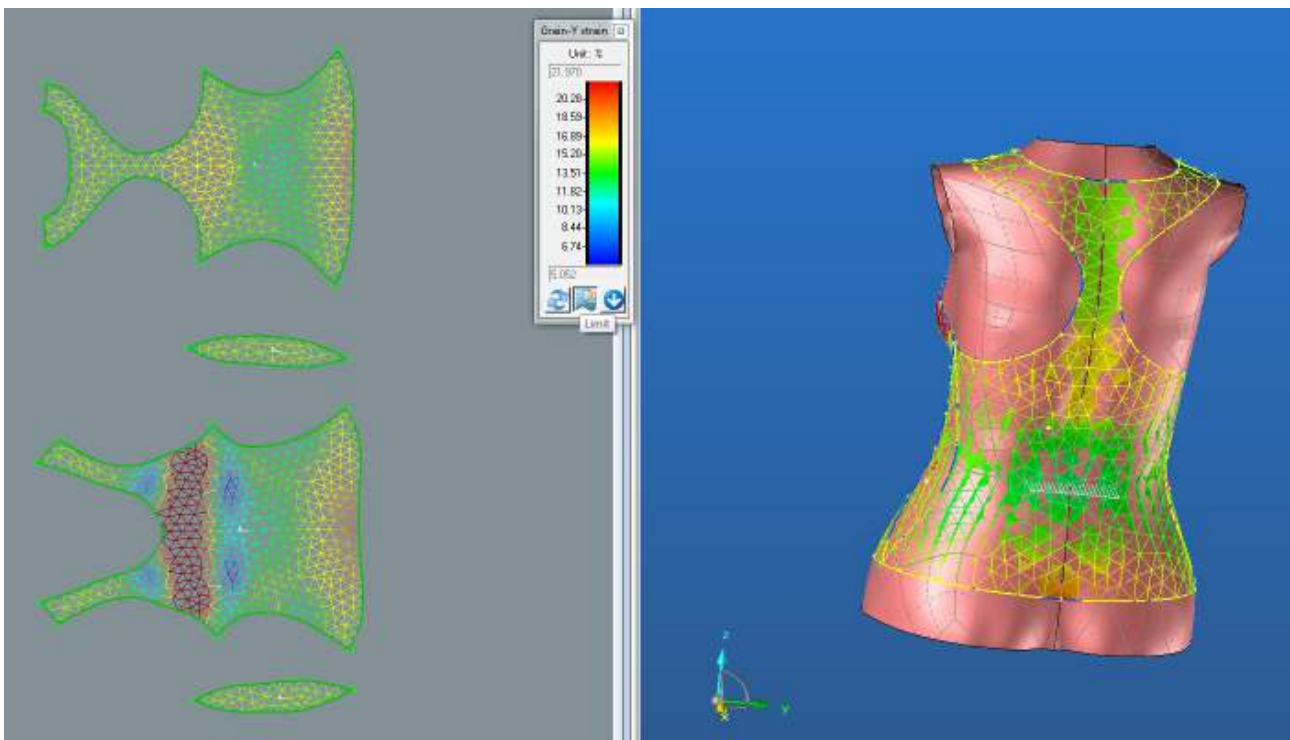
BD



ZD

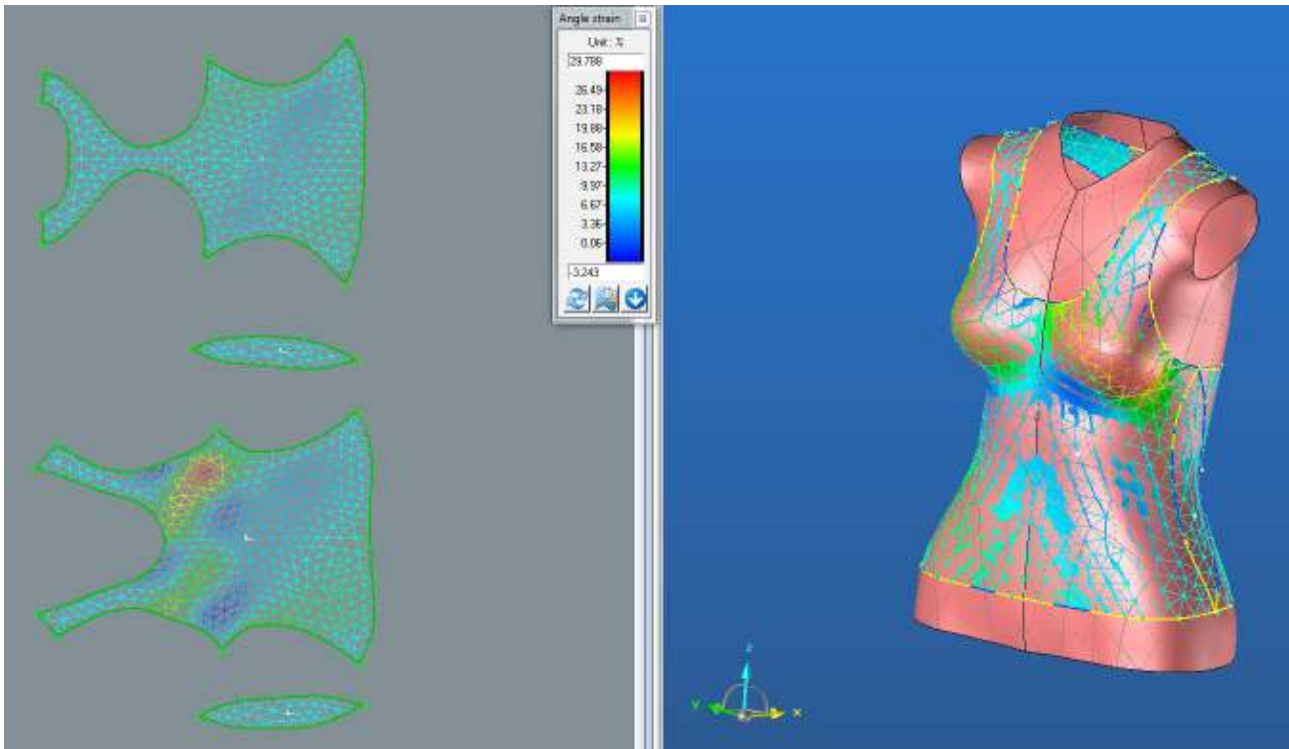


LIMIT

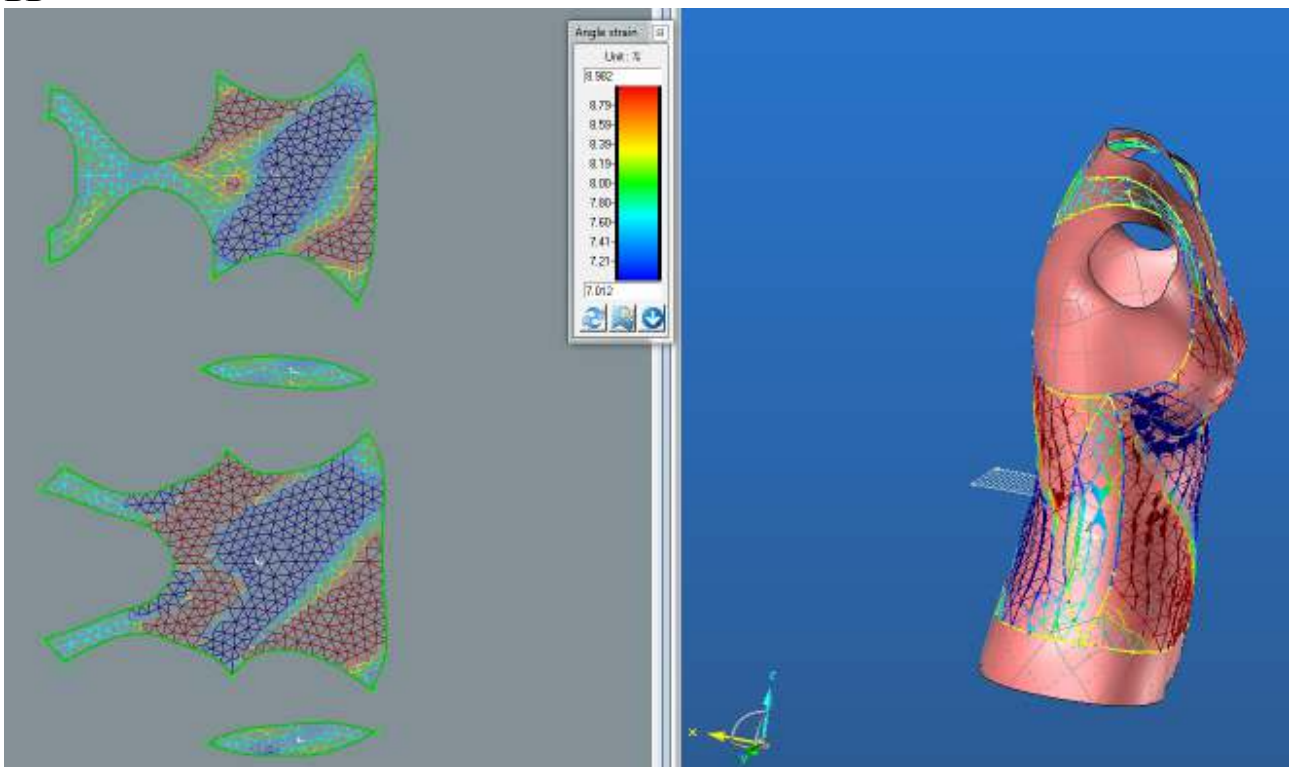


2.5.2.3. Bias 45° strain

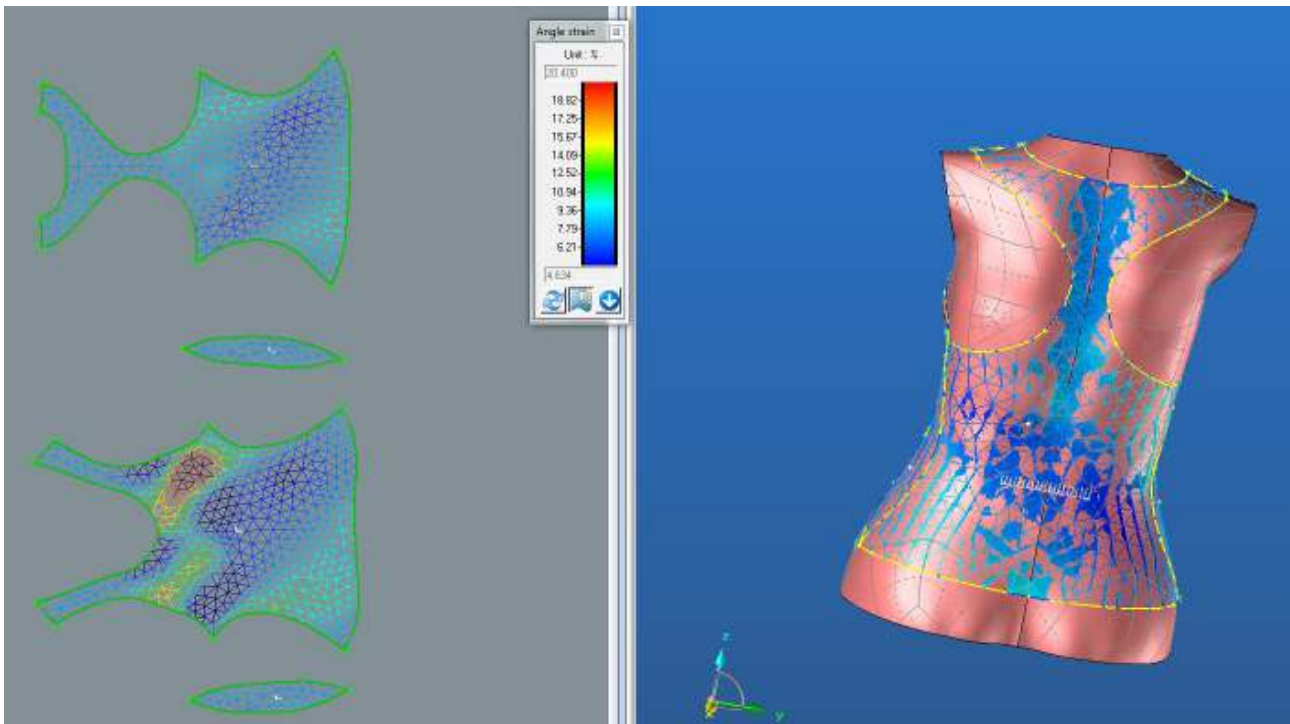
PD



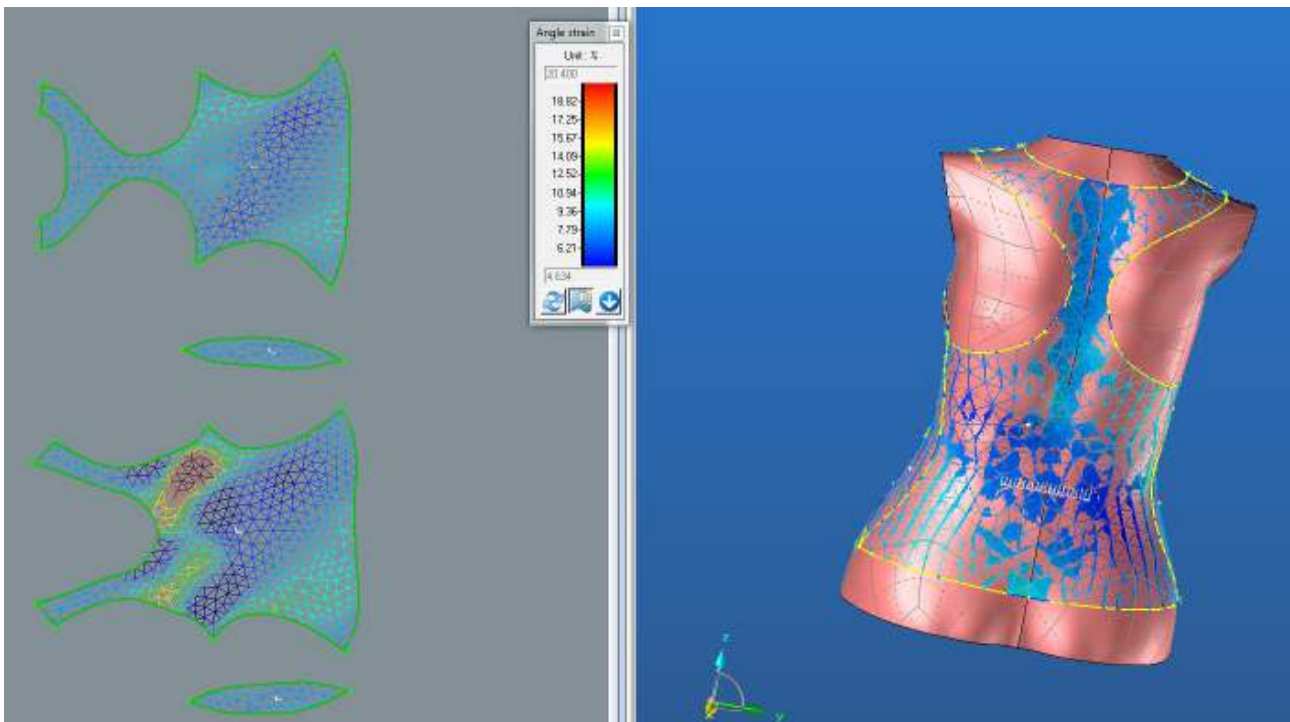
BD



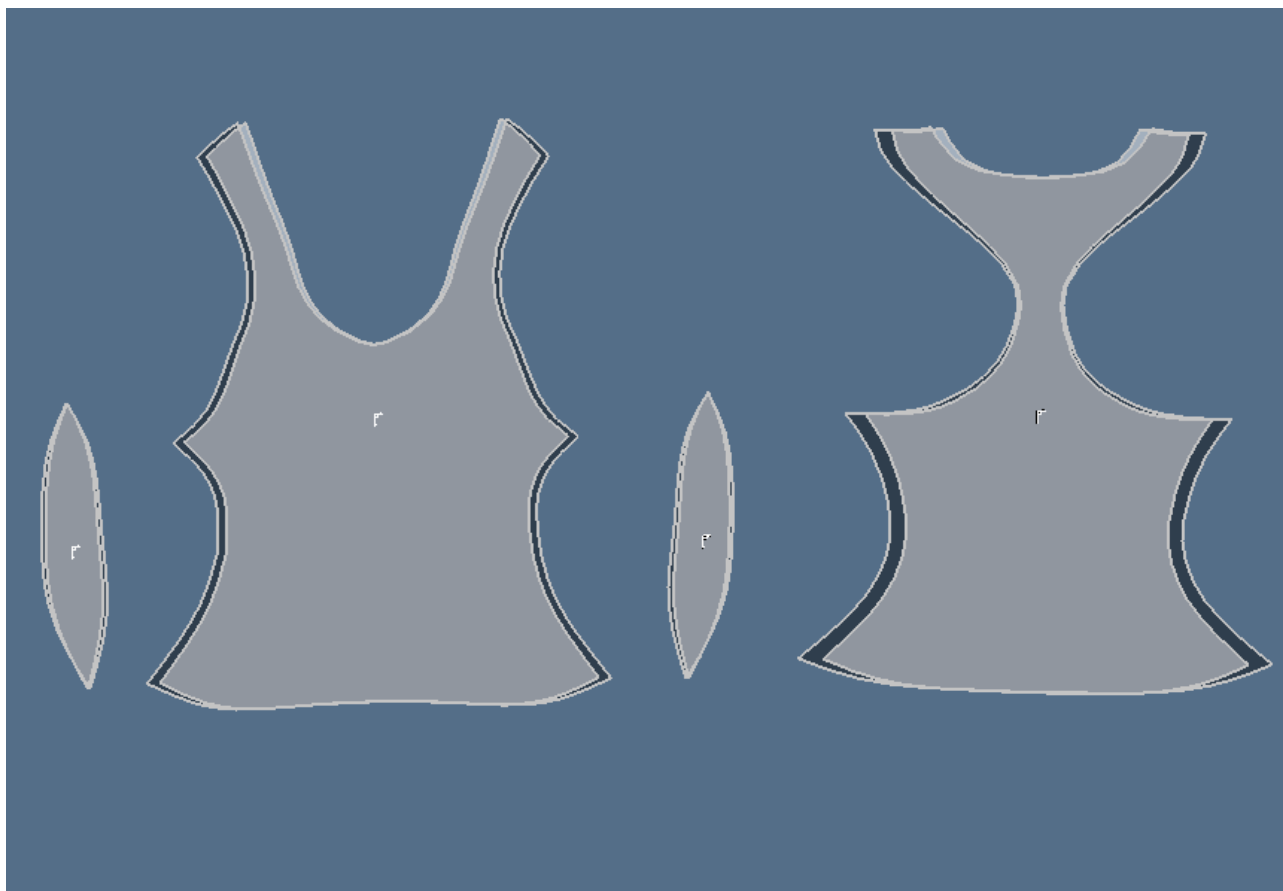
ZD



LIMIT



2.5.3. Střih 2 – porovnání varianty 2(tmavá) a varianty 3(světlá)



2.5.4 Střih 2 – varianta 3 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností

	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD	Max	13.877	23.361	16.090	0
	Min	0.026	13.860	-18.937	0
Optimalizace PD	Max	13.877	34.745	14.277	0.002
	Min	0.026	-12.493	-25.786	-0.001
BD	Max	0.763	1.464	0.965	0
	Min	0.018	-0.941	-1.569	0
Optimalizace BD	Max	0.763	15.413	0.723	0.001
	Min	0.018	-0.467	-12.978	0
ZD	Max	2.521	6.524	2.609	0.001
	Min	0.002	-2.543	-7.854	-0.001
Optimalizace ZD	Max	2.521	20.071	1.389	0.001
	Min	0.002	-1.370	-16.716	-0.001

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	15.137	23.792	32.046	0.001
	Min	-10.296	-26.322	0	0
Optimalizace PD	Max	15.137	26.547	32.046	0.001
	Min	-10.296	-7.669	0	0
BD	Max	1.295	7.151	4.243	0
	Min	-0.818	-7.552	0	0
Optimalizace BD	Max	1.295	6.249	3.863	0
	Min	-0.818	-7.469	0	0
ZD	Max	6.042	26.547	32.046	0
	Min	-1.359	-7.669	0	0
Optimalizace ZD	Max	6.042	26.547	32.046	0
	Min	-1.359	-7.669	0	0

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	13.914	21.160	33.002	0.001
	Min	-8.605	-22.649	0	-0.001
Optimalizace PD	Max	30.936	21.160	49.071	0.001
	Min	5.052	-22.649	12.800	-0.001
BD	Max	0.315	19.518	0.816	0
	Min	-0.833	7.772	0	0
Optimalizace BD	Max	15.288	21.802	35.926	0
	Min	13.991	7.799	33.153	0
ZD	Max	4.416	21.569	11.241	0
	Min	-2.235	-24.540	0	0
Optimalizace ZD	Max	20.018	21.569	45.358	0
	Min	12.374	-24.540	29.689	0

	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD	Max	19.986	22.885	46.898	0.001
	Min	-10.431	-15.235	0	0
Optimalizace PD	Max	29.788	23.403	48.125	0.001
	Min	-3.243	-14.610	0	0
BD	Max	1.211	12.079	2.202	0
	Min	-0.655	1.558	0	0
Optimalizace BD	Max	8.982	13.027	18.054	0
	Min	7.012	2.104	13.708	0
ZD	Max	3.291	17.426	6.102	0
	Min	-2.862	-8.553	0	0
Optimalizace ZD	Max	10.780	17.214	22.221	0
	Min	4.634	-8.253	8.754	0

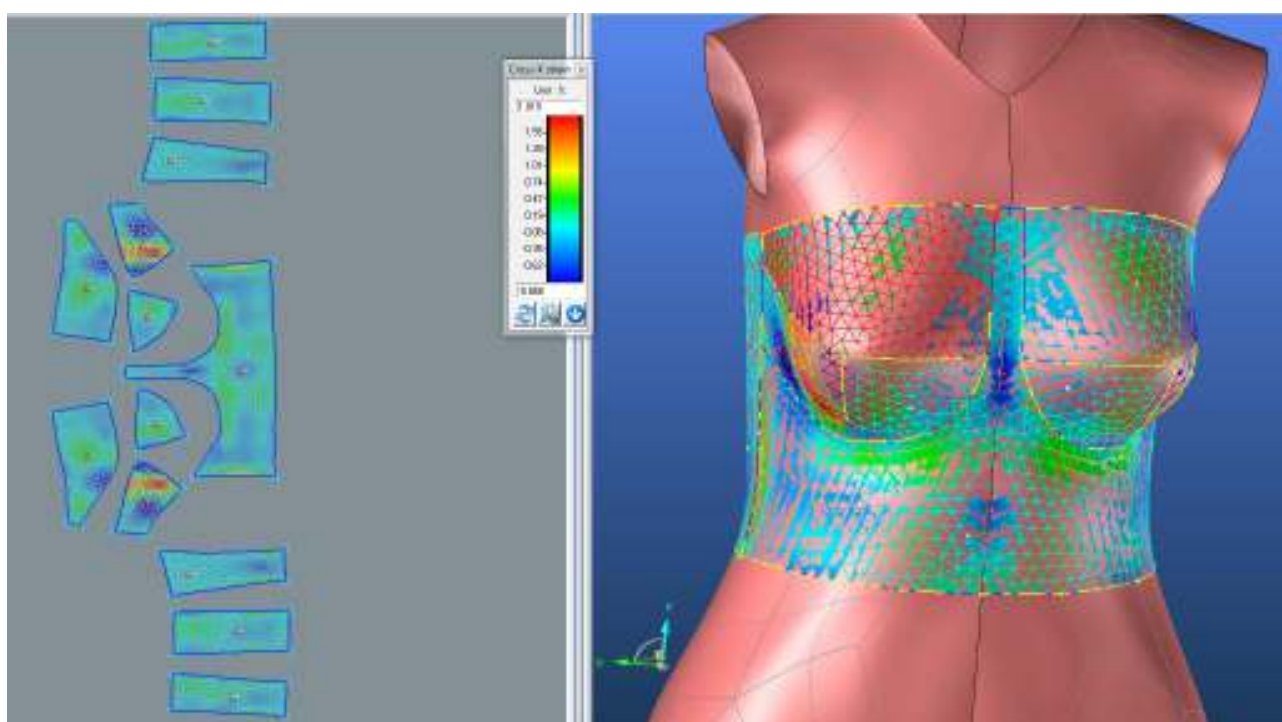
3. Střih 3

3.1. Střih 3 – varianta 1 - materiál M1

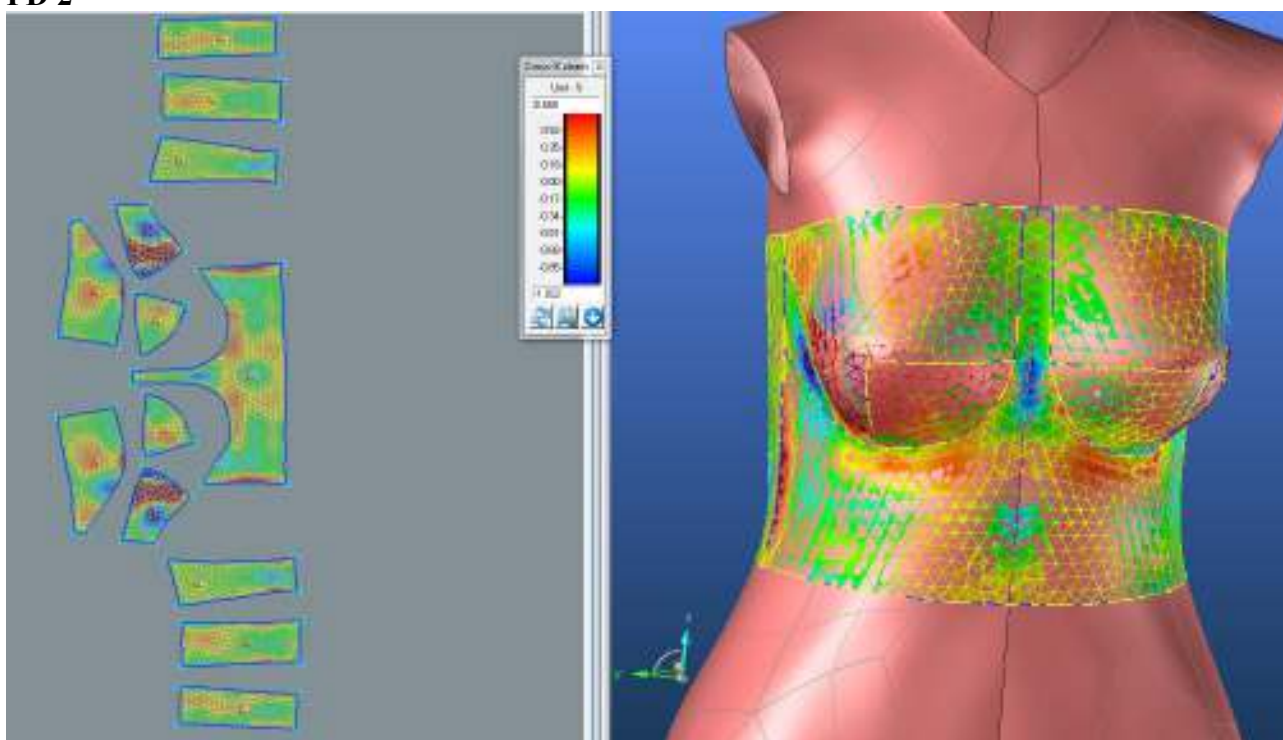
3.1.1. Analýza mechanických vlastností

3.1.1.1. Cross-X strain

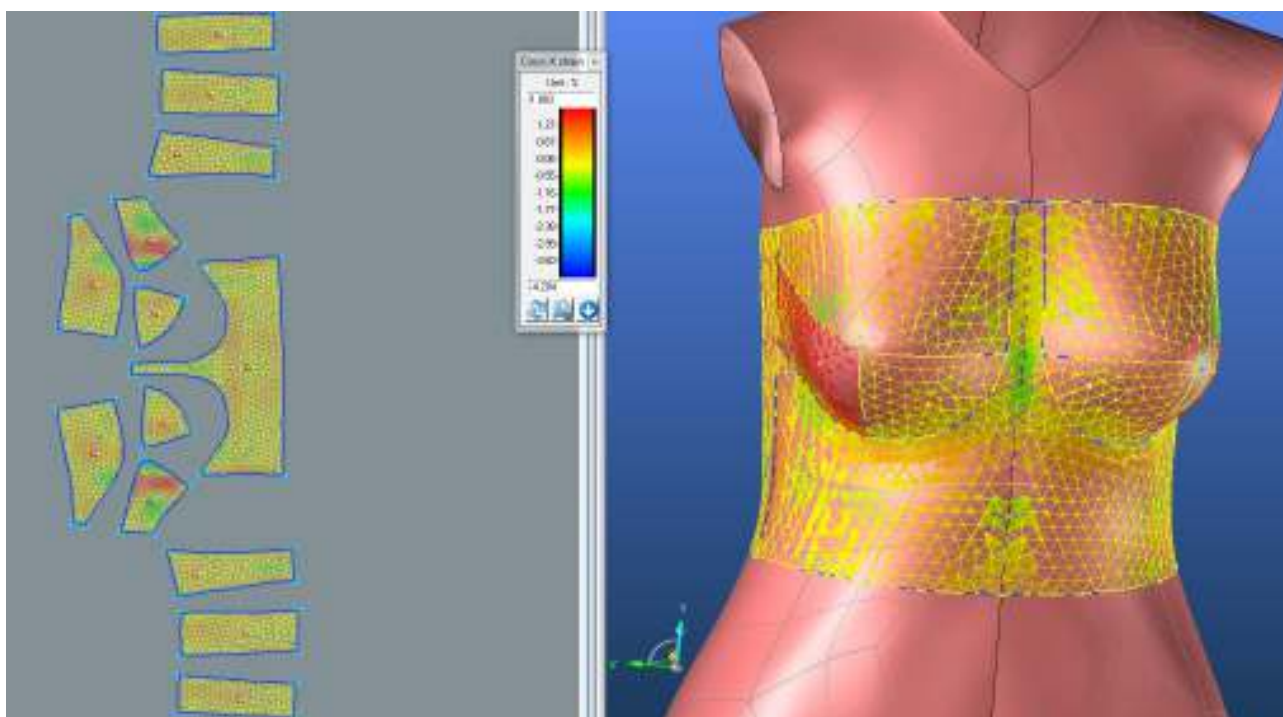
PD 1



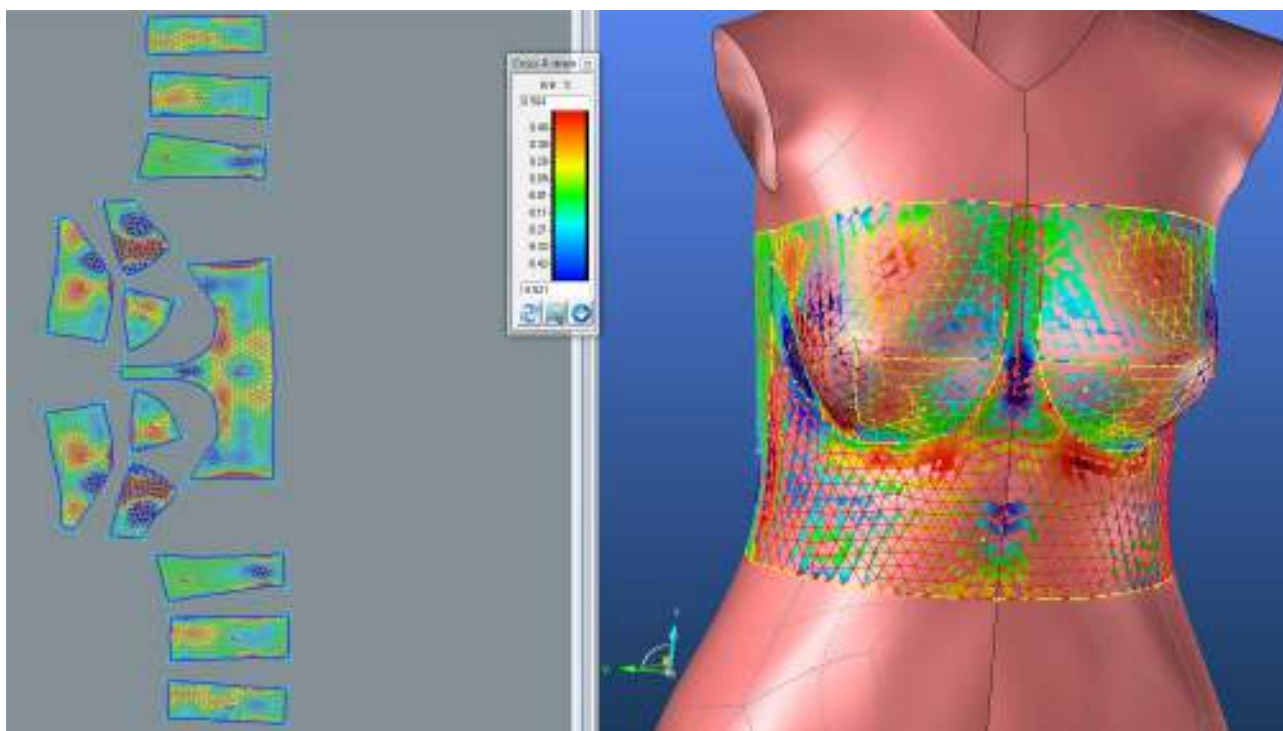
PD 2



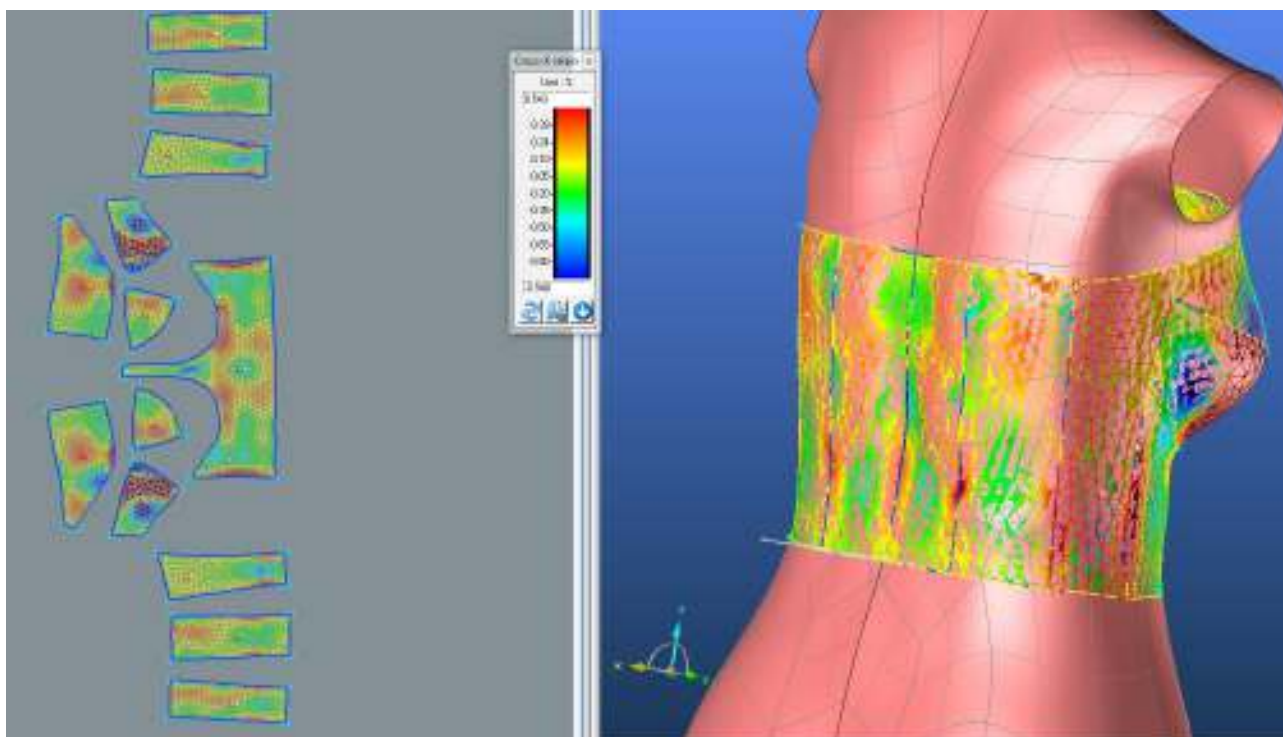
PD 3



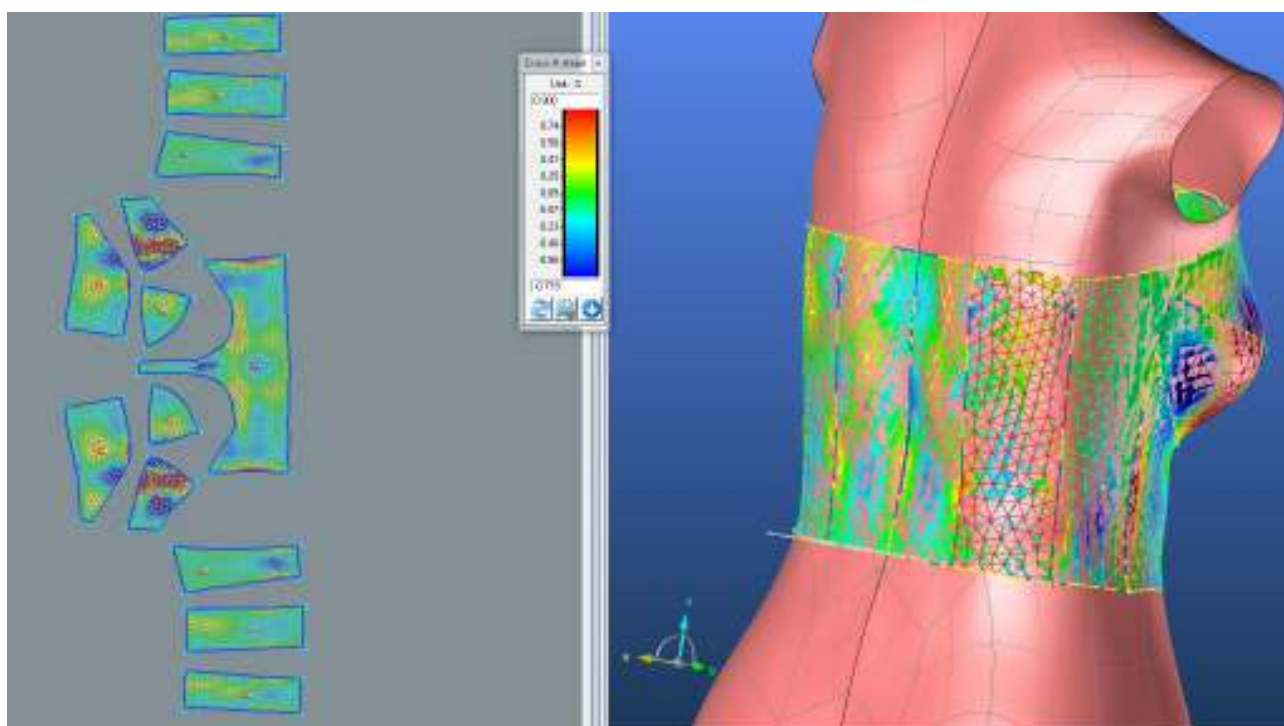
SEDLO



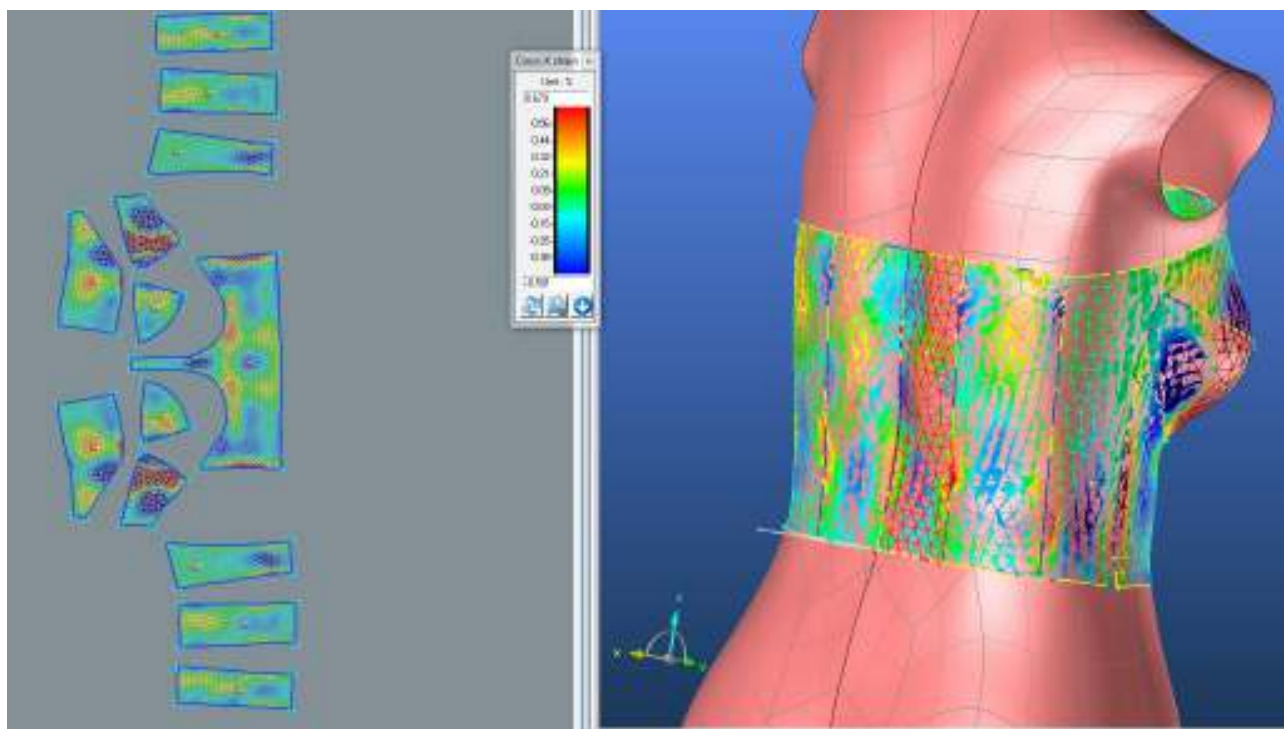
ZD1



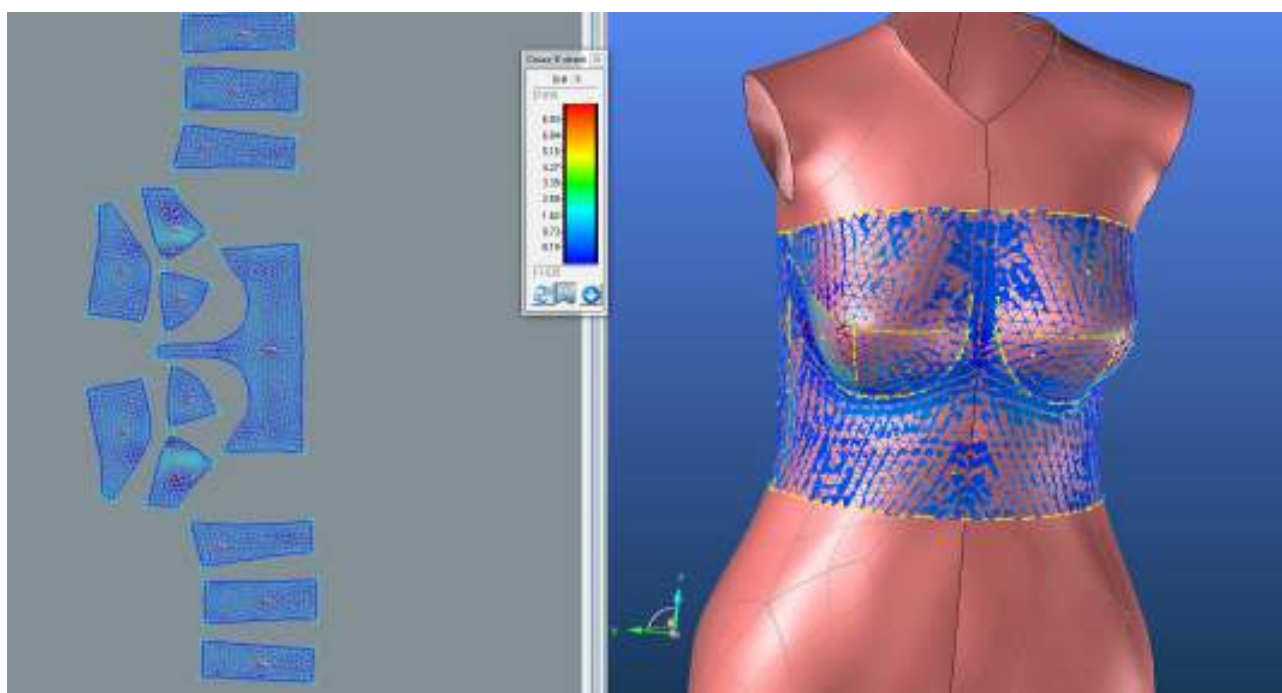
ZD2



ZD3

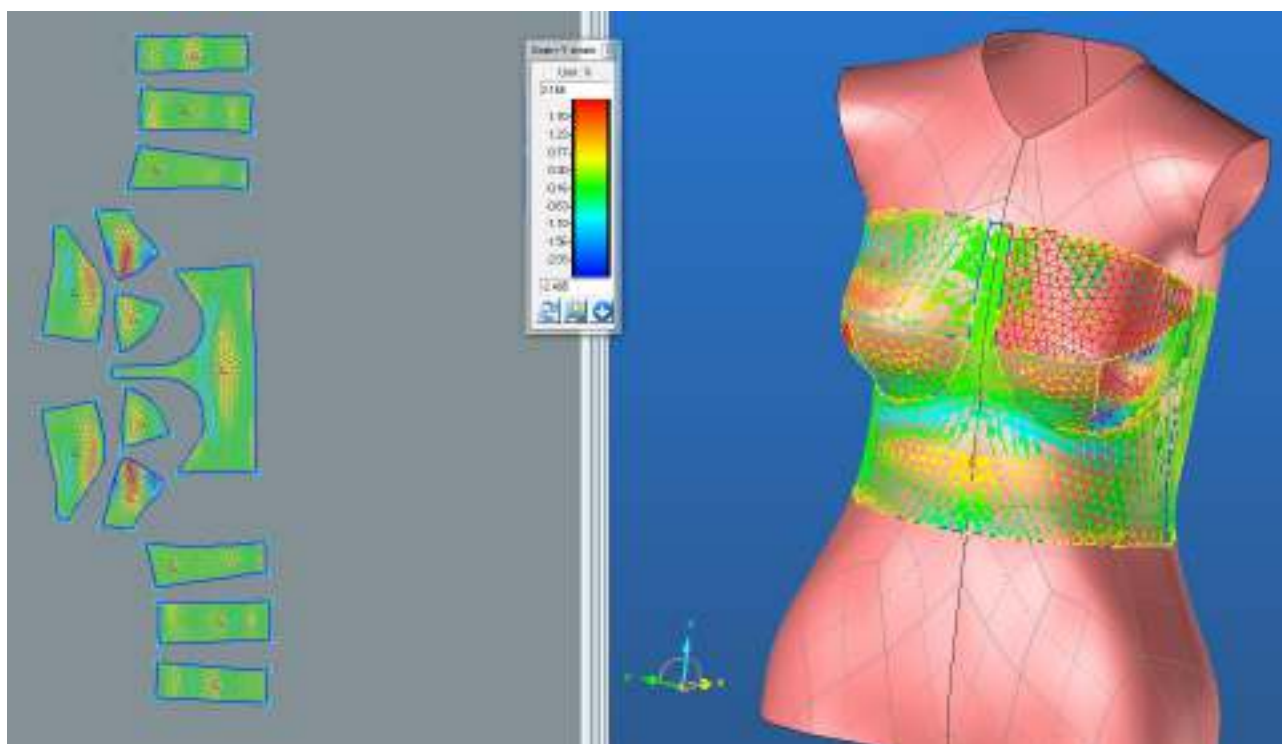


LIMIT

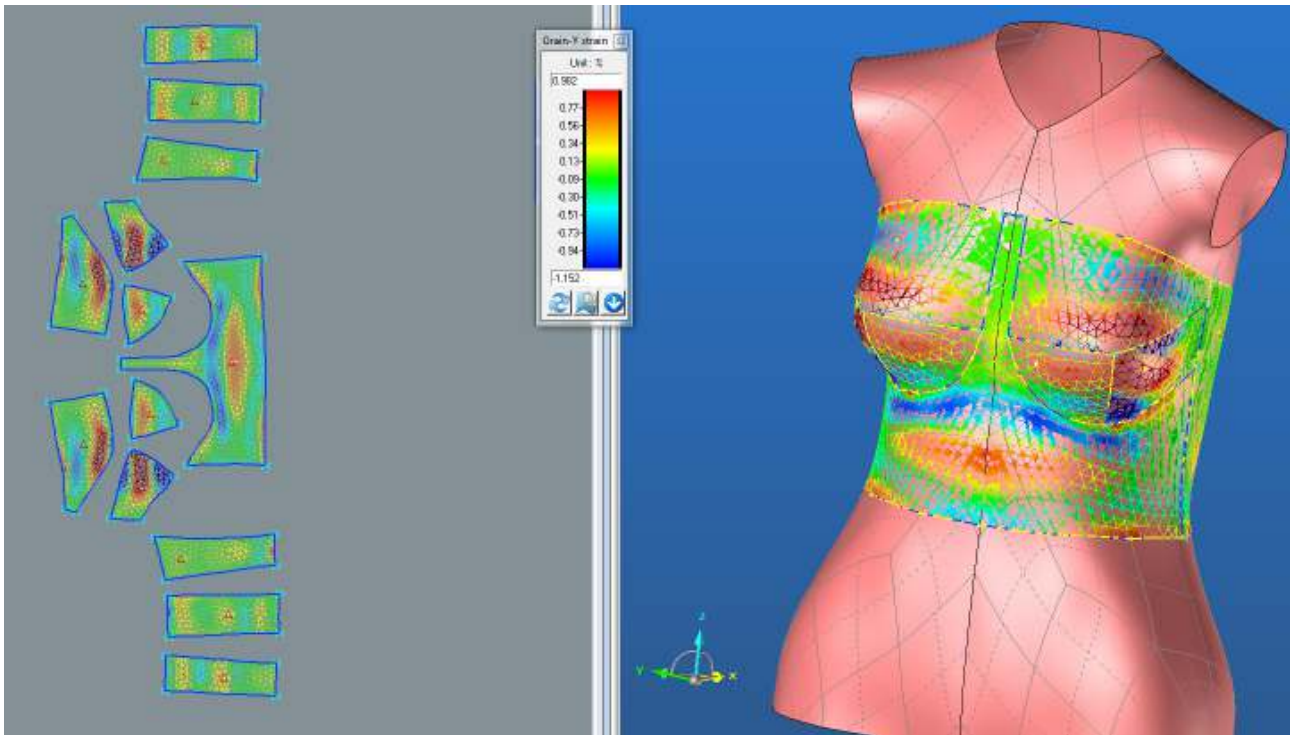


3.1.1.2. Grain-Y

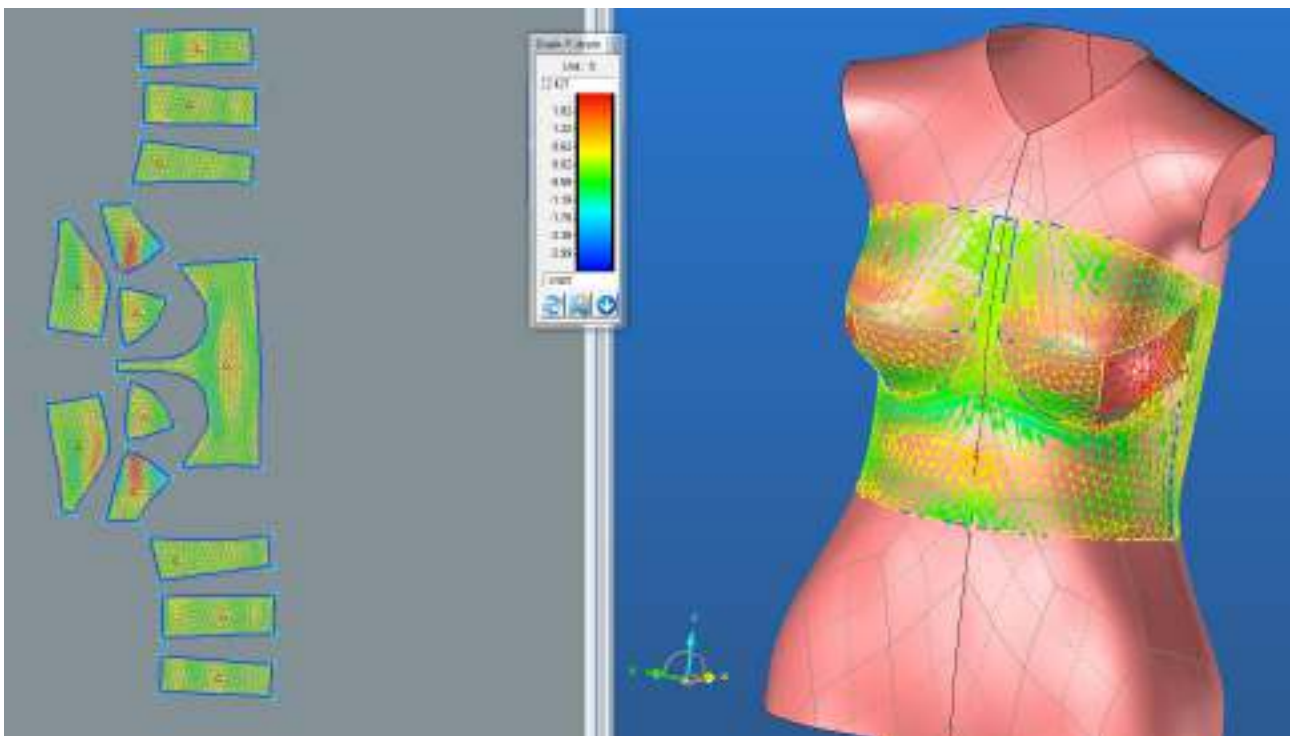
PD1



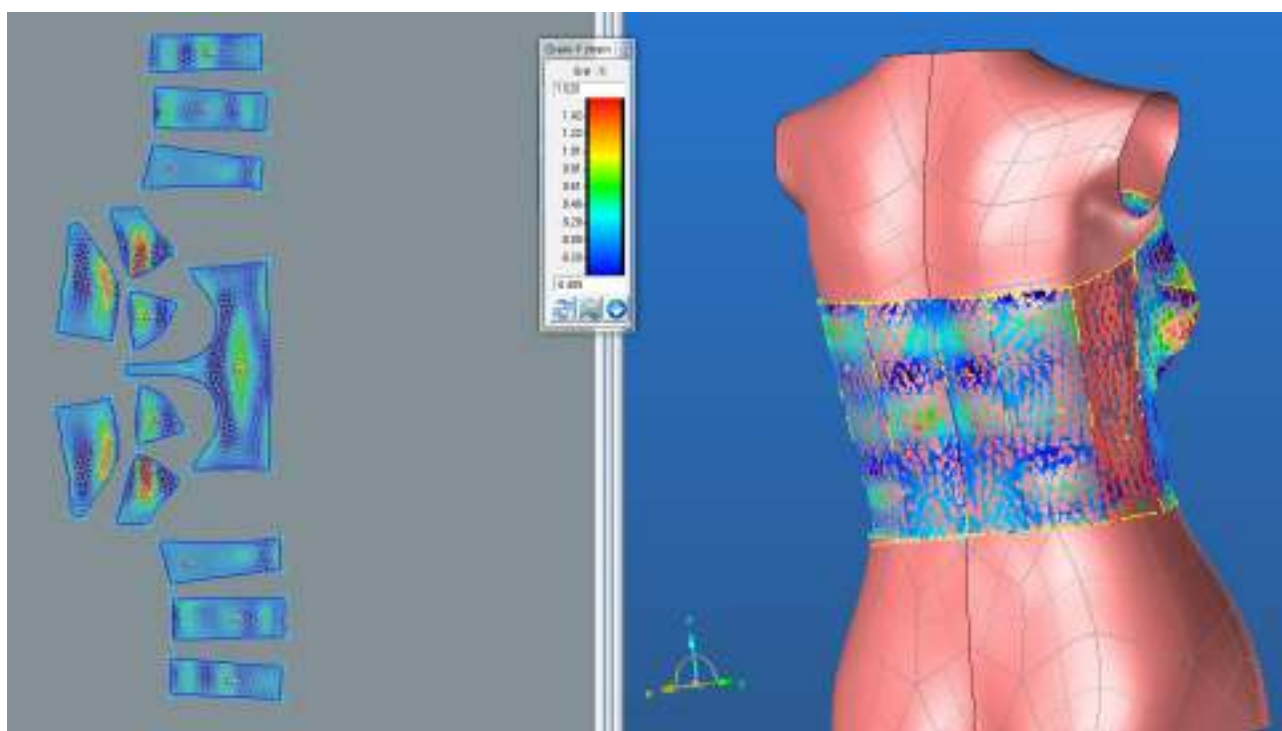
PD2



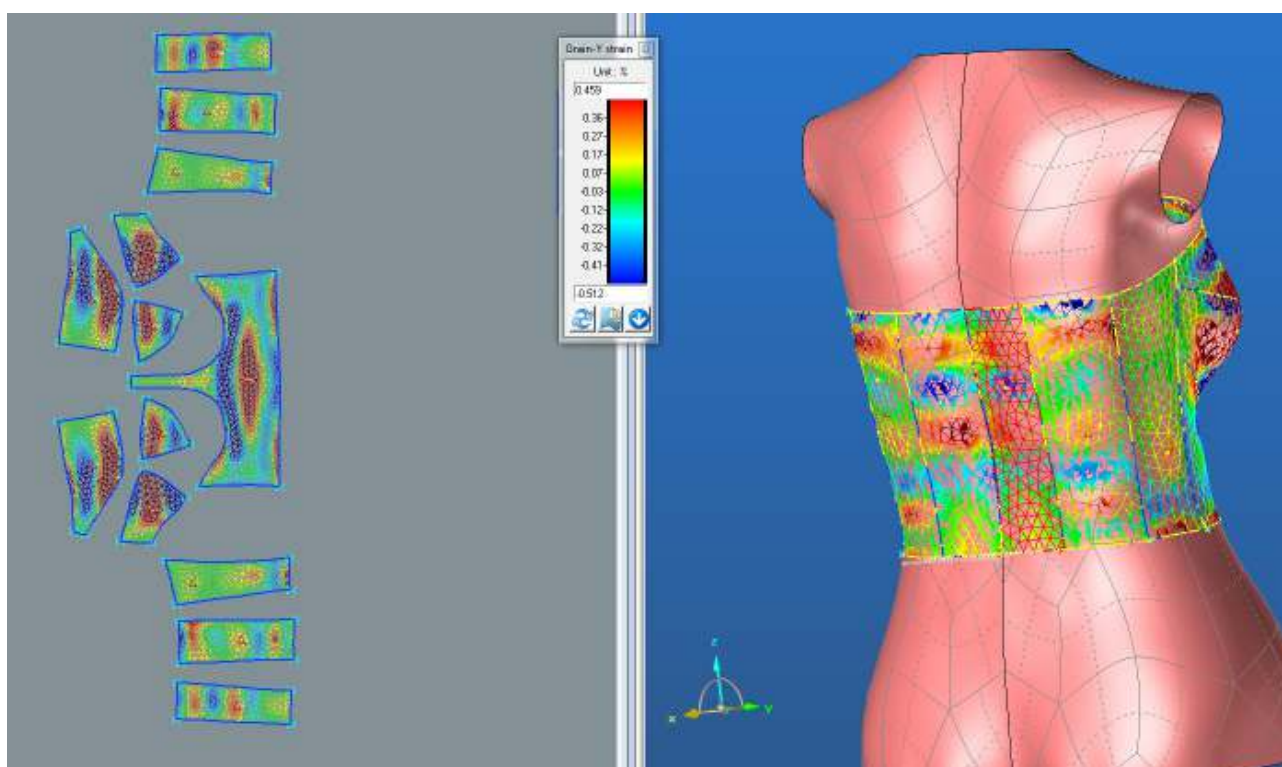
PD3



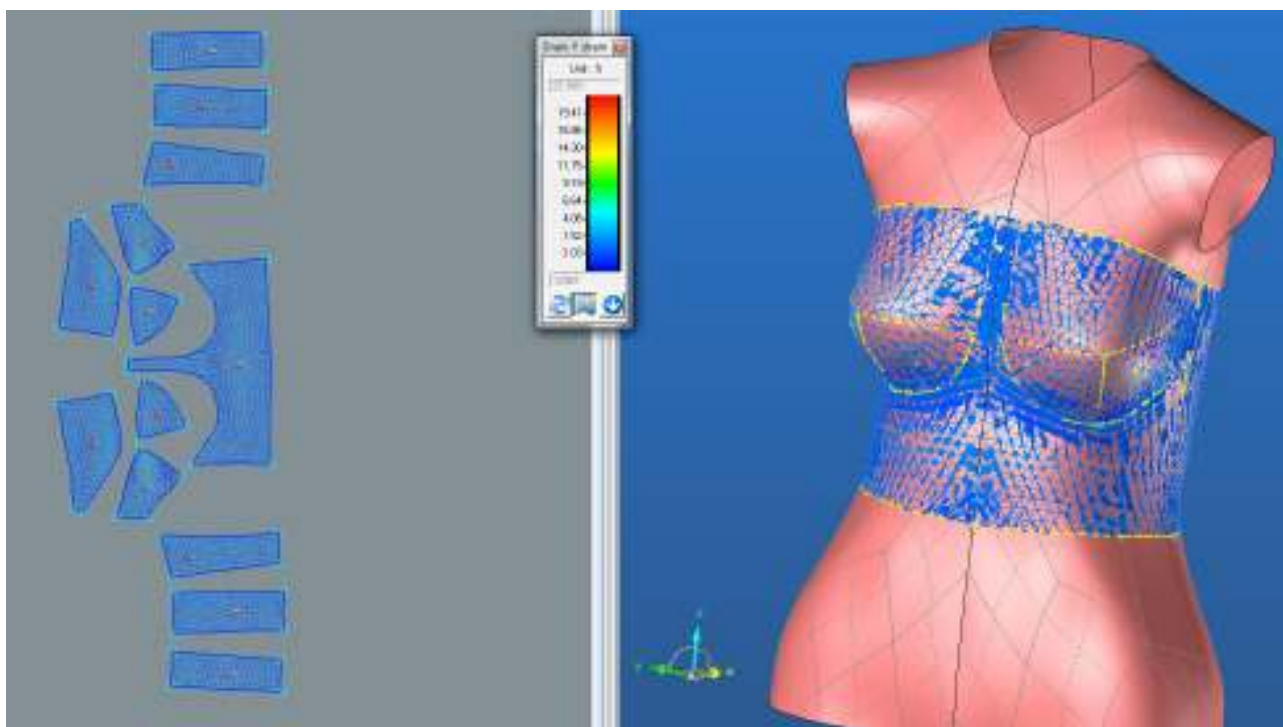
ZD1



ZD2

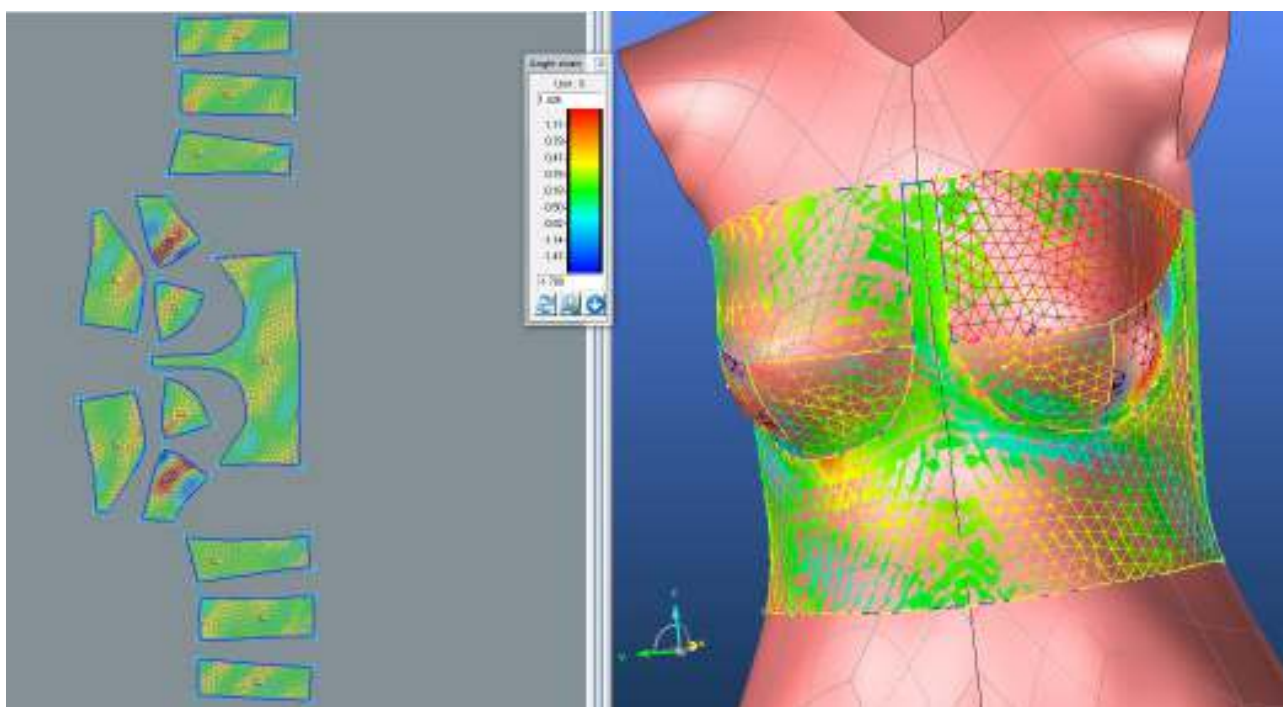


LIMIT

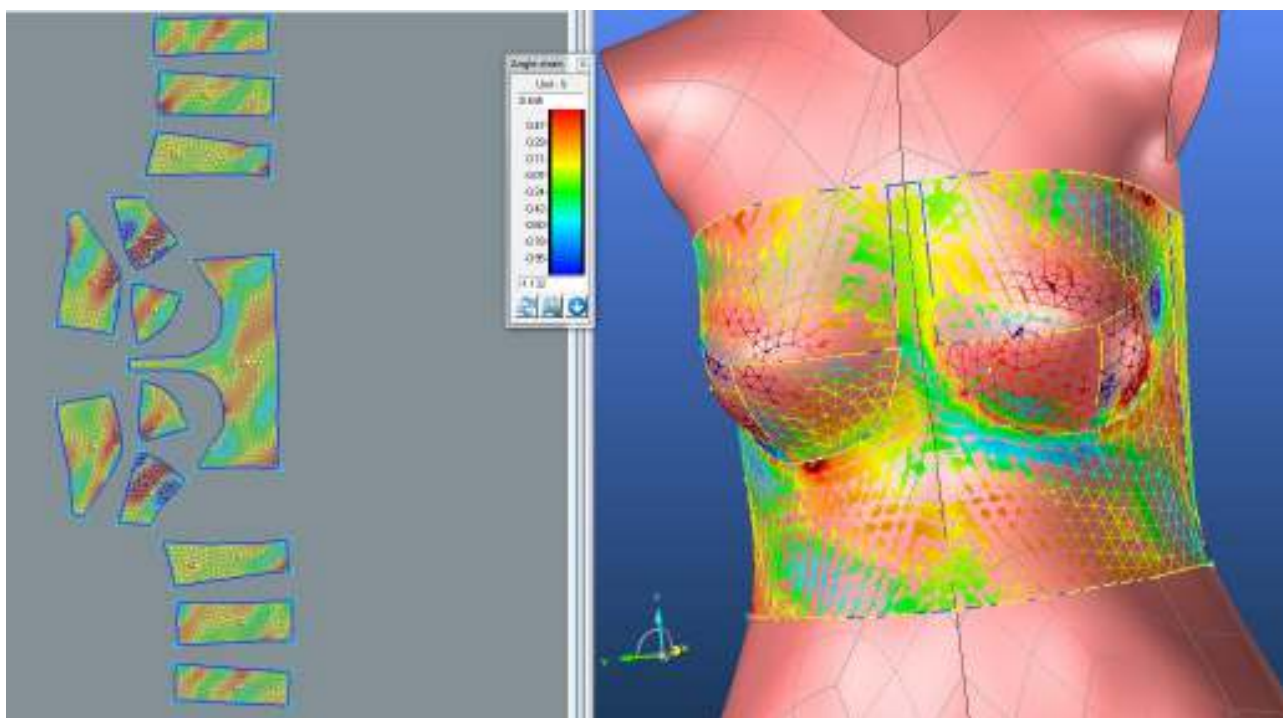


3.1.1.3. Bias 45° Strain

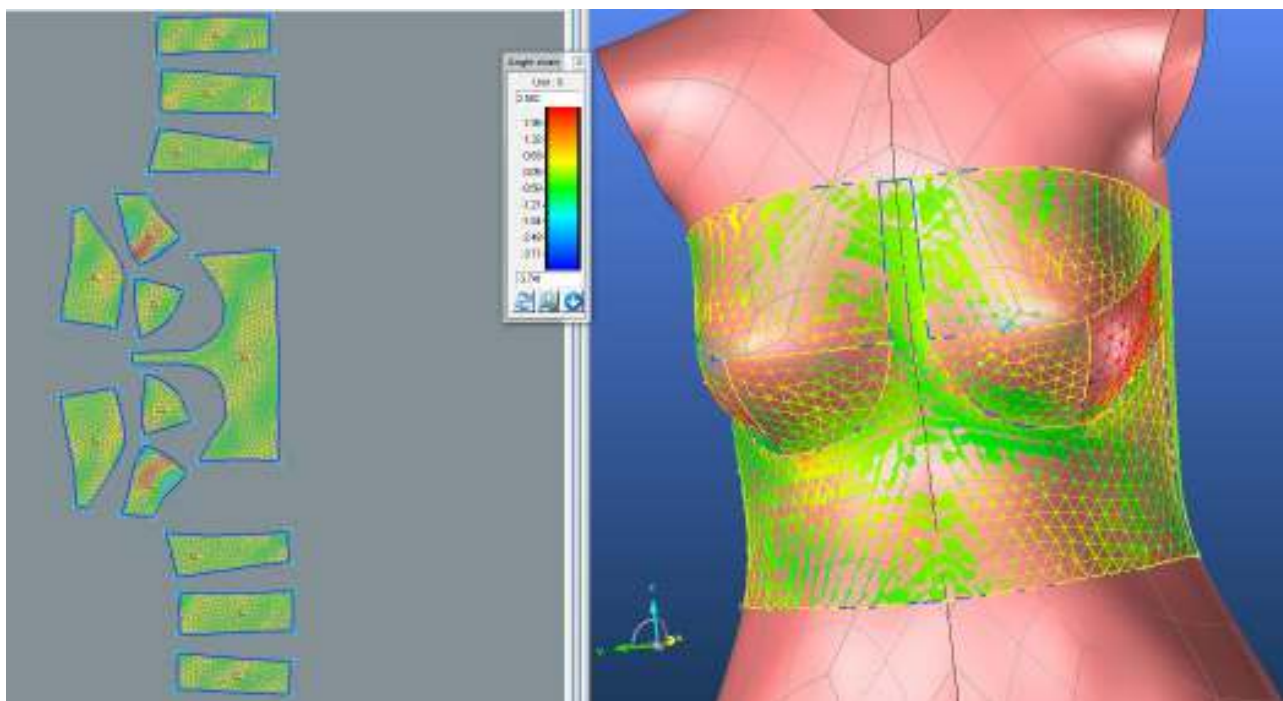
PD1



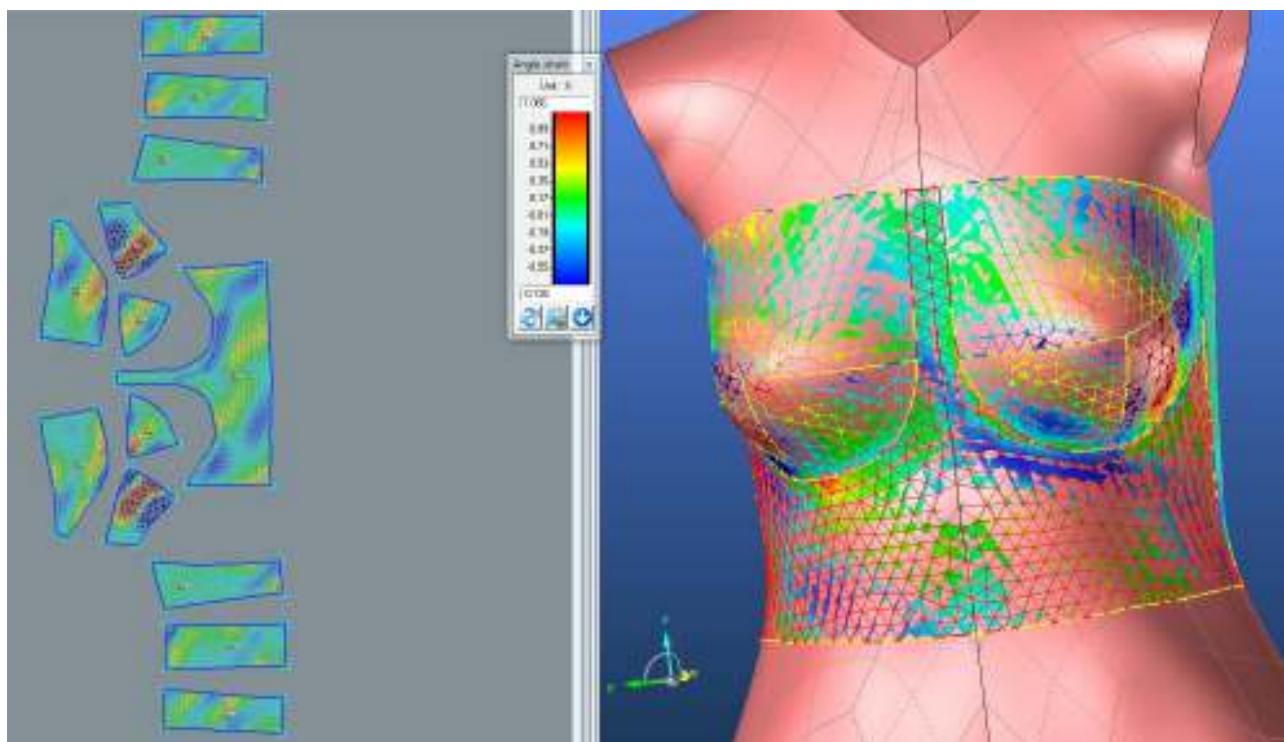
PD2



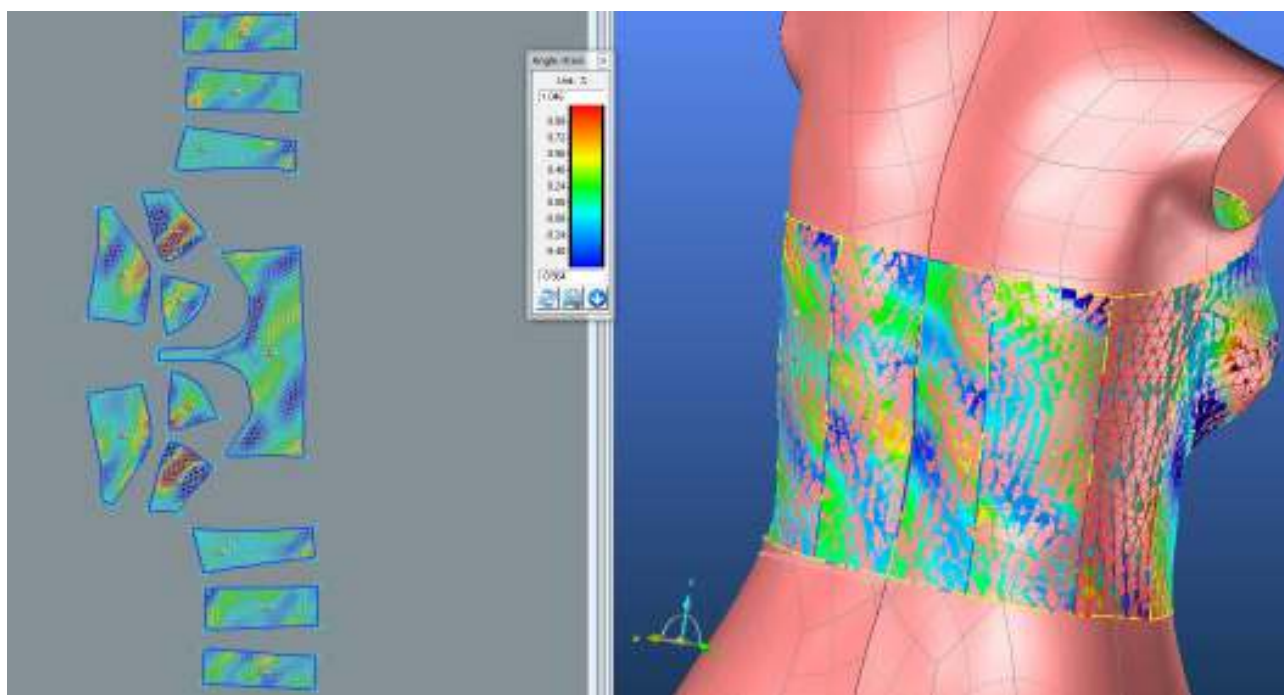
PD3



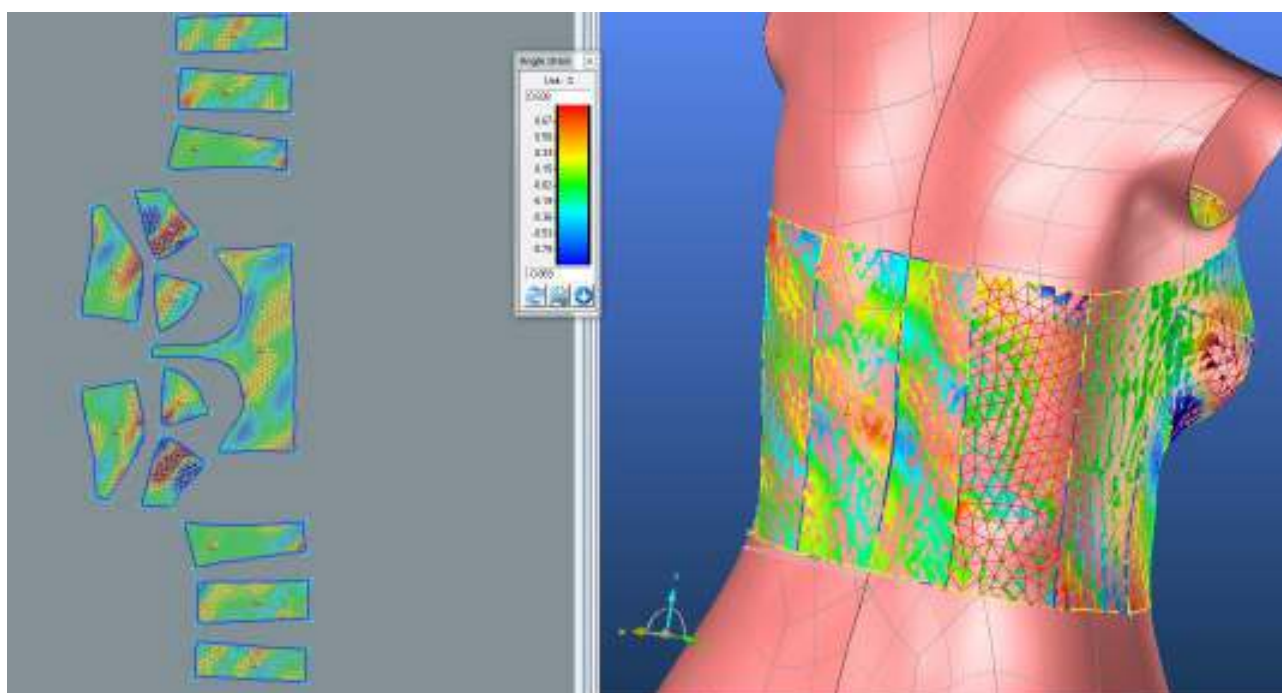
SEDLO



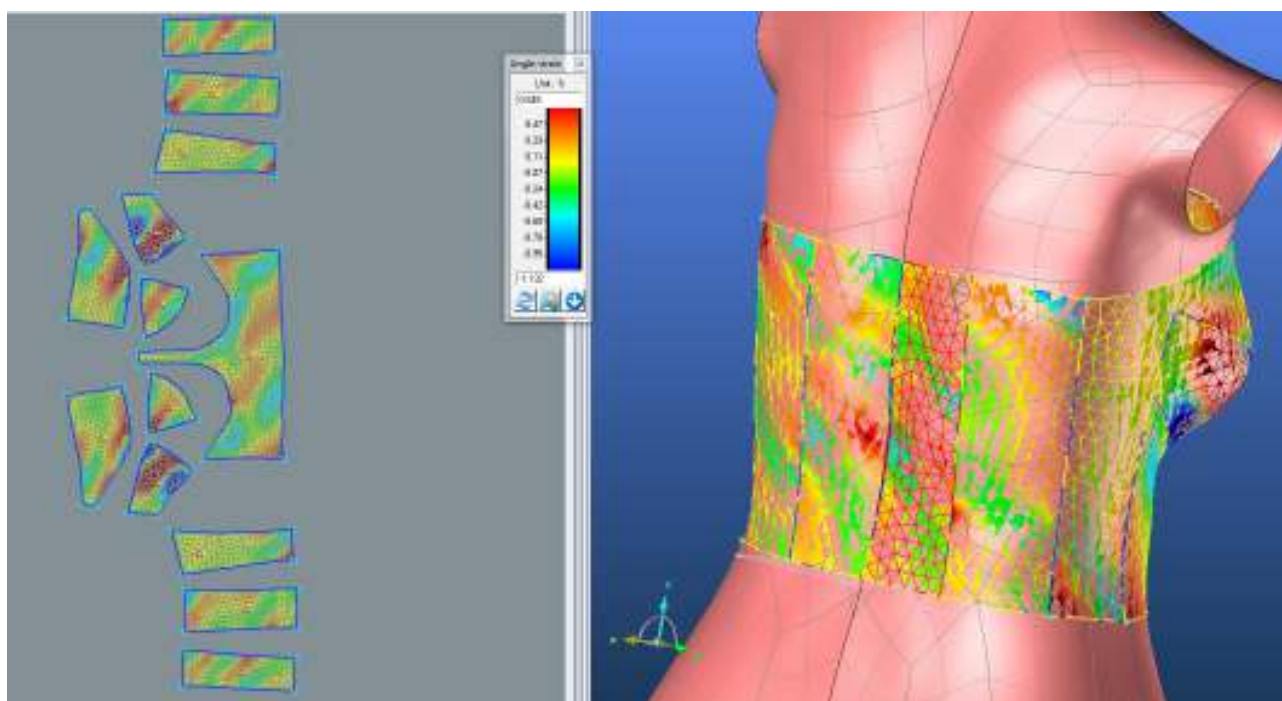
ZD1



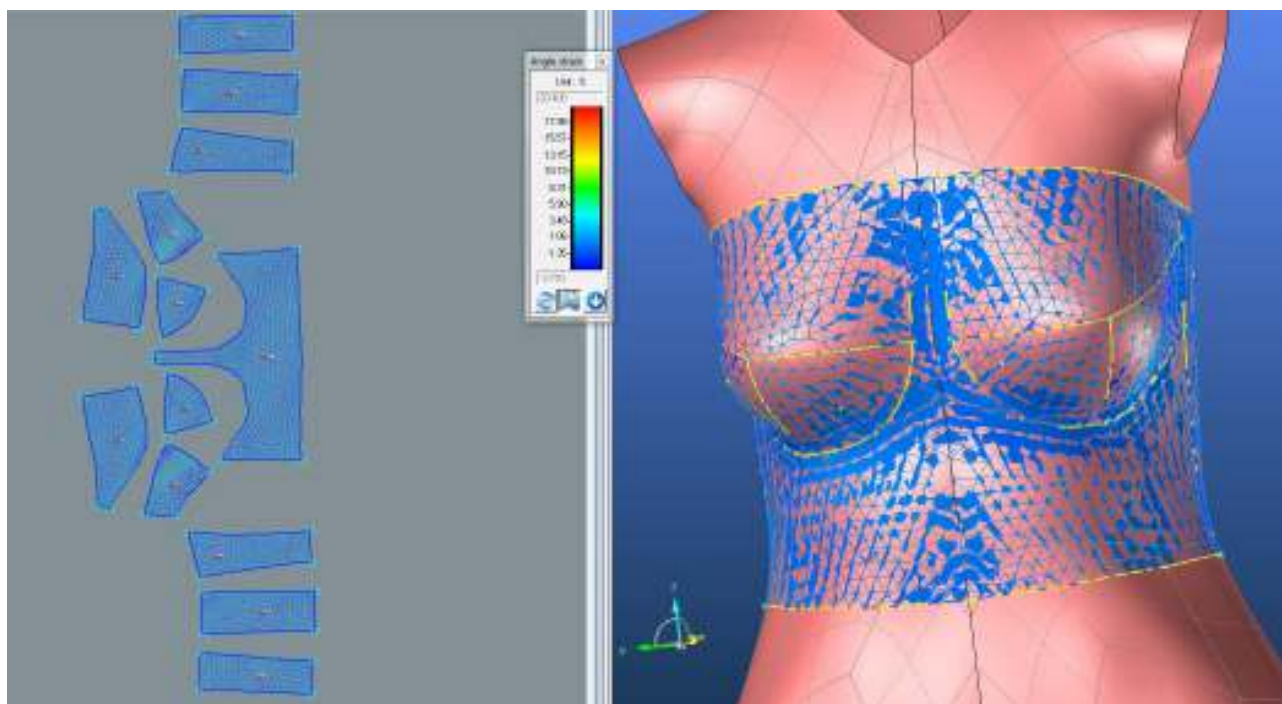
ZD2



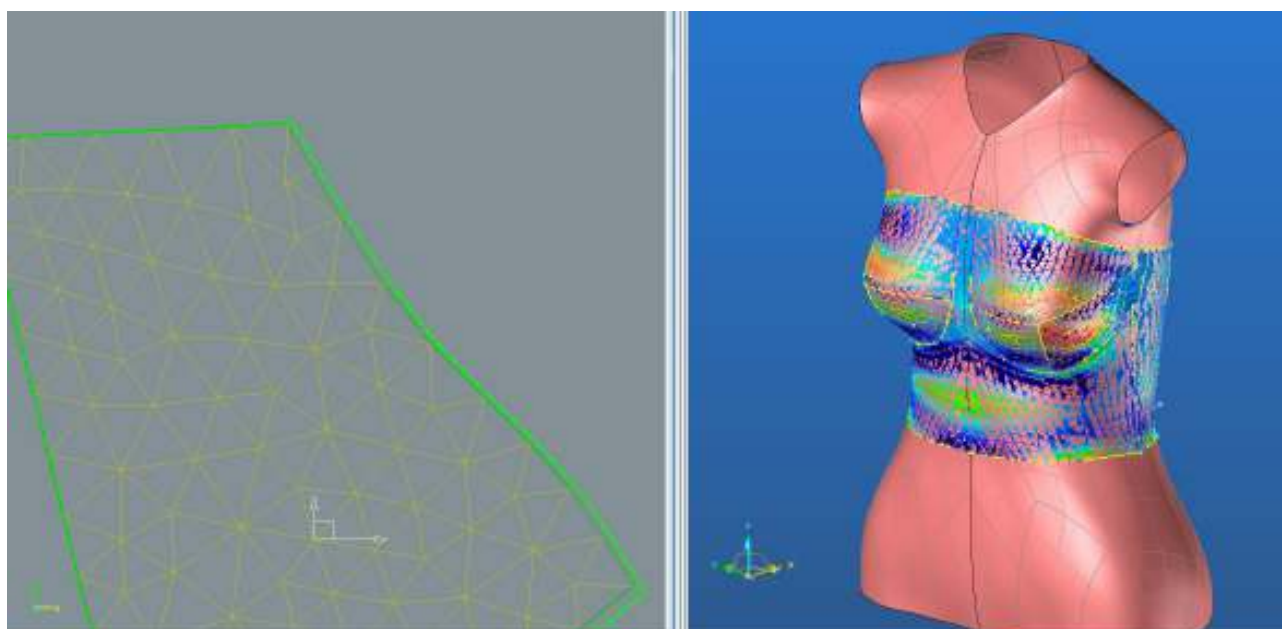
ZD3



LIMIT



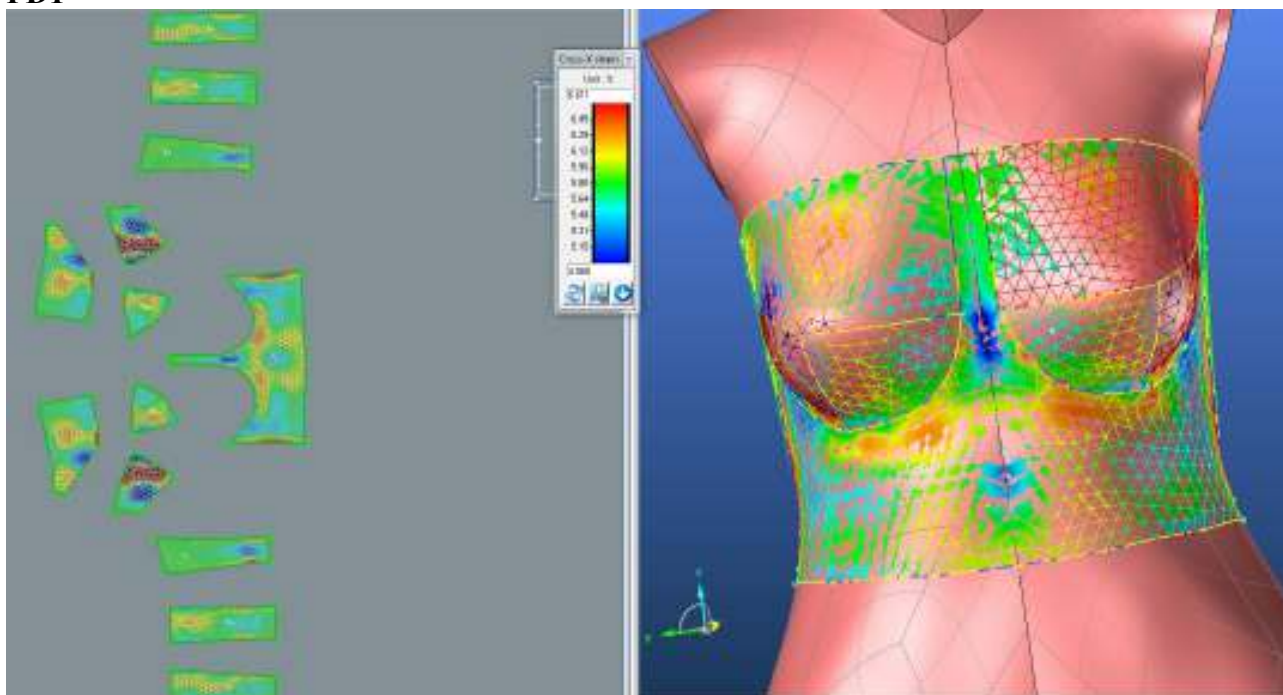
3.1.2. Optimalizace materiálu M1



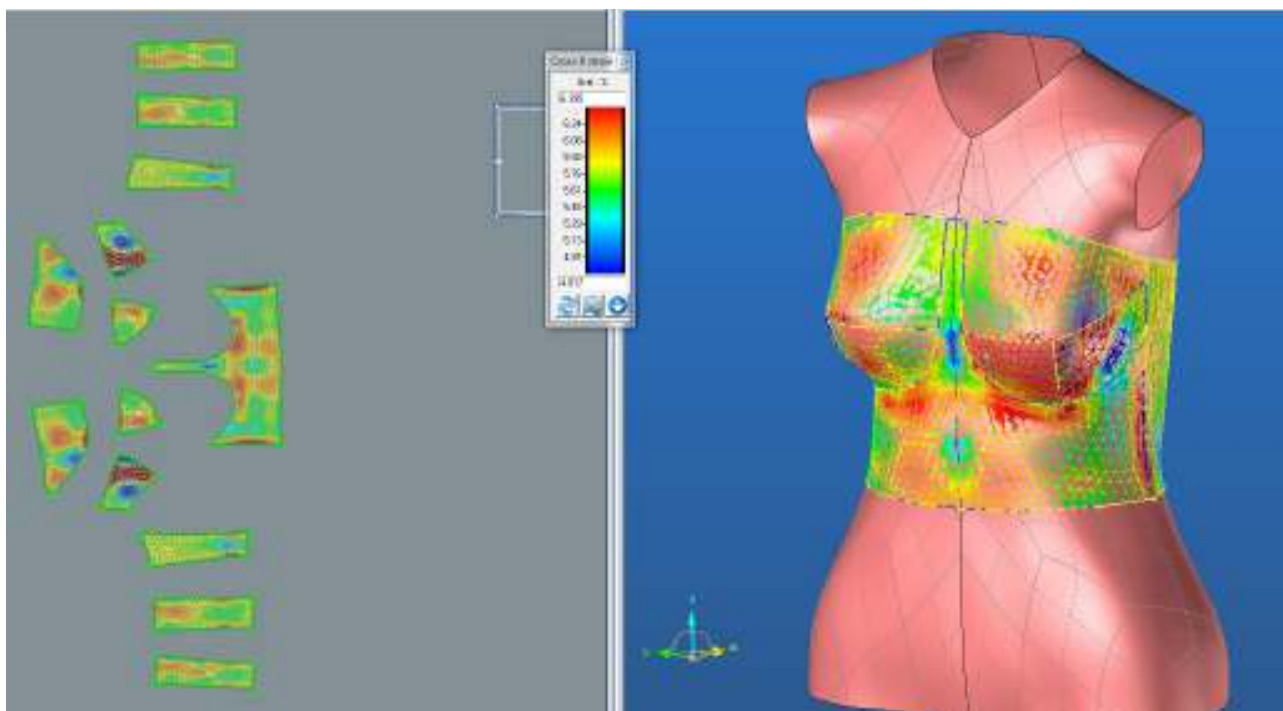
3.2.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

3.2.2.1. Cross-X strain

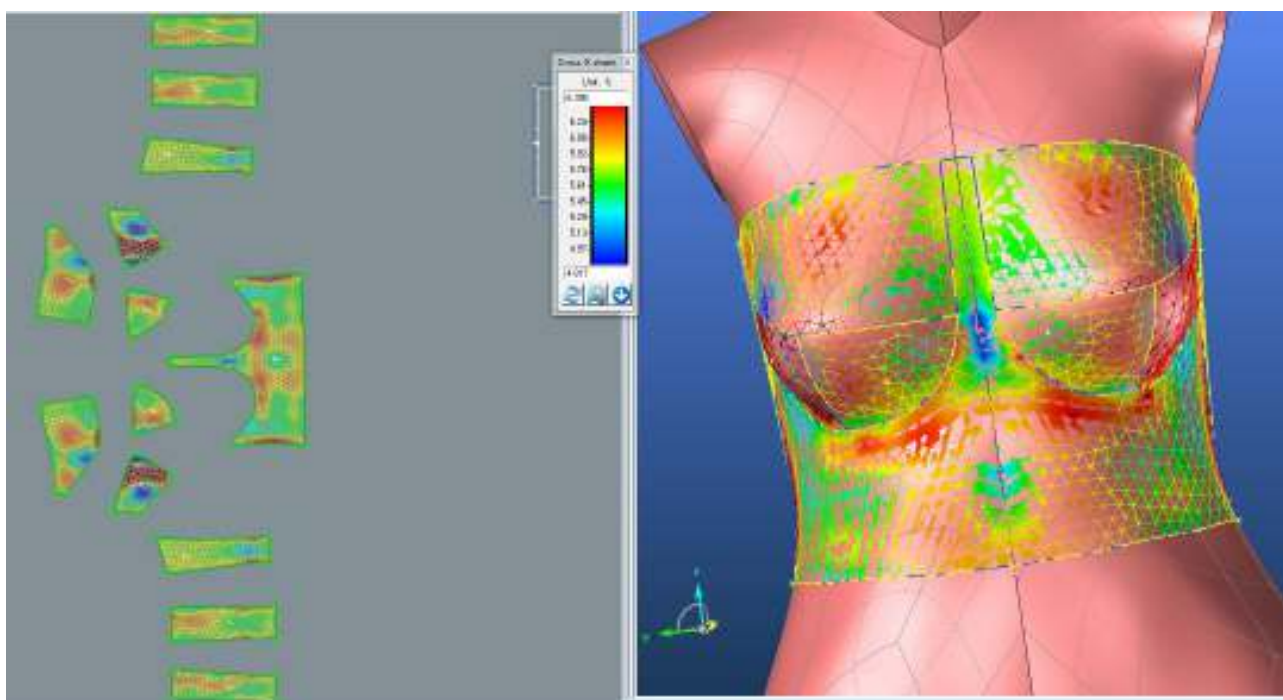
PD1



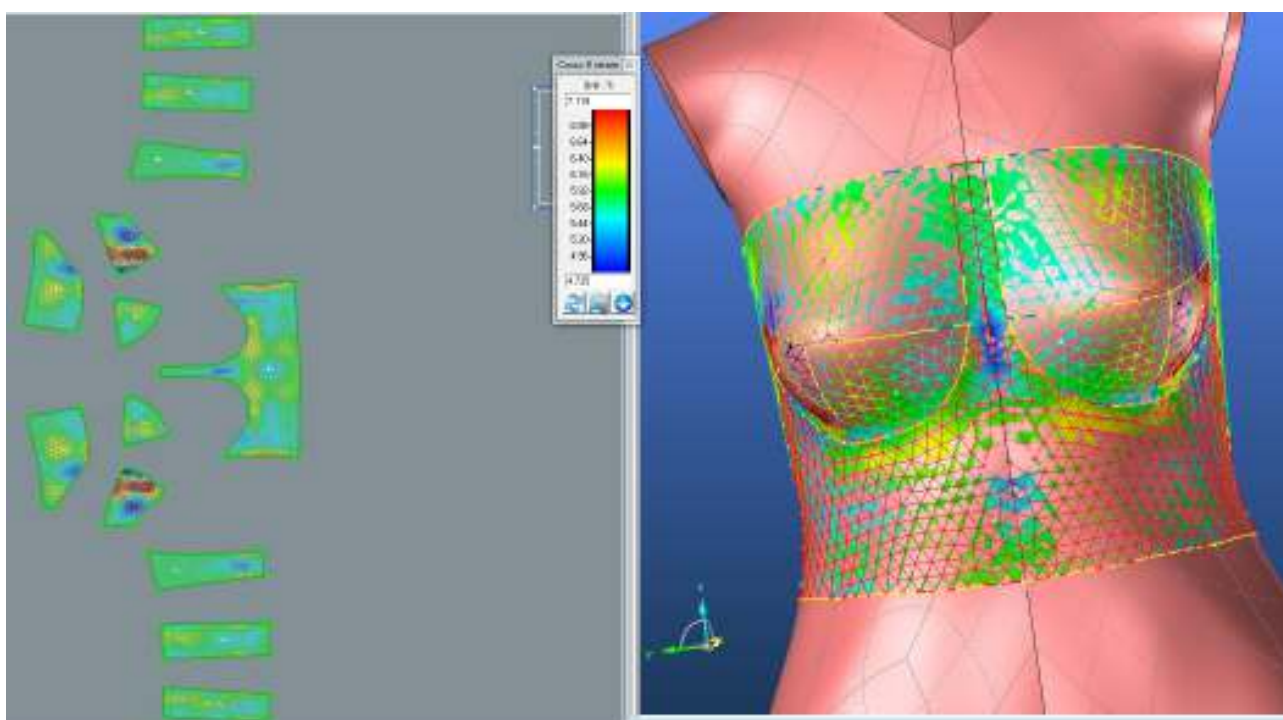
PD2



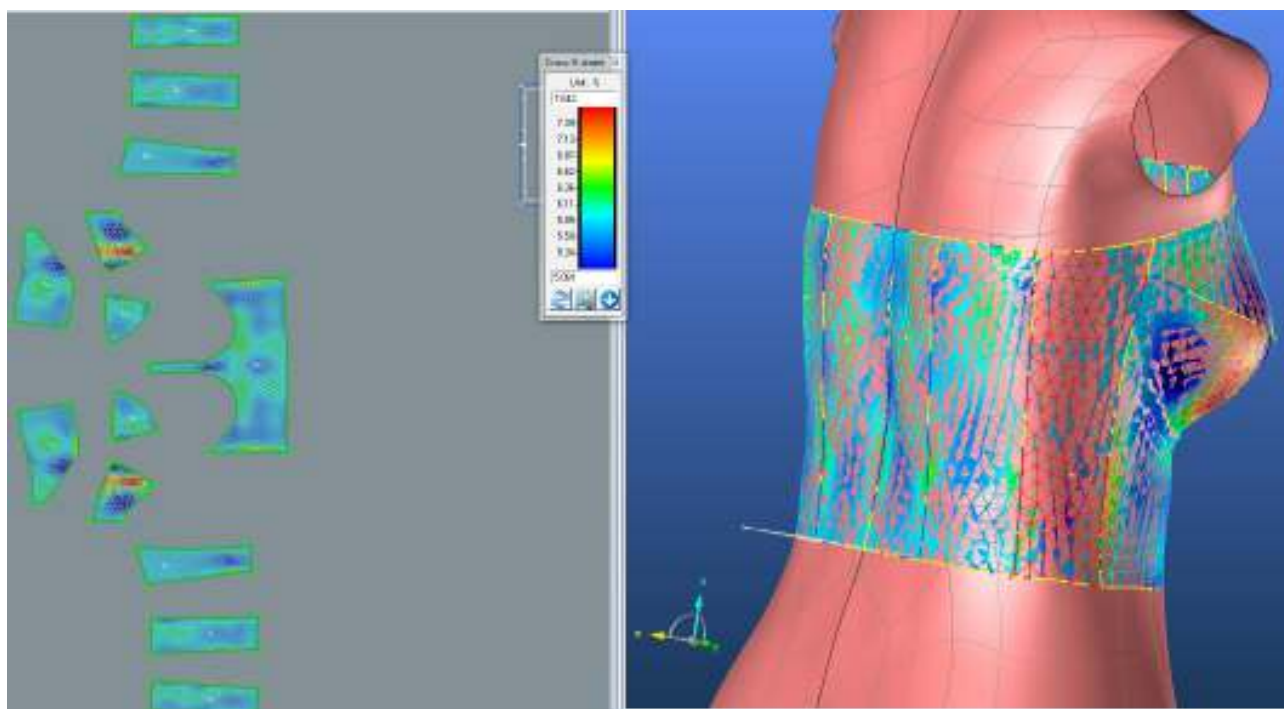
PD3



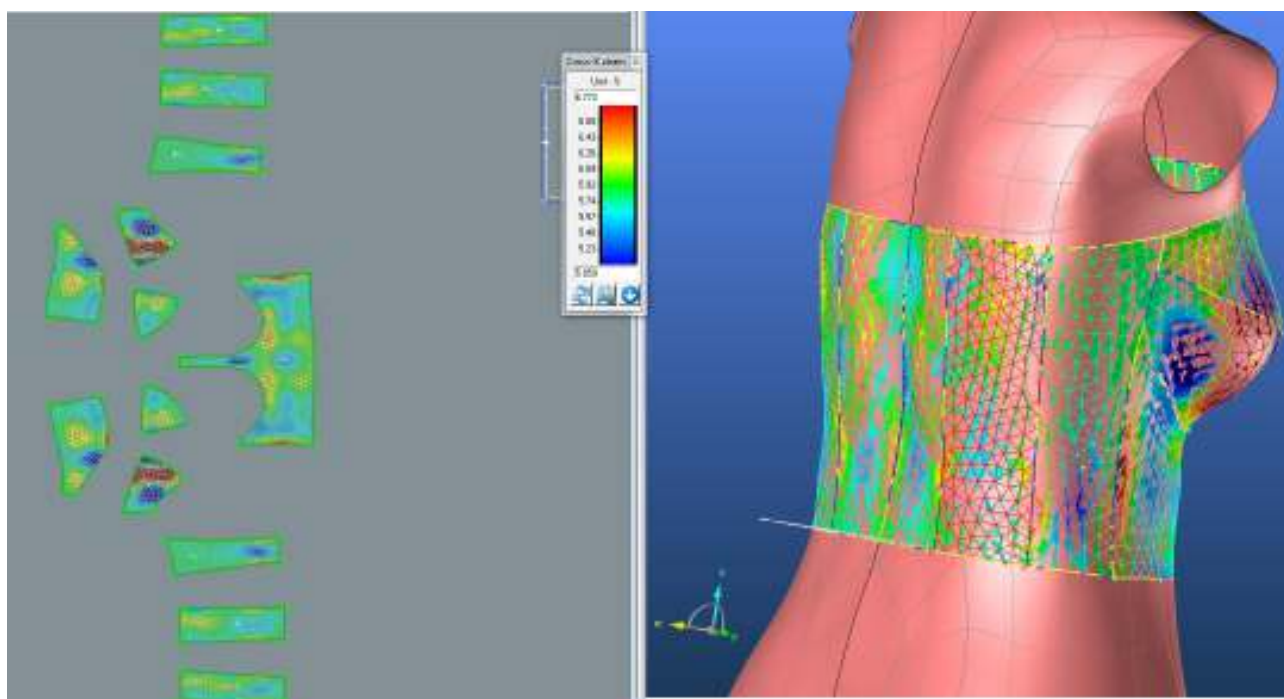
SEDLO



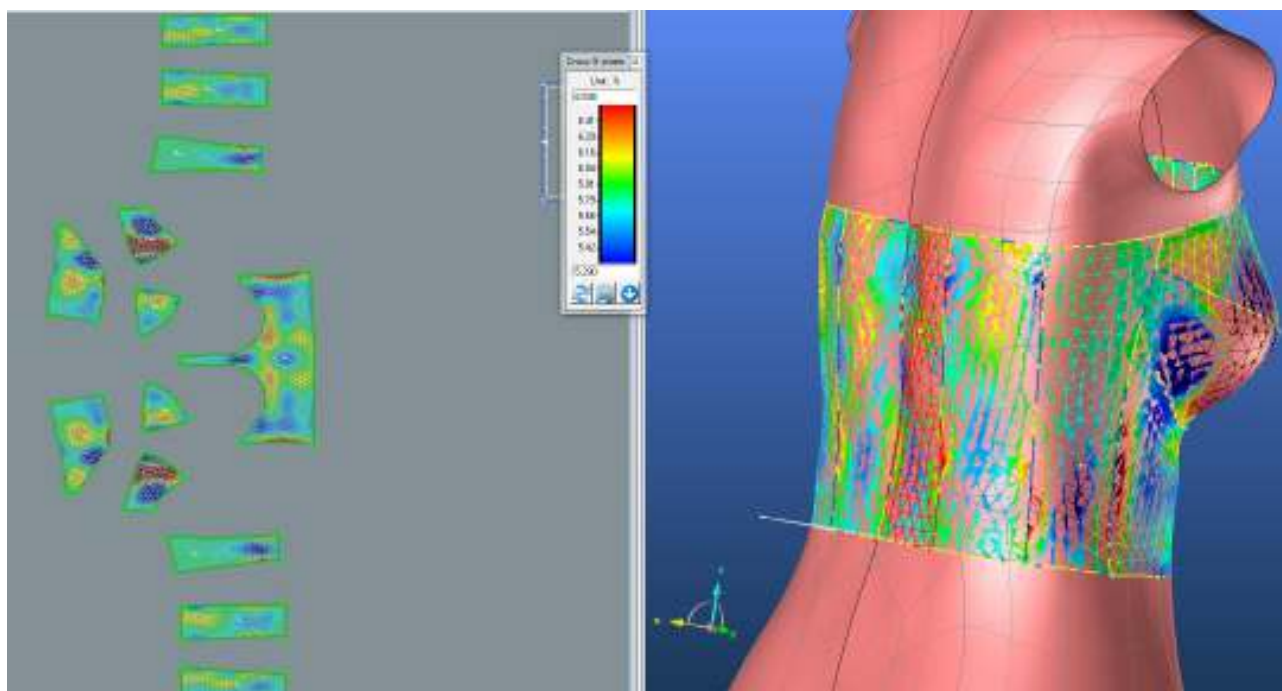
ZD1



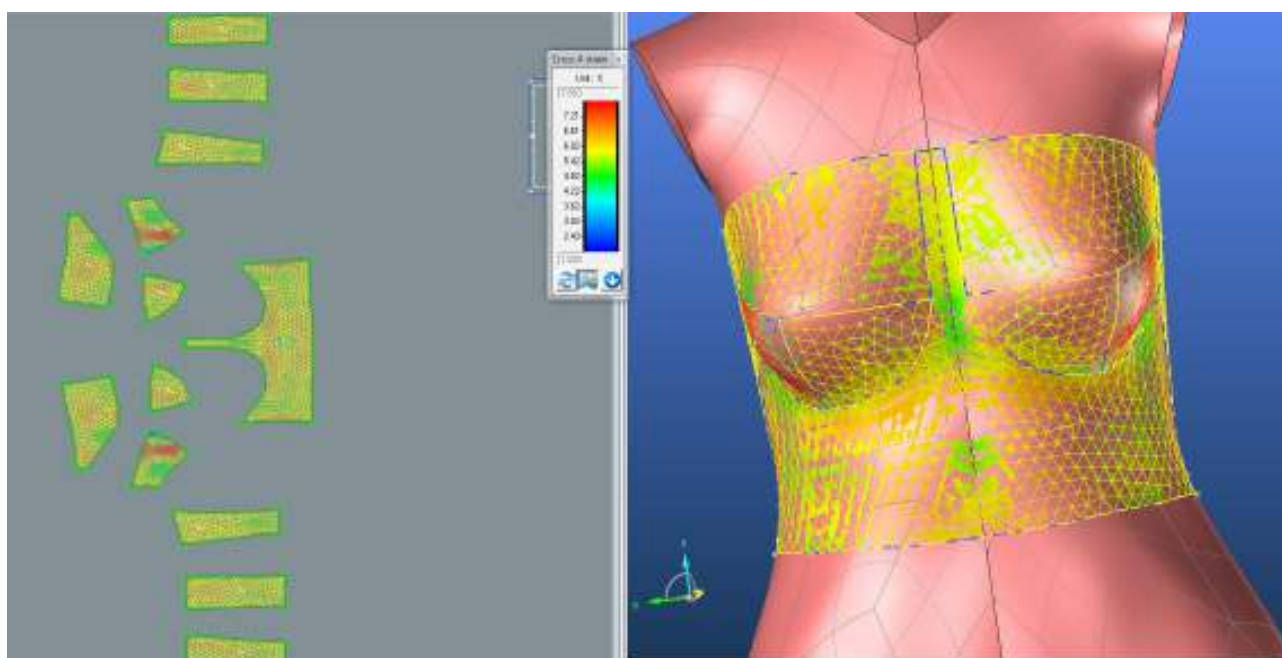
ZD2



ZD3

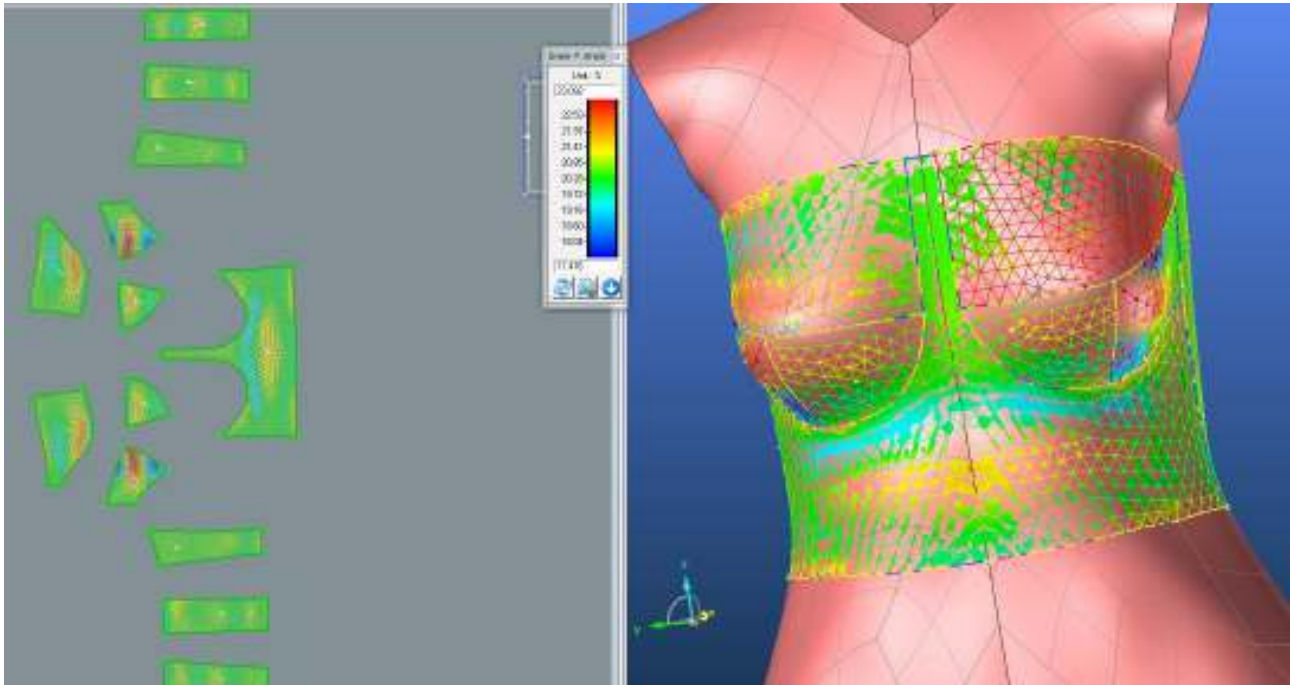


LIMIT

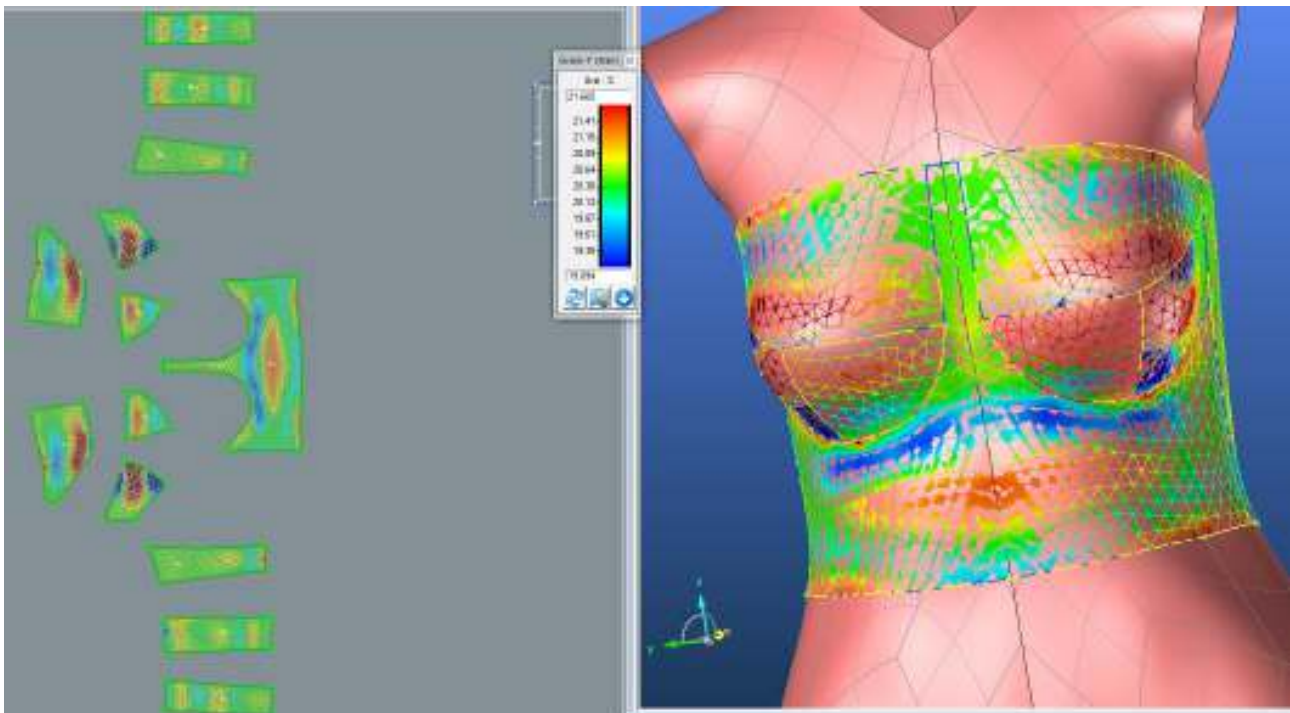


3.2.2.2. Grain-Y strain

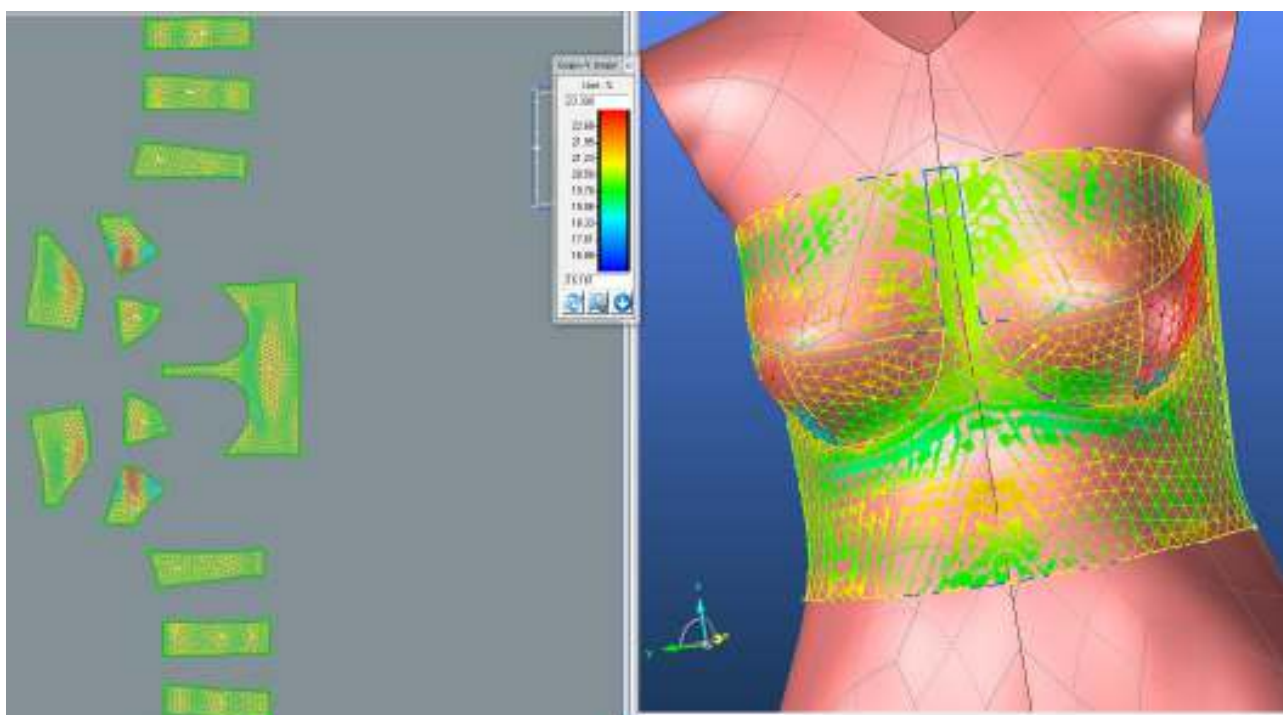
PD1



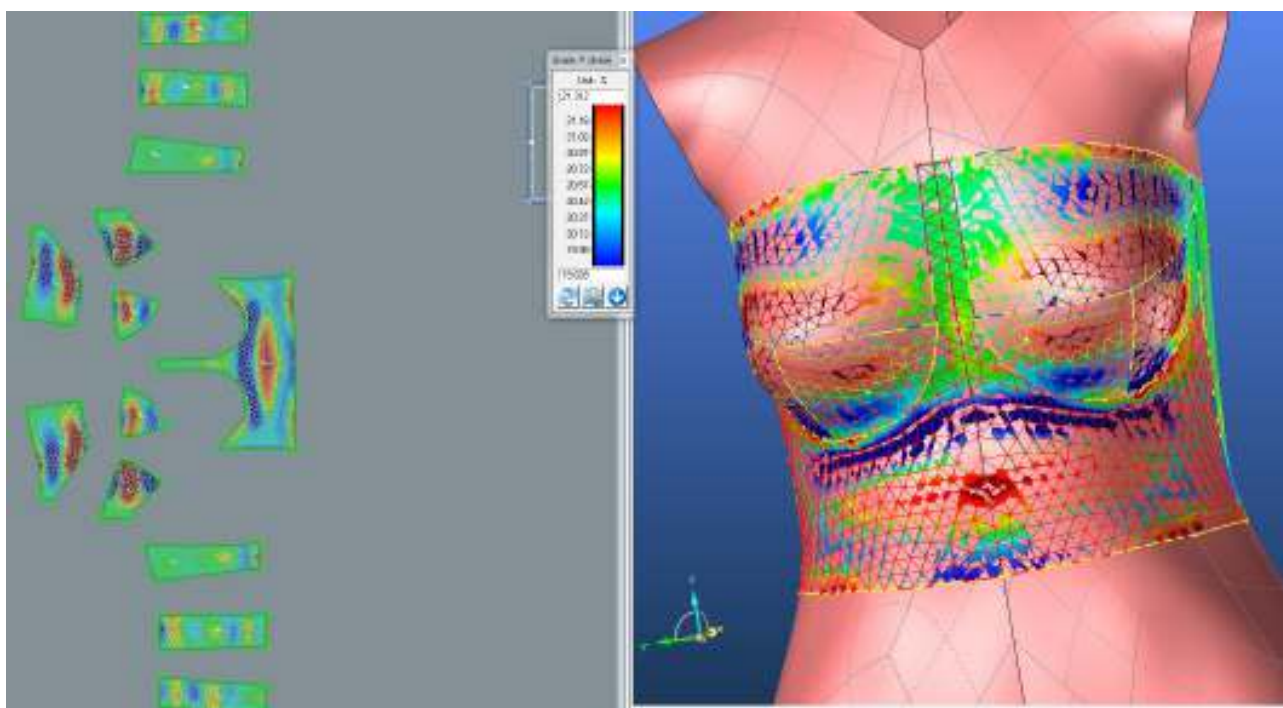
PD2



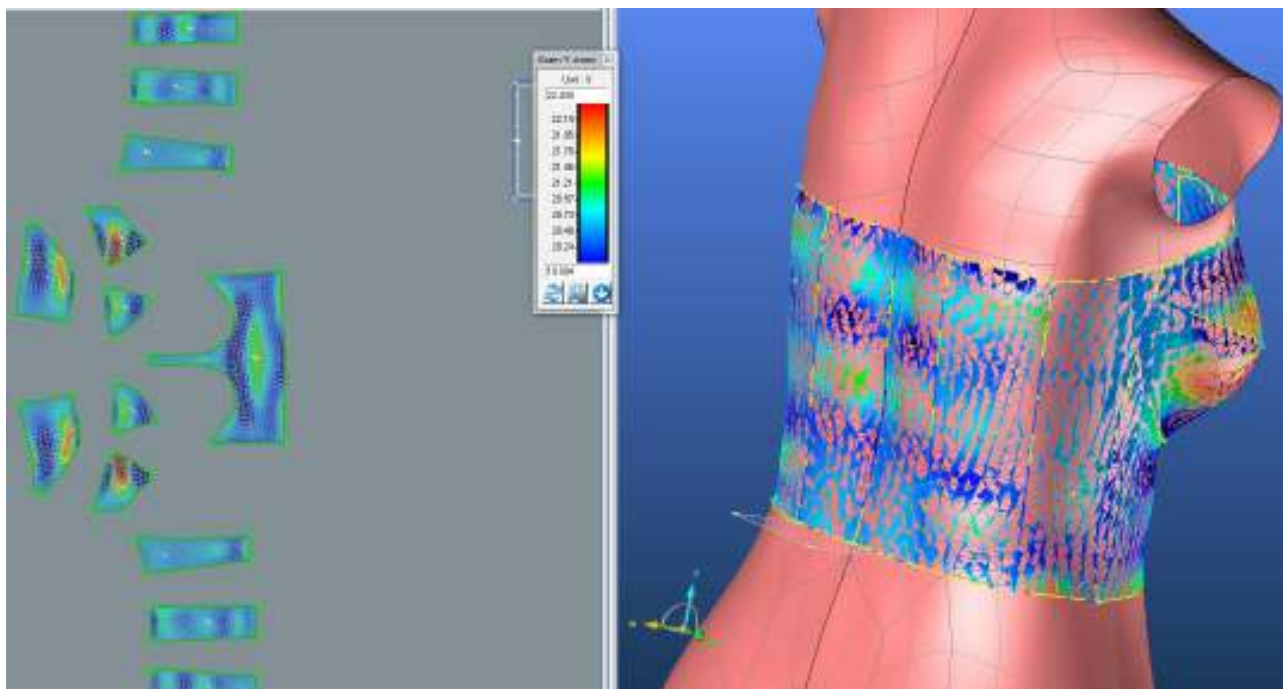
PD3



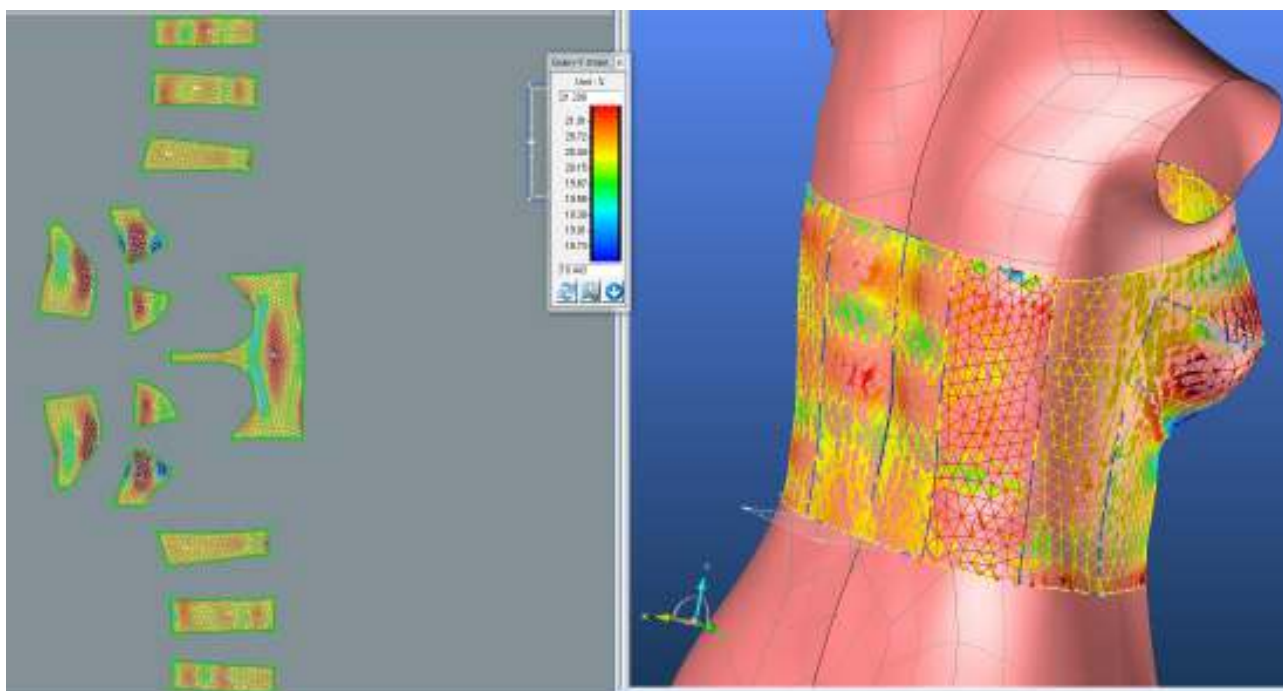
SEDLO



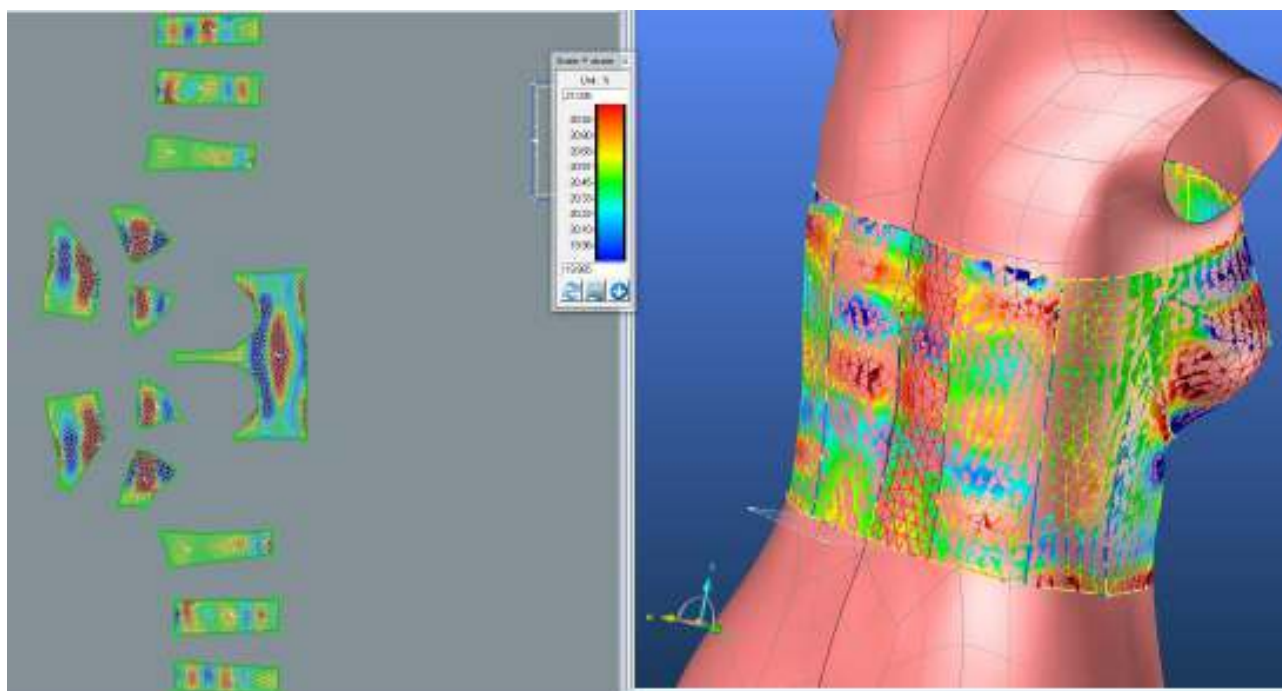
ZD1



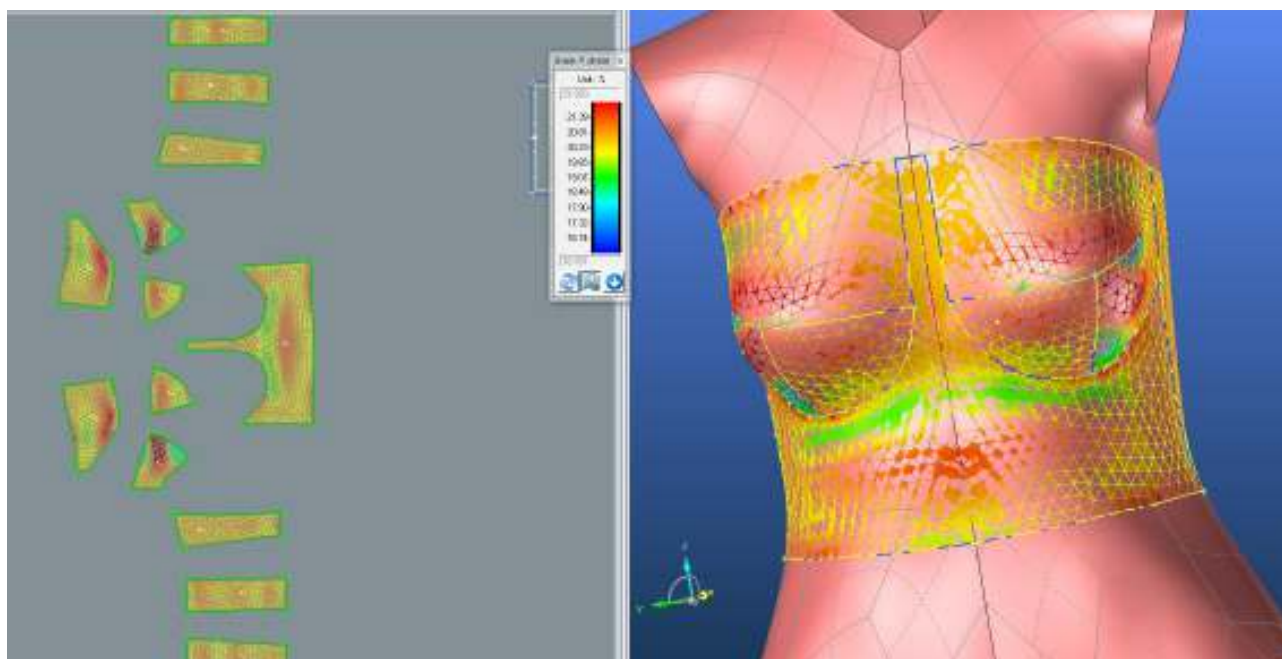
ZD2



ZD3

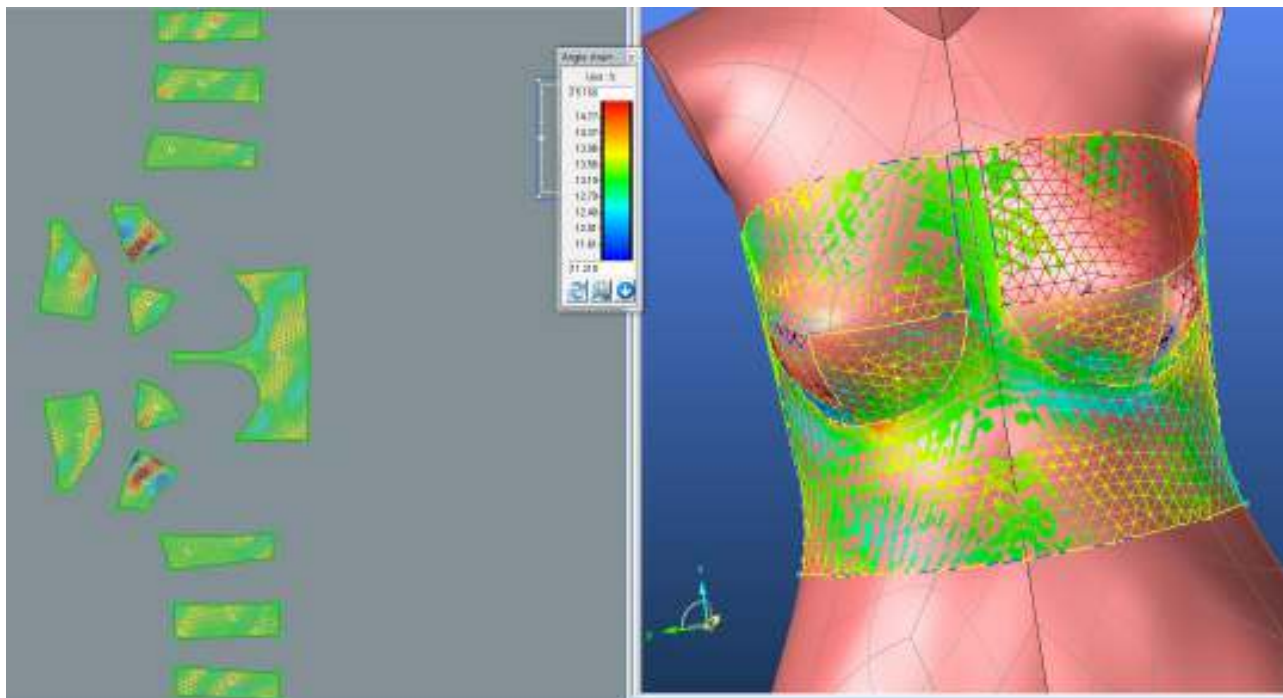


LIMIT

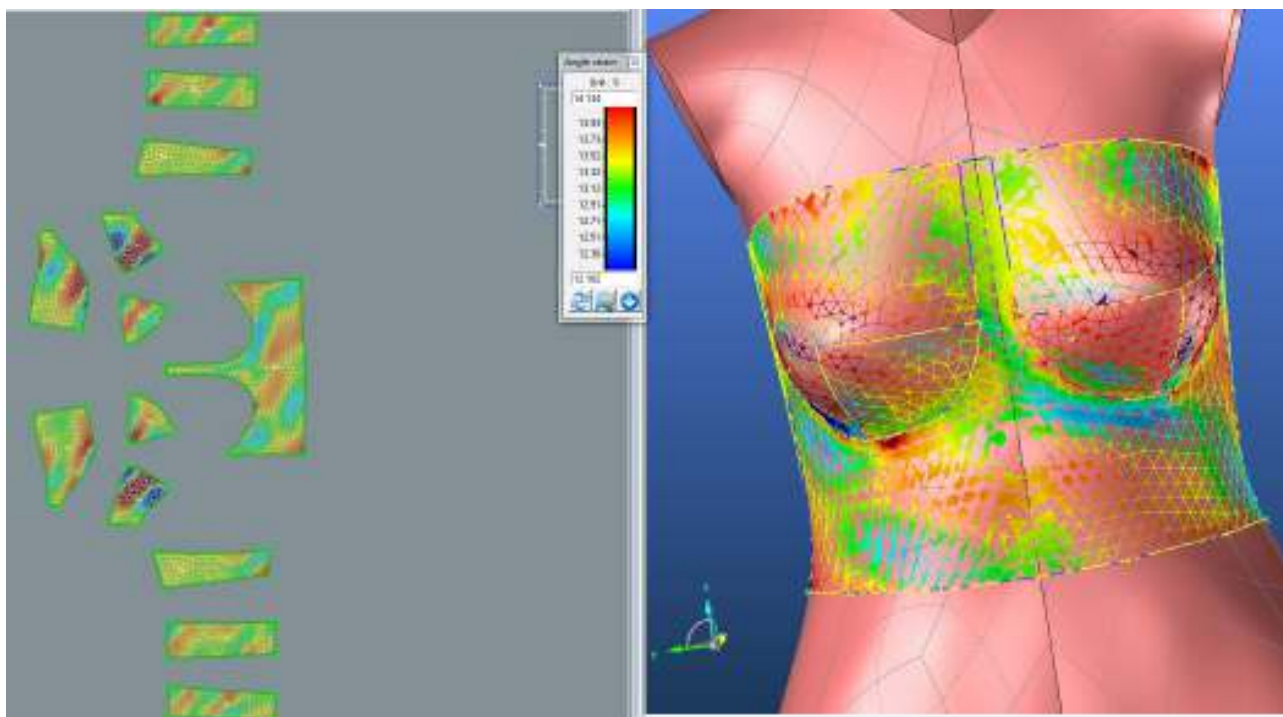


3.2.2.3. Bias 45°strain

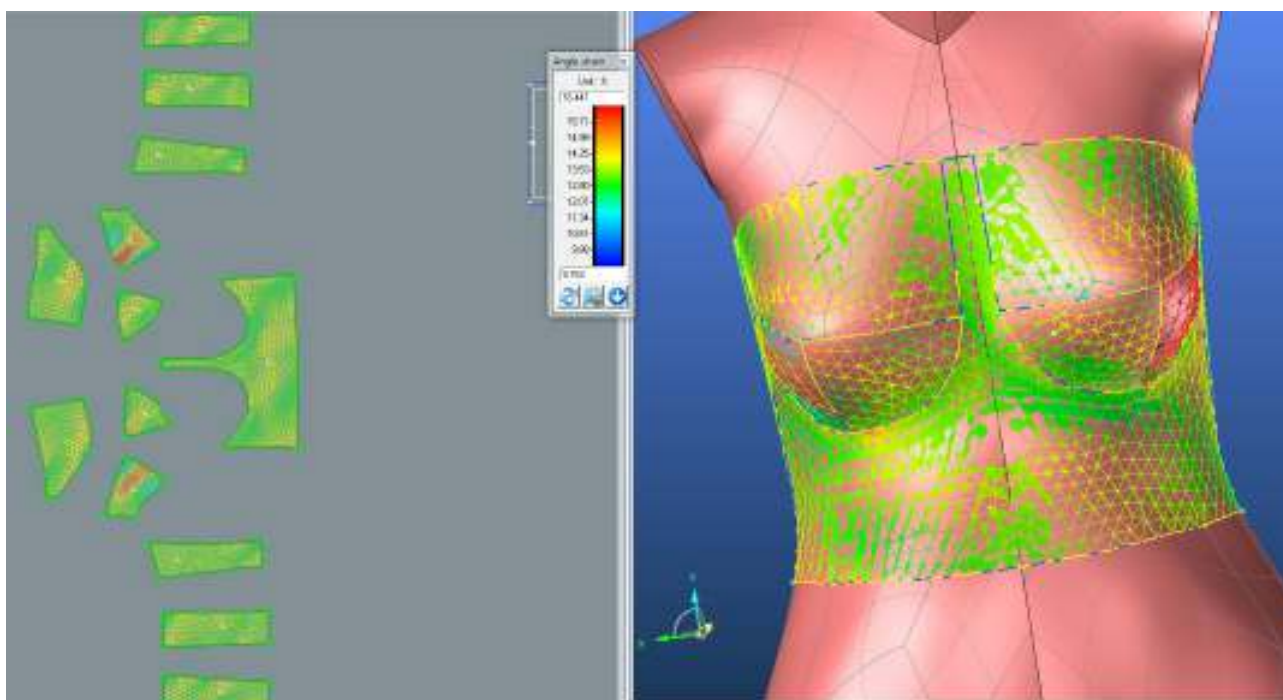
PD1



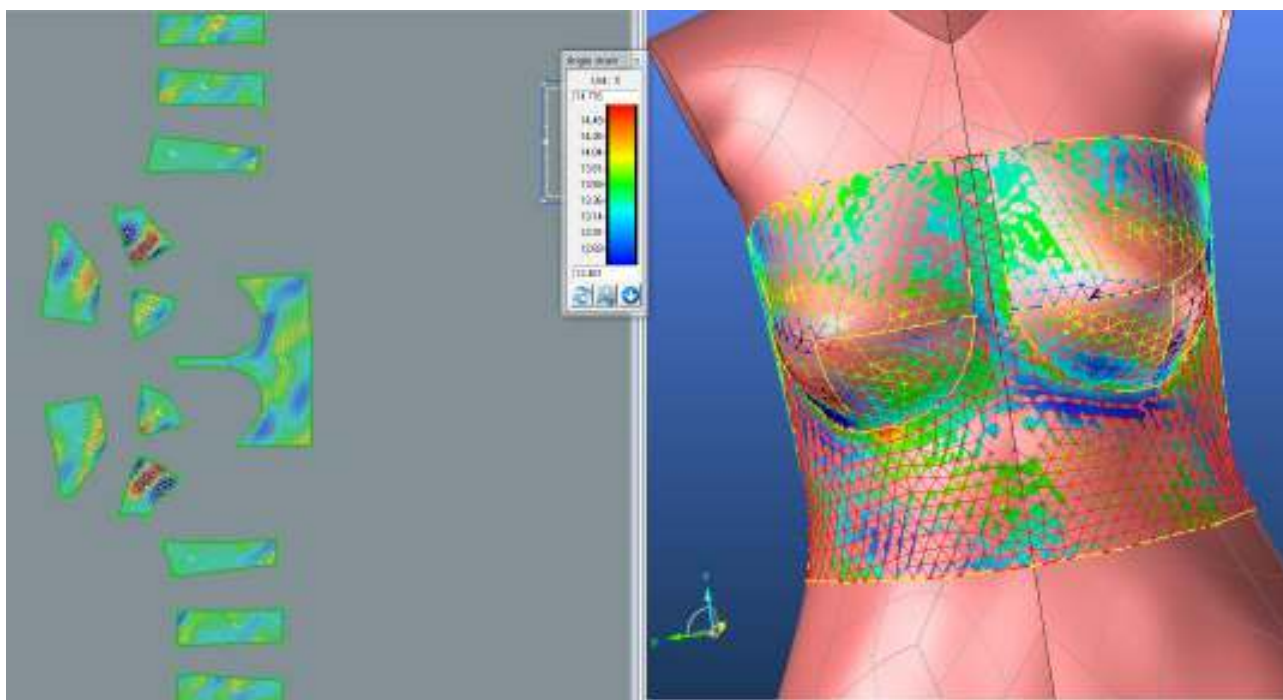
PD2



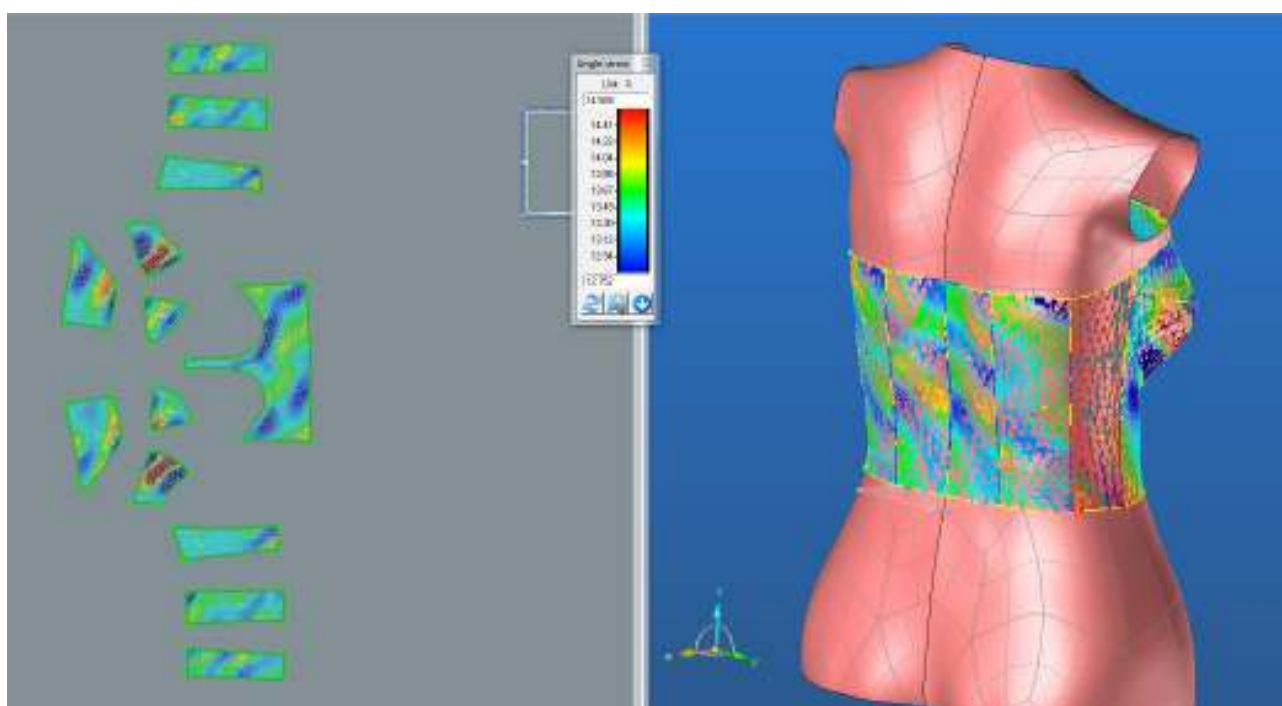
PD3



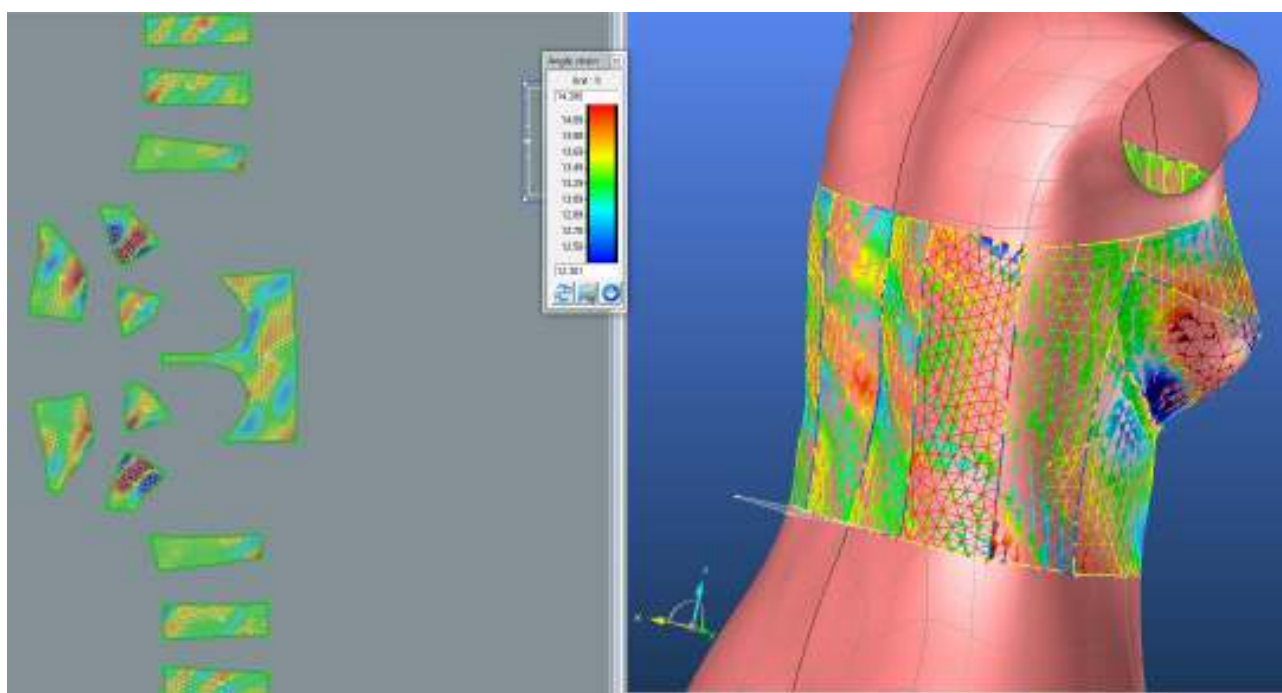
SEDLO



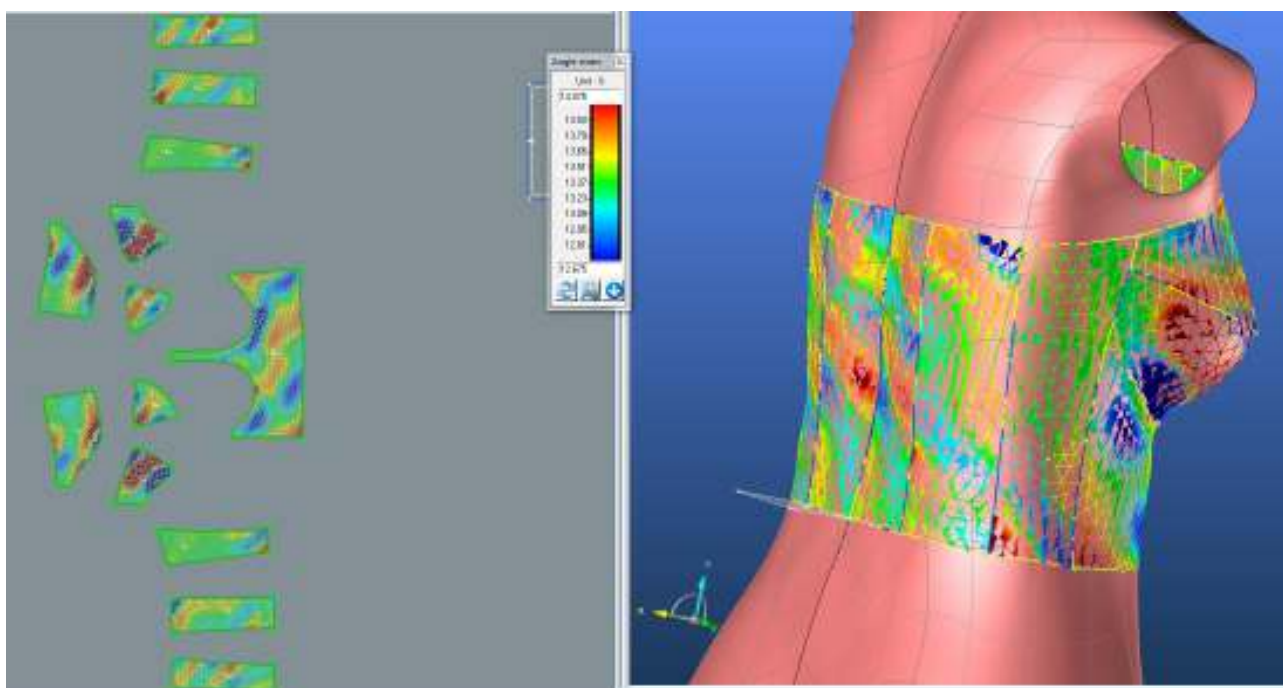
ZD1



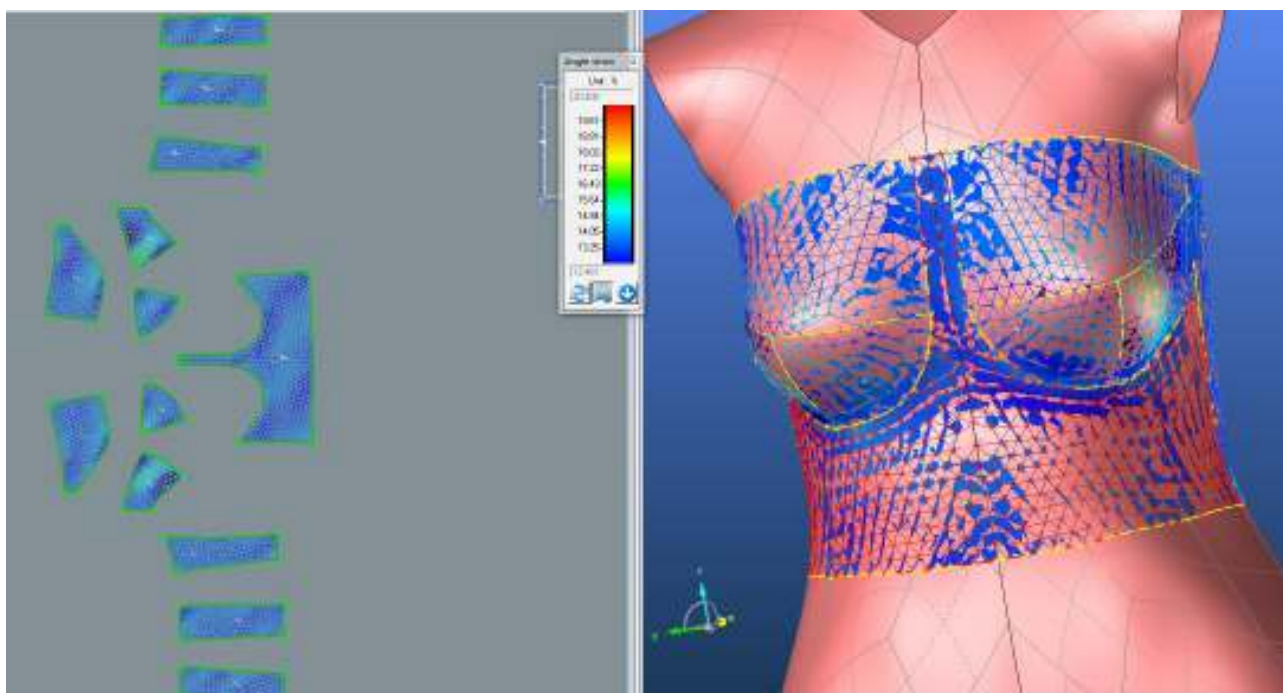
ZD2



ZD3



LIMIT



3.2.3. Střih 3 – varianta 2 – materiál M1 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností

M1	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD 1	Max	1.507	2.158	4.050	0.003
	Min	0.033	-3.893	-2.112	0
Optimalizace	Max	1.405	22.917	4-4.564	0.001
	Min	0.033	4.782	-18.644	-0.001
PD 2	Max	1.592	1.244	2.142	0
	Min	0.009	-2.097	-1.229	0
Optimalizace	Max	1.319	21.643	-4.480	0.002
	Min	0.022	4.690	-17.792	0
PD3	Max	3.554	3.442	5.572	0
	Min	0.050	-5.278	-3.327	0
Optimalizace	Max	3.495	23.171	-3.634	0.002
	Min	0.055	3.771	-18.812	-0.001
PD sedlo	Max	1.705	1.038	1.979	0
	Min	0.019	-1.941	-1.028	0
Optimalizace	Max	1.705	22.659	-4.211	0.001
	Min	0.019	4.397	-18.473	-0.001

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	1.757	39.238	6.028	0
	Min	-0.919	-9.397	0	0
Optimalizace	Max	7.679	39.238	47.936	0.002
	Min	4.848	-9.397	22.810	0
PD 2	Max	0.543	27.913	1.687	0
	Min	-0.948	-23.140	0	0
Optimalizace	Max	6.395	27.913	35.121	0.001
	Min	4.817	-23.140	22.601	-0.001
PD3	Max	1.888	30.284	6.561	0
	Min	-3.772	-19.471	0	0
Optimalizace	Max	7.818	30.284	49.329	0
	Min	1.828	-19.471	6.315	0
PD sedlo	Max	1.227	12.095	3.991	0
	Min	-1.035	-42.074	0	0
Optimalizace	Max	7.642	12.095	42.069	0.000
	Min	5.081	-42.074	21.976	-0.001

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	2.166	22.746	5.594	0
	Min	-2.495	-5.782	0	0
Optimalizace	Max	23.092	22.746	49.071	0.001
	Min	17.476	-5.782	40.370	0
PD 2	Max	0.982	23.497	2.547	0
	Min	-1.152	-5.160	0	0
Optimalizace	Max	21.665	23.497	48.493	0.001
	Min	19.094	-5.160	43.569	0
PD3	Max	2.421	22.268	6.242	0
	Min	-3.587	-15.400	0	0
Optimalizace	Max	23.399	22.268	49.071	0.001
	Min	16.161	-15.400	37.697	-0.001
PD sedlo	Max	2.247	15.239	5.800	0
	Min	-1.073	-31.459	0	0
Optimalizace	Max	23.189	20.183	49.071	0.001
	Min	19.190	-28.189	43.756	0

	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	1.435	29.073	2-.614	0
	Min	-1.789	-7.203	0	0
Optimalizace	Max	15.160	28.454	33.239	0.001
	Min	11.218	-7.288	23.271	0
PD 2	Max	2.582	25.080	1.170	0
	Min	-3.741	2.862	0	0
Optimalizace	Max	14.134	23.625	30.550	0.001
	Min	12.102	3.850	25.421	0
PD3	Max	0.645	25.078	4.747	0
	Min	-1.132	-29.073	0	0
Optimalizace	Max	16.441	25.614	36.694	0.001
	Min	9.153	-28.110	18.442	-0.001
PD sedlo	Max	1.066	15.116	1.936	0
	Min	-0.726	-24.938	0	0
Optimalizace	Max	14.716	12.182	32.064	0
	Min	12.461	-23.486	26.305	0

ZD

M1	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.592	1.696	1.781	0.001
	Min	0.009	-0.755	-1.668	-0.001
Optimalizace	Max	1.087	22.370	-4.791	0.001
	Min	0.007	5.033	-18.281	-0.001
ZD 2	Max	0.922	1.038	1.979	0
	Min	0.022	-1.941	-1.028	0
Optimalizace	Max	0.922	21.143	-4.621	0.001
	Min	0.022	4.845	-17.453	0
ZD 3	Max	0.637	0.788	0.830	0
	Min	0.038	-0.823	-0.781	0
Optimalizace	Max	0.637	21.112	-4.752	0.001
	Min	0.038	4.989	-17.432	-0.002

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.722	3.159	5.889	0
	Min	-0.699	-10.123	0	0
Optimalizace	Max	7.642	3.159	47.545	0
	Min	5.081	-10.123	24.495	0
ZD 2	Max	0.900	12.744	2.851	0
	Min	-0.719	-11.336	0	0
Optimalizace	Max	6.772	12.744	38.644	0
	Min	5.059	-11.336	24.336	0
ZD 3	Max	0.679	8.149	2.117	0
	Min	-0.501	-7.304	0	0
Optimalizace	Max	6.538	8.149	36.441	0
	Min	5.290	-7.304	26.038	0

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.620	24.261	2.212	0
	Min	-0.405	0.012	0	0
Optimalizace	Max	22.434	24.261	49.071	0.001
	Min	19.994	0.012	45.310	0
ZD 2	Max	0.671	25.962	1.739	0
	Min	-1.692	3.629	0	0
Optimalizace	Max	21.290	25.962	47.781	0
	Min	18.443	3.629	42.293	0
ZD 3	Max	0.459	20.183	1.191	0
	Min	-0.512	-28.189	0	0
Optimalizace	Max	21.035	20.183	47.298	0
	Min	19.865	-28.189	45.065	0

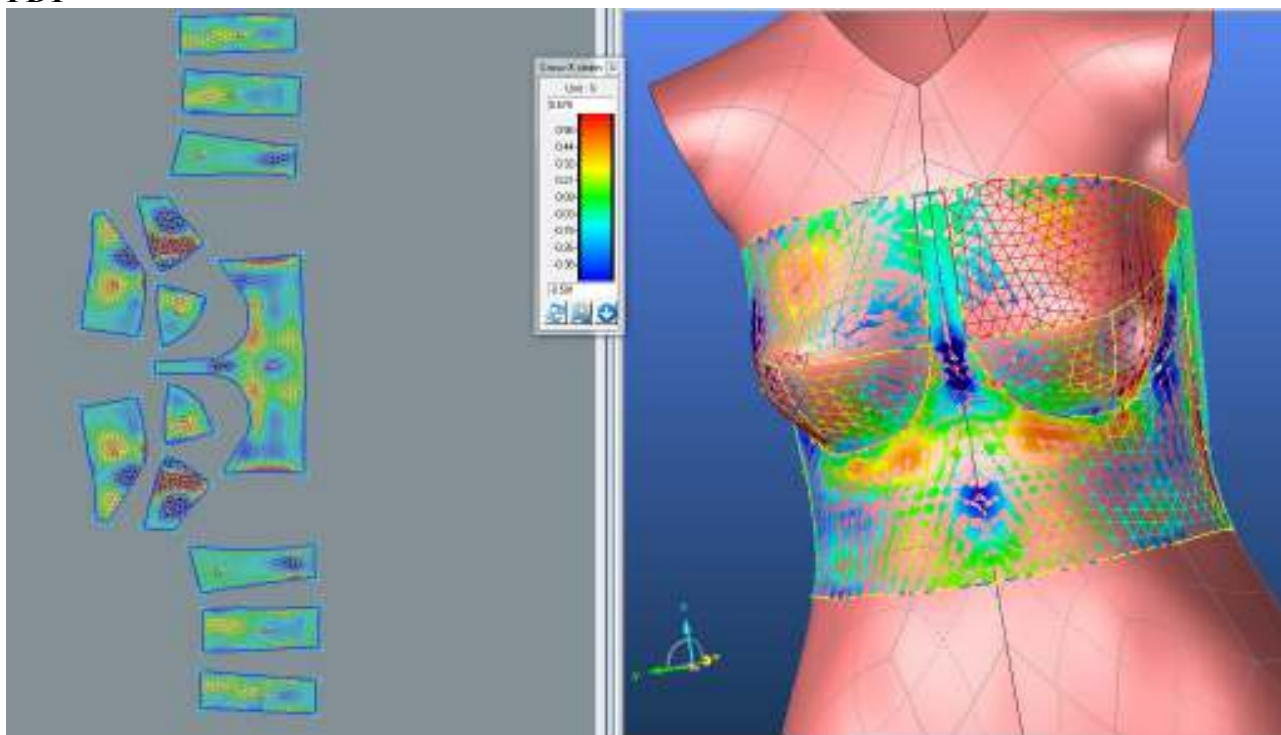
	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.046	14.585	1.520	0
	Min	-0.564	-7.567	0	0
Optimalizace	Max	14.589	15.463	31.729	0
	Min	12.752	-10.440	27.031	0
ZD 2	Max	0.838	16.179	1.520	0
	Min	-0.868	-6.379	0	0
Optimalizace	Max	14.280	16.970	30.927	0
	Min	12.301	-5.779	25.911	-0.001
ZD 3	Max	0.645	14.301	1.132	0
	Min	-1.132	-14.585	0	0
Optimalizace	Max	14.075	11.447	30.398	0
	Min	12.675	-15.789	26.834	0

3.3. Střih 3 – Varianta 1 materiál M2

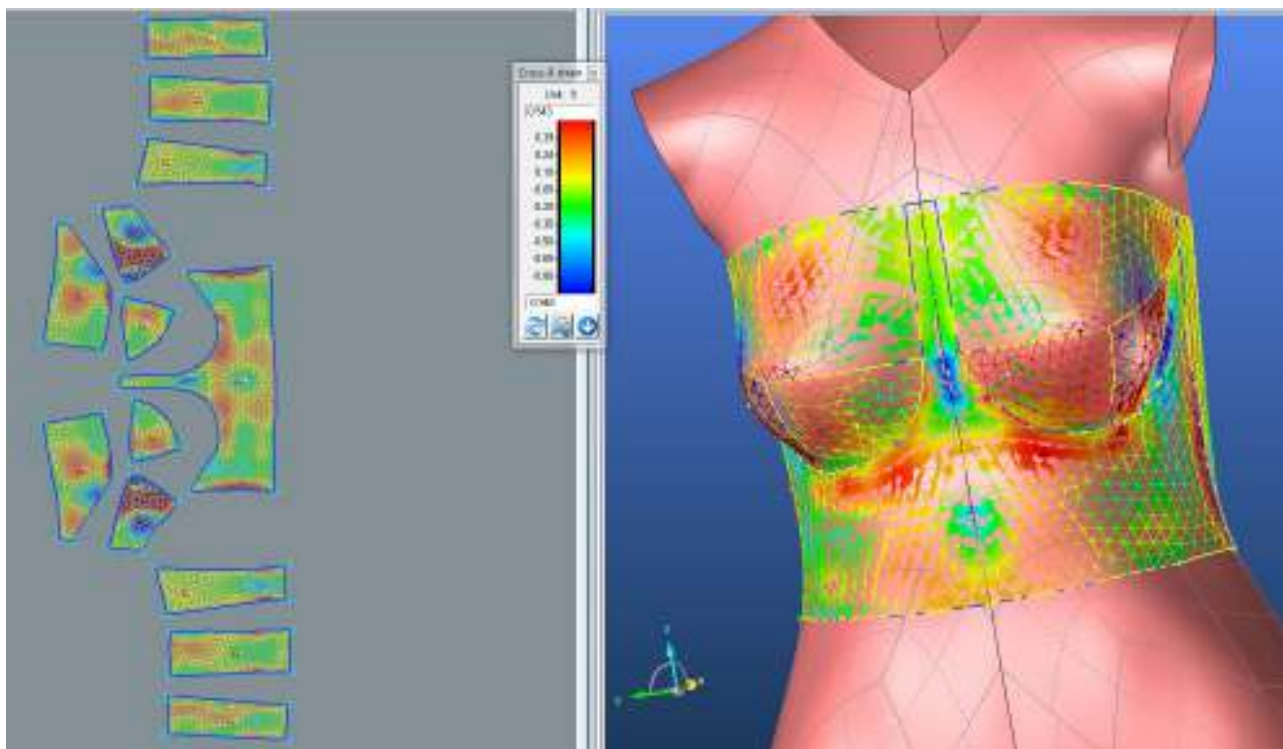
3.3.1. Analýza mechanických vlastností

3.3.1.1. Cross-X strain

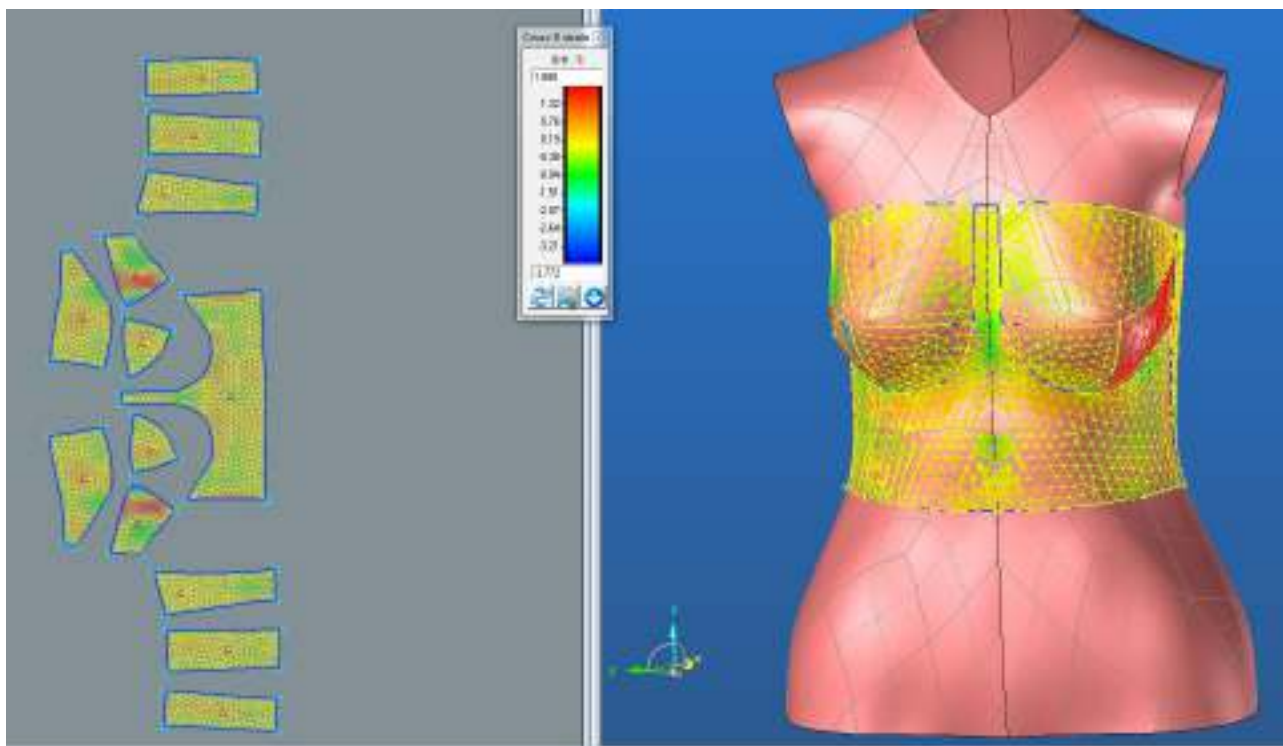
PD1



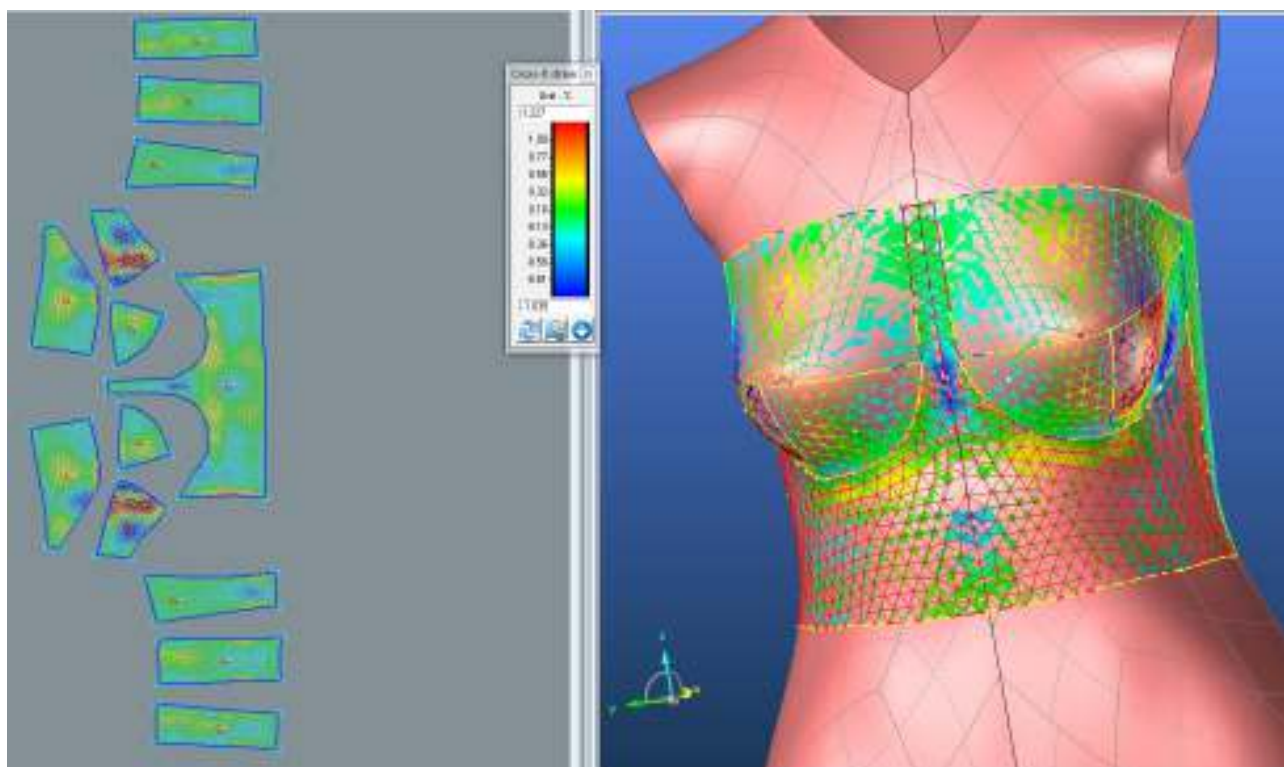
PD2



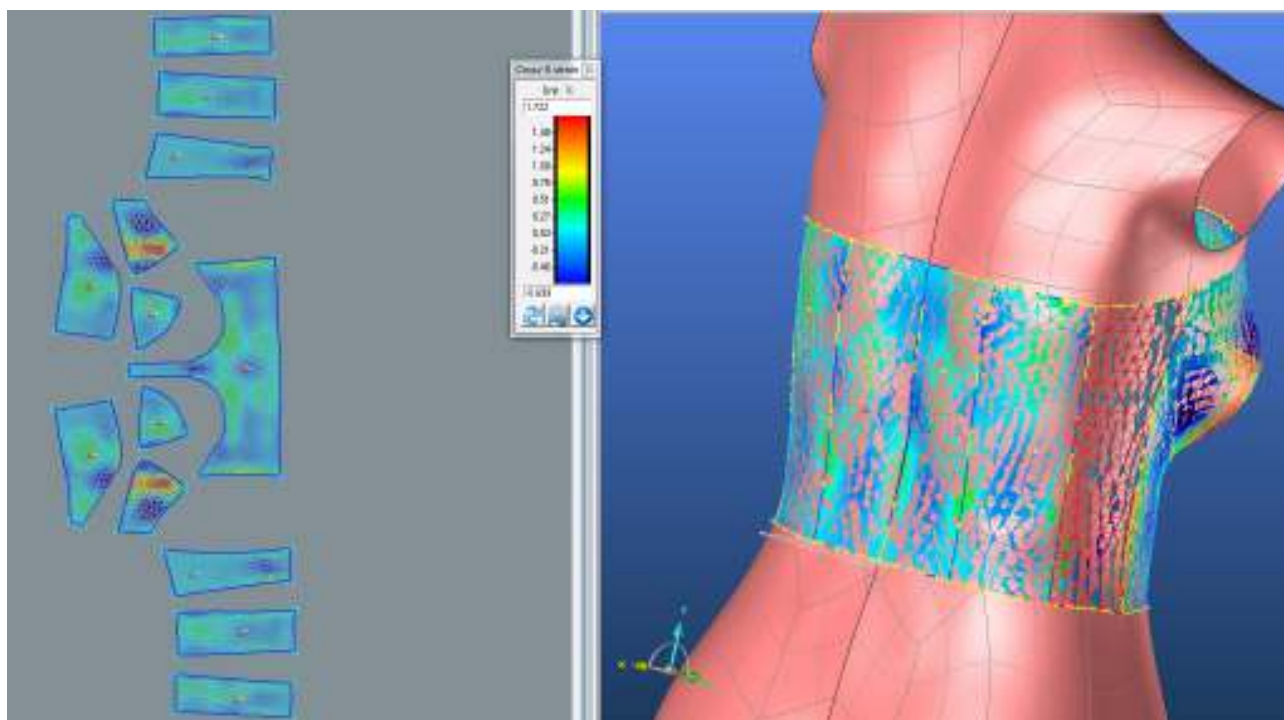
PD3



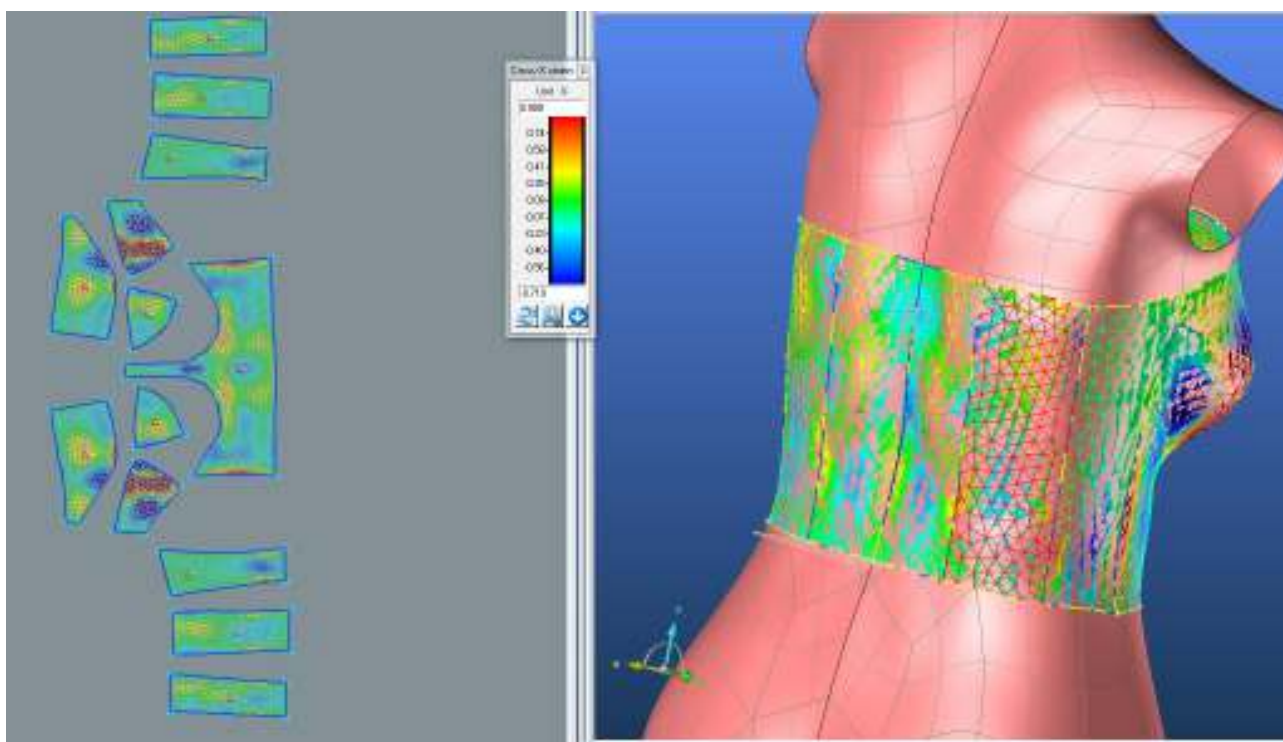
SEDLO



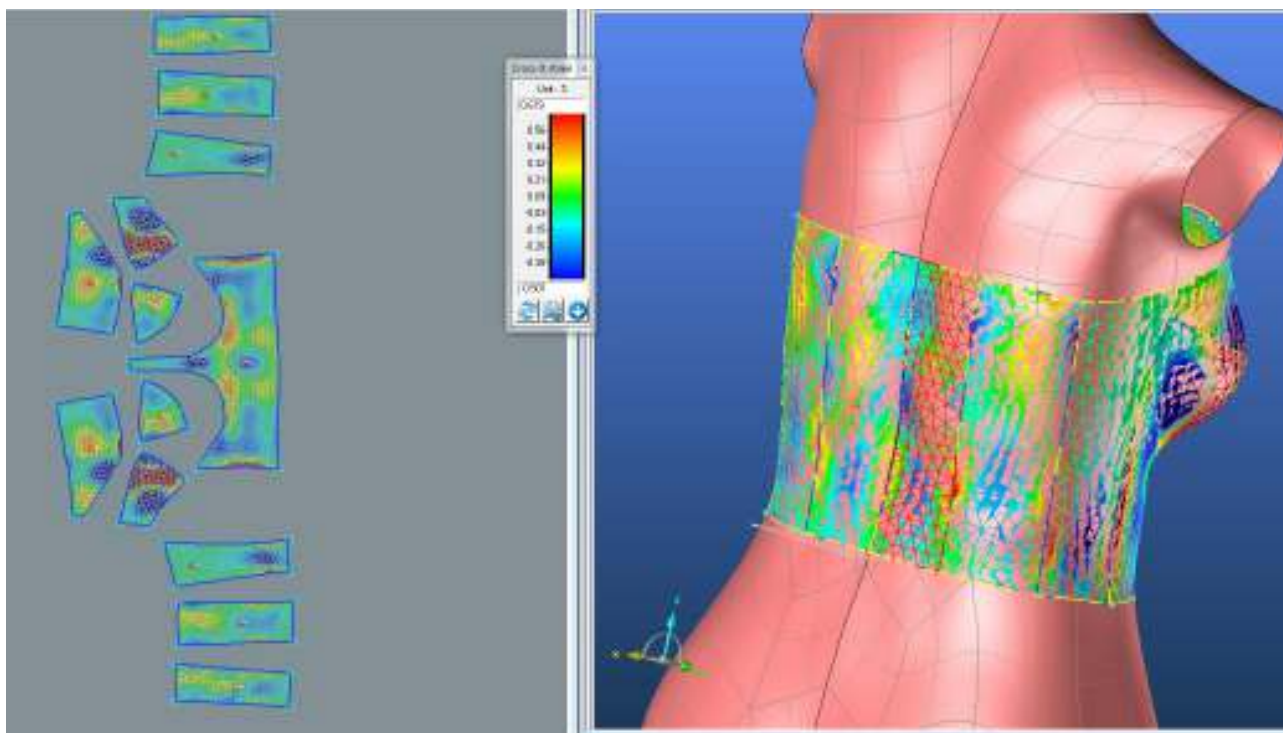
ZD1



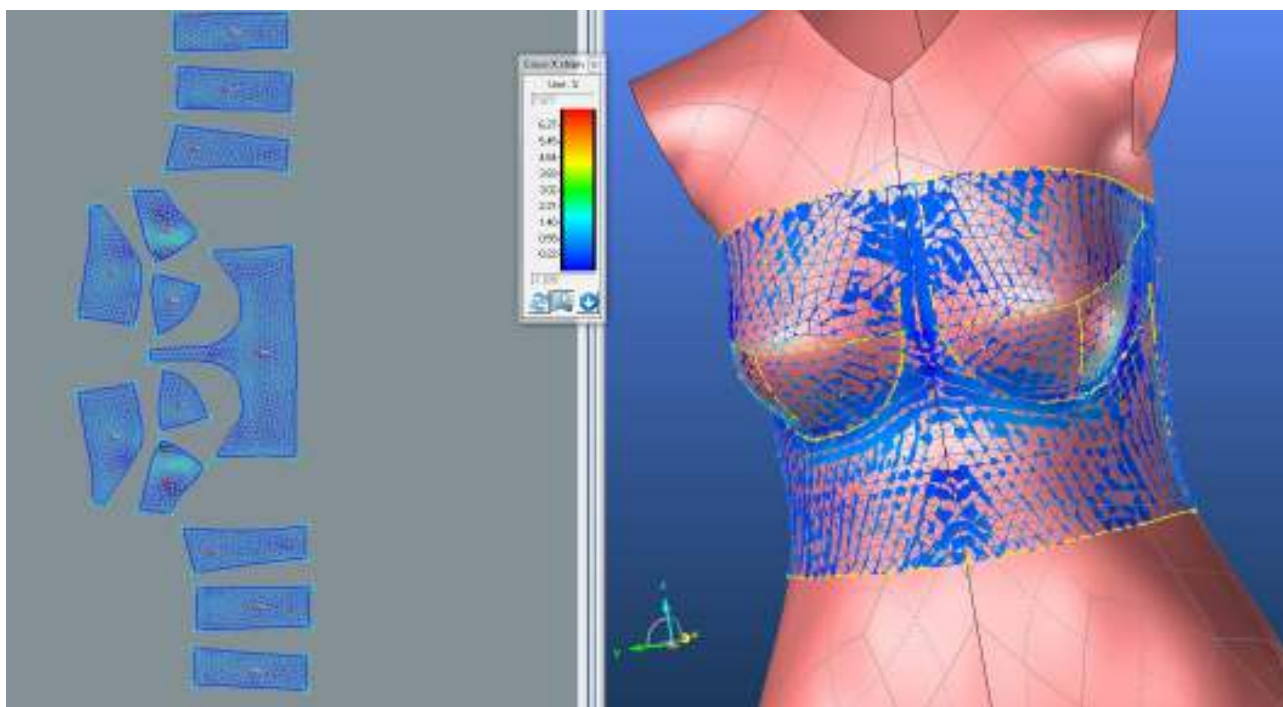
ZD2



ZD3

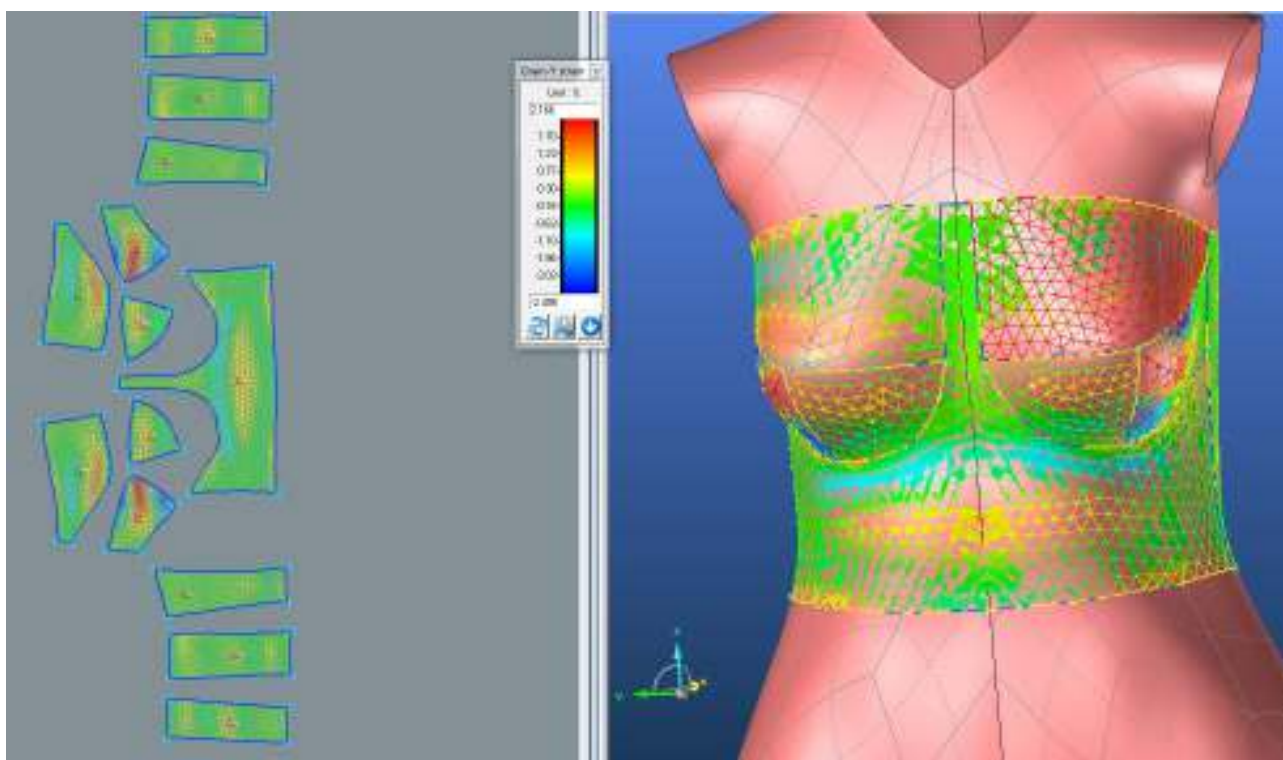


LIMIT

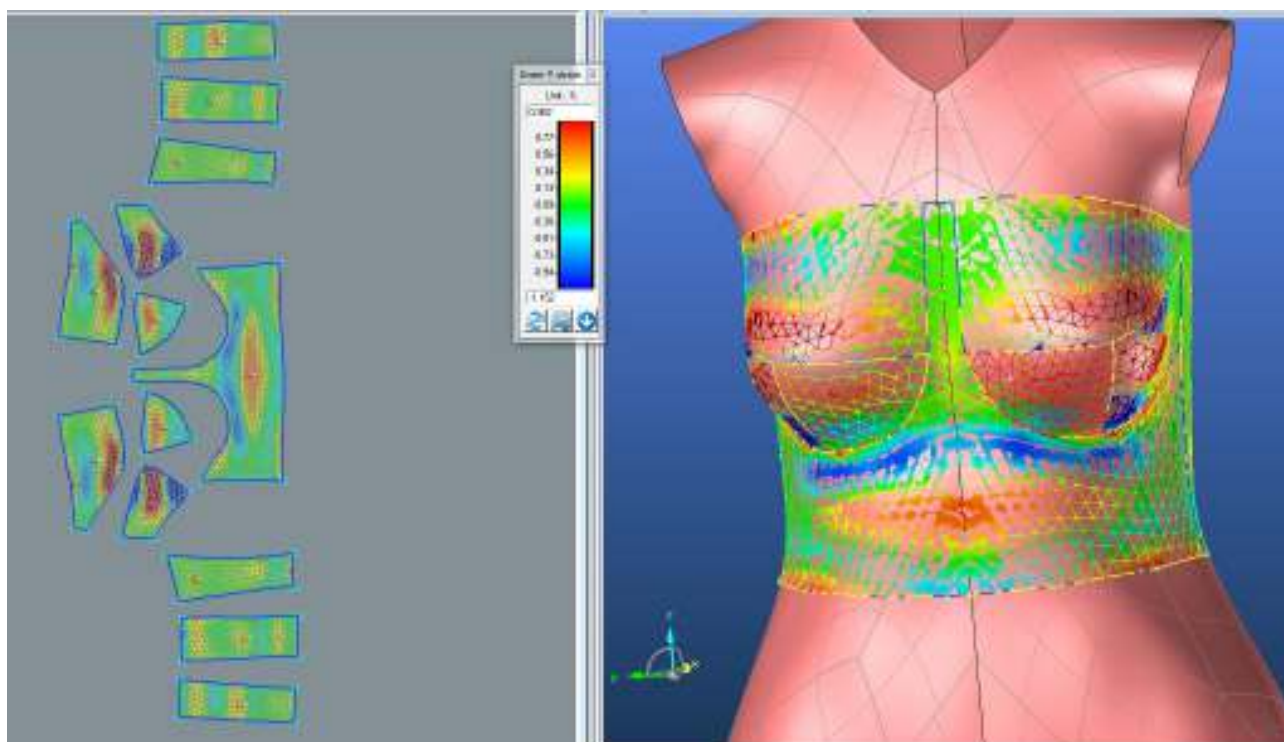


3.3.1.2. Grain-Y strain

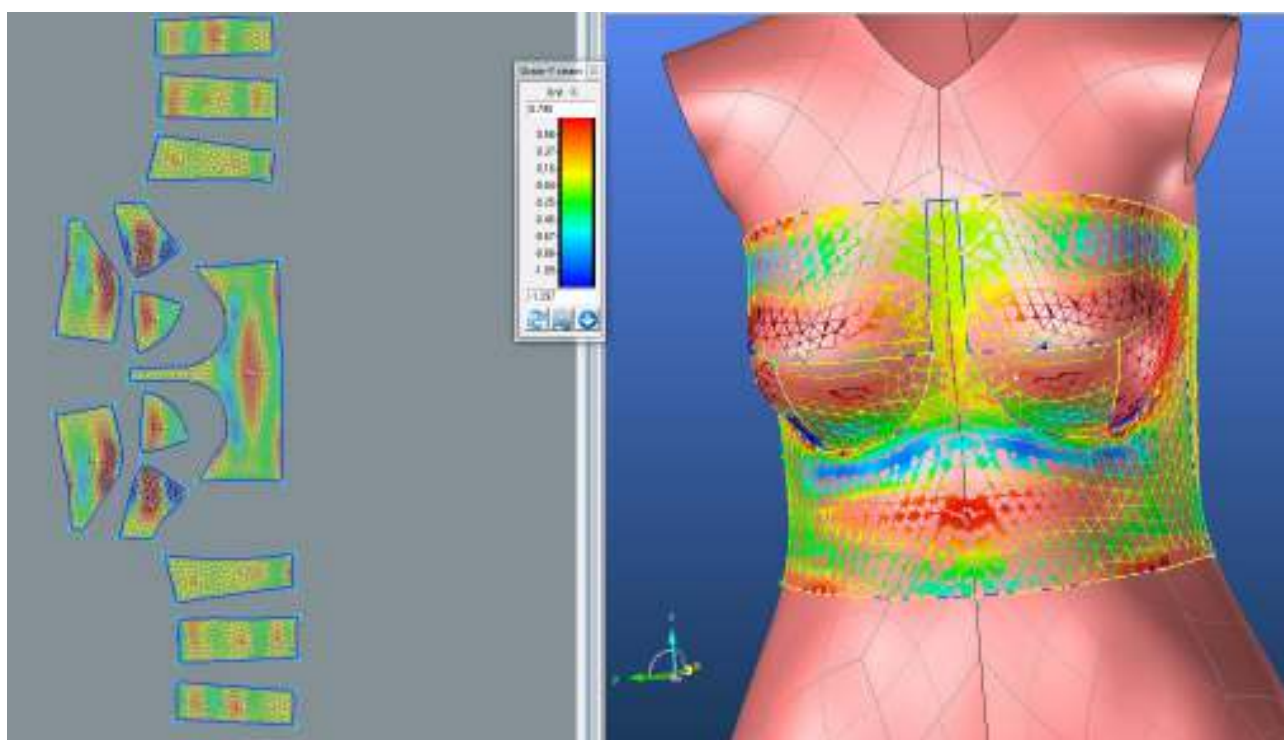
PD1



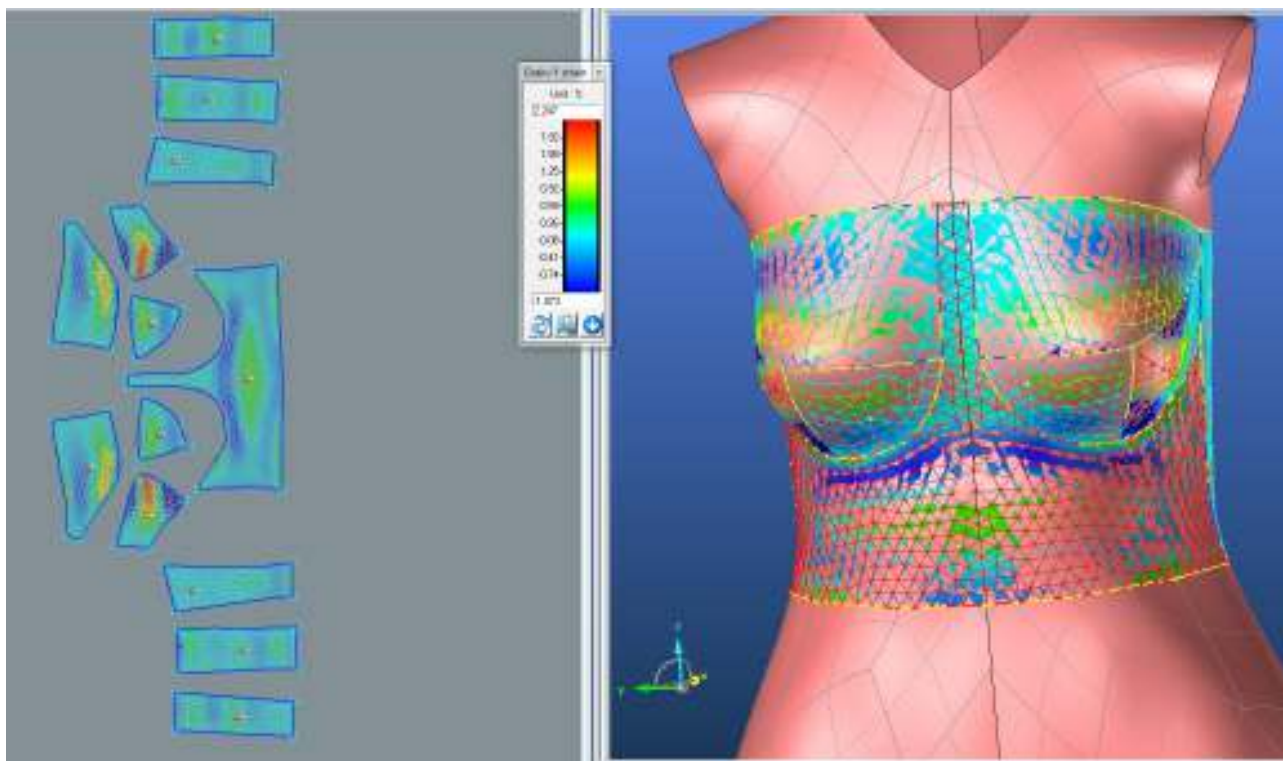
PD2



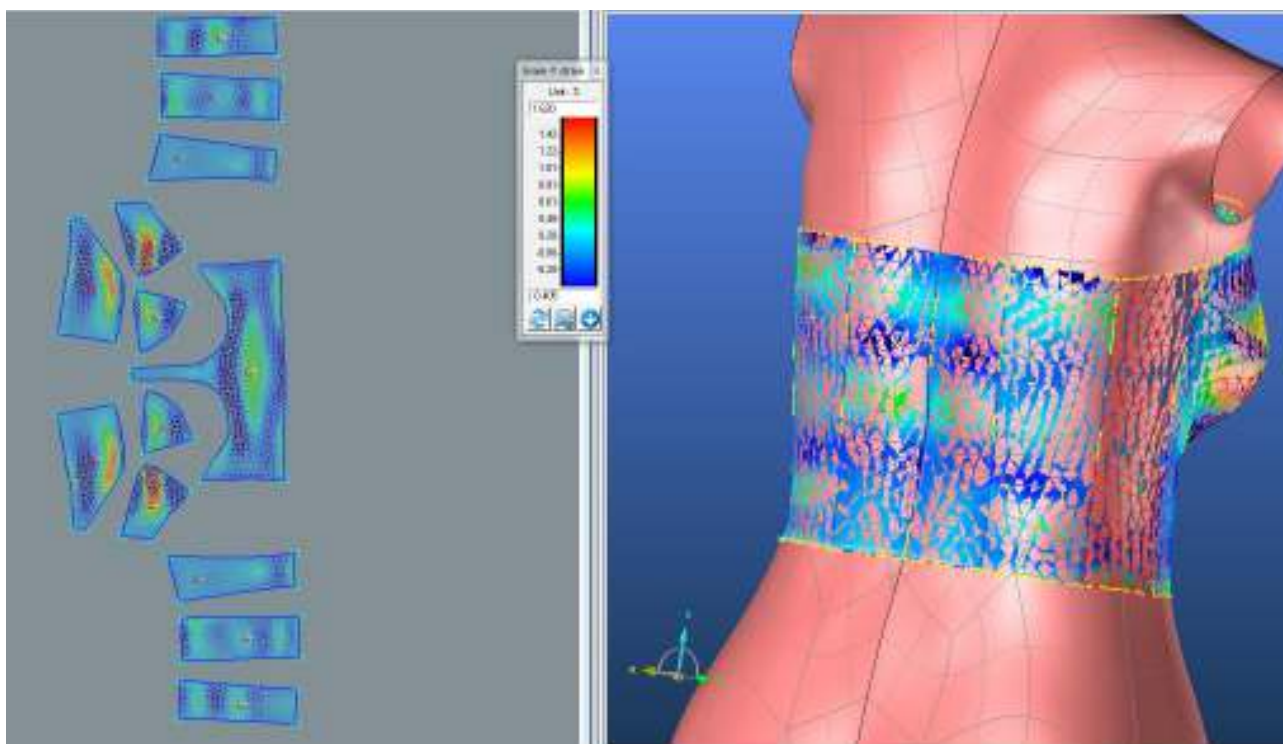
PD3



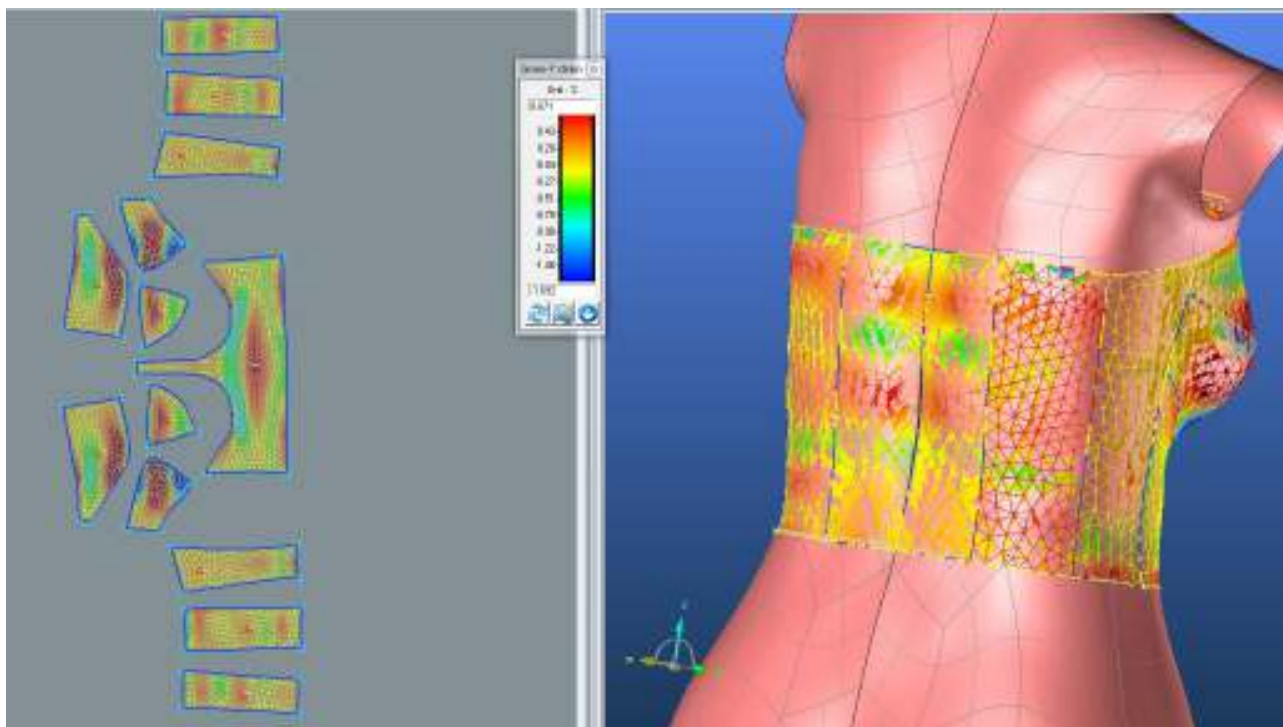
SEDLO



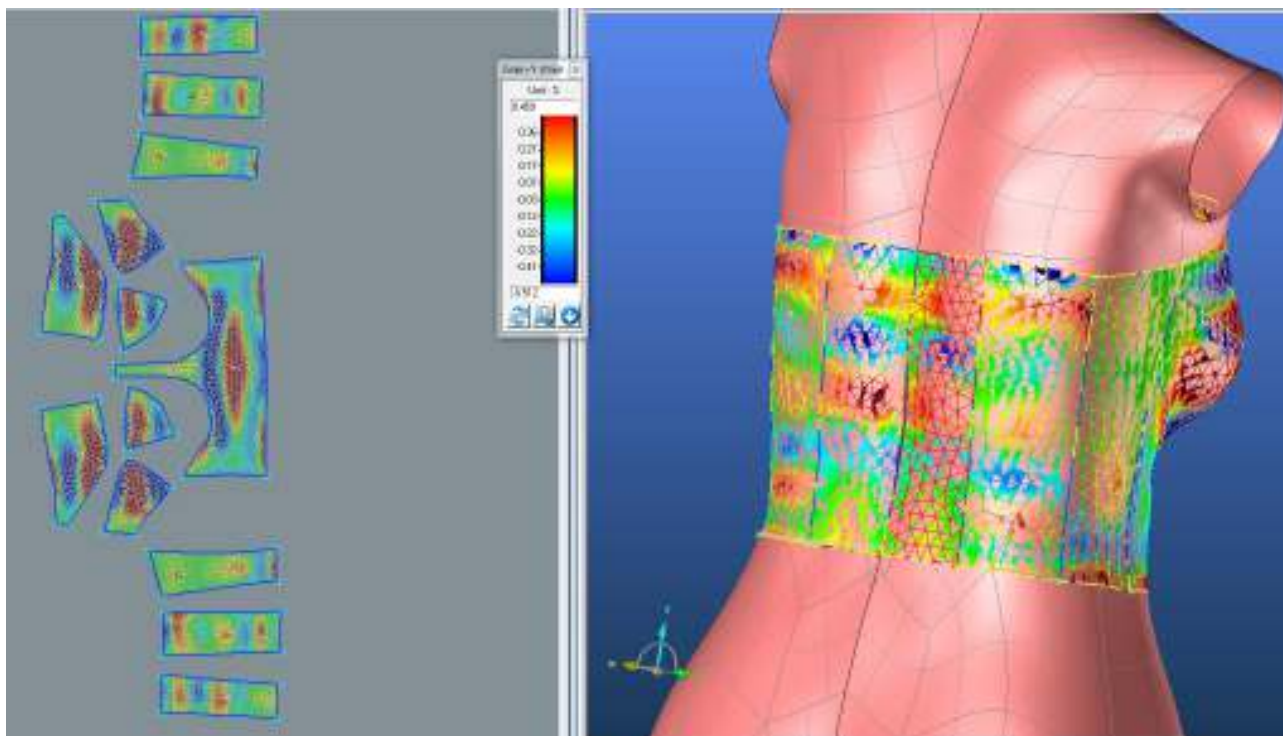
ZD1



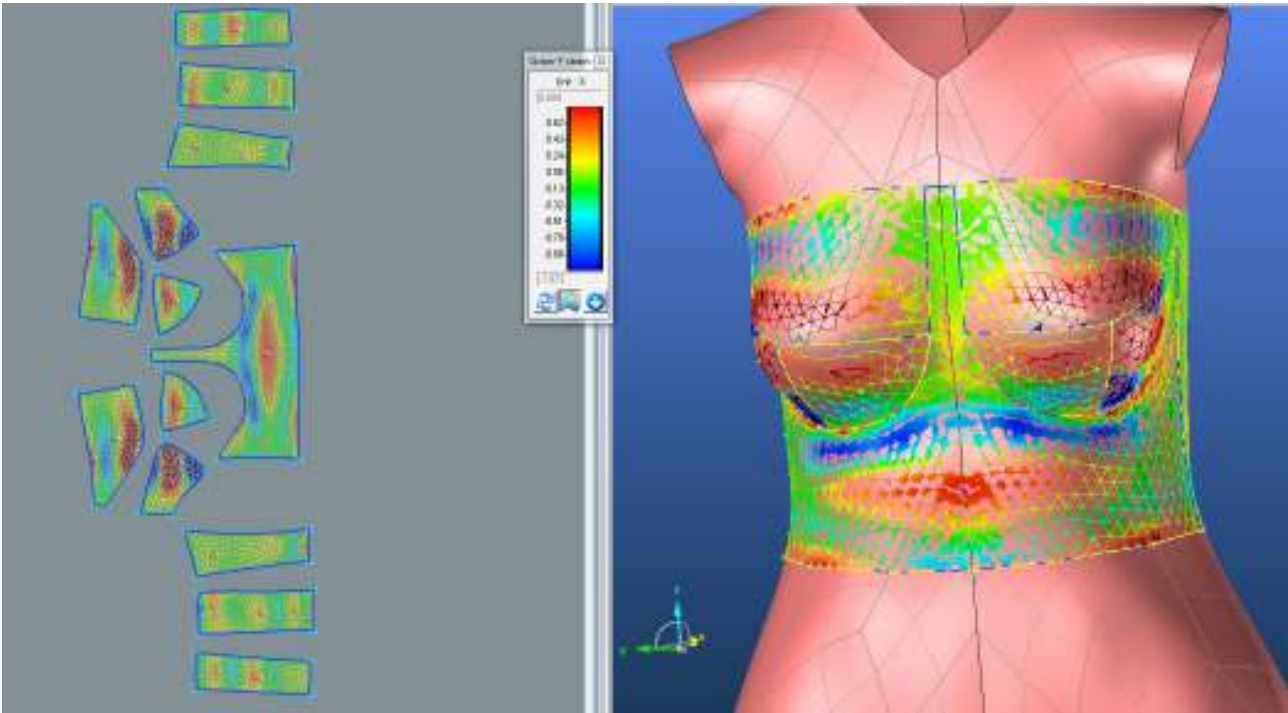
ZD2



ZD3

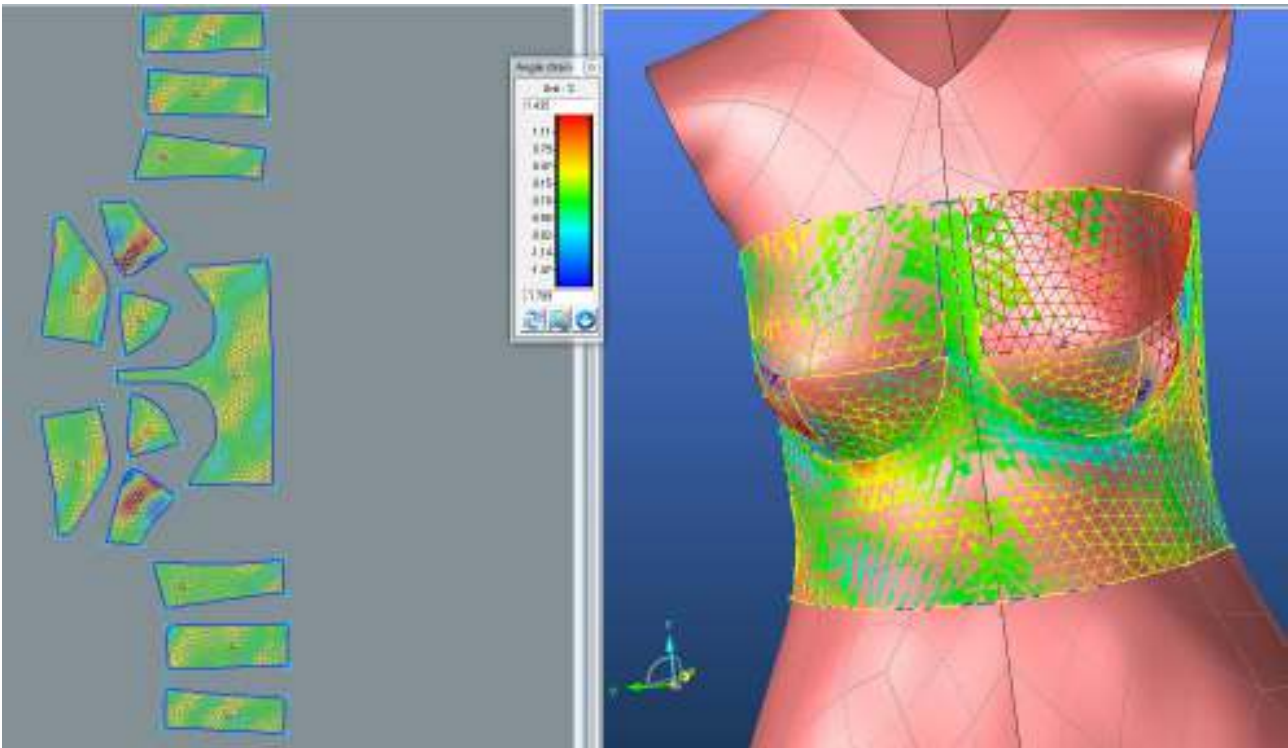


LIMIT

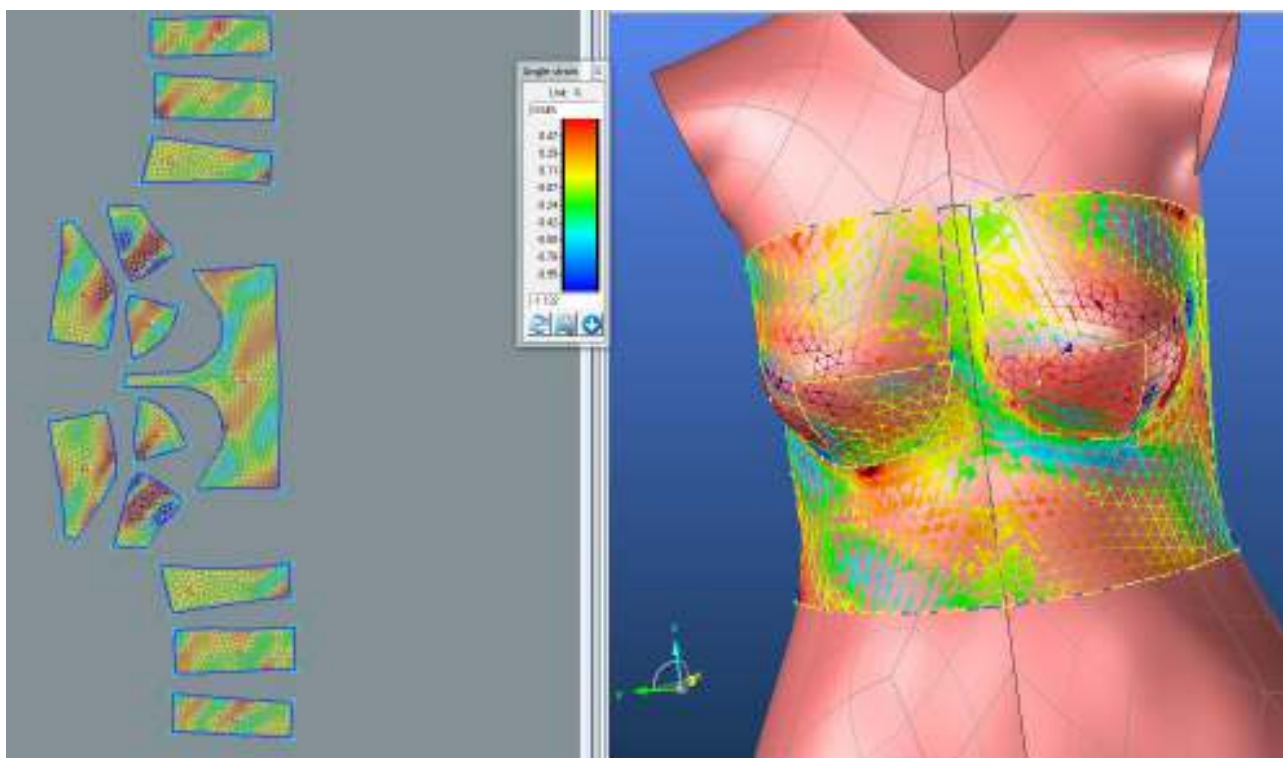


3.3.1.3. Bias 45° Strain

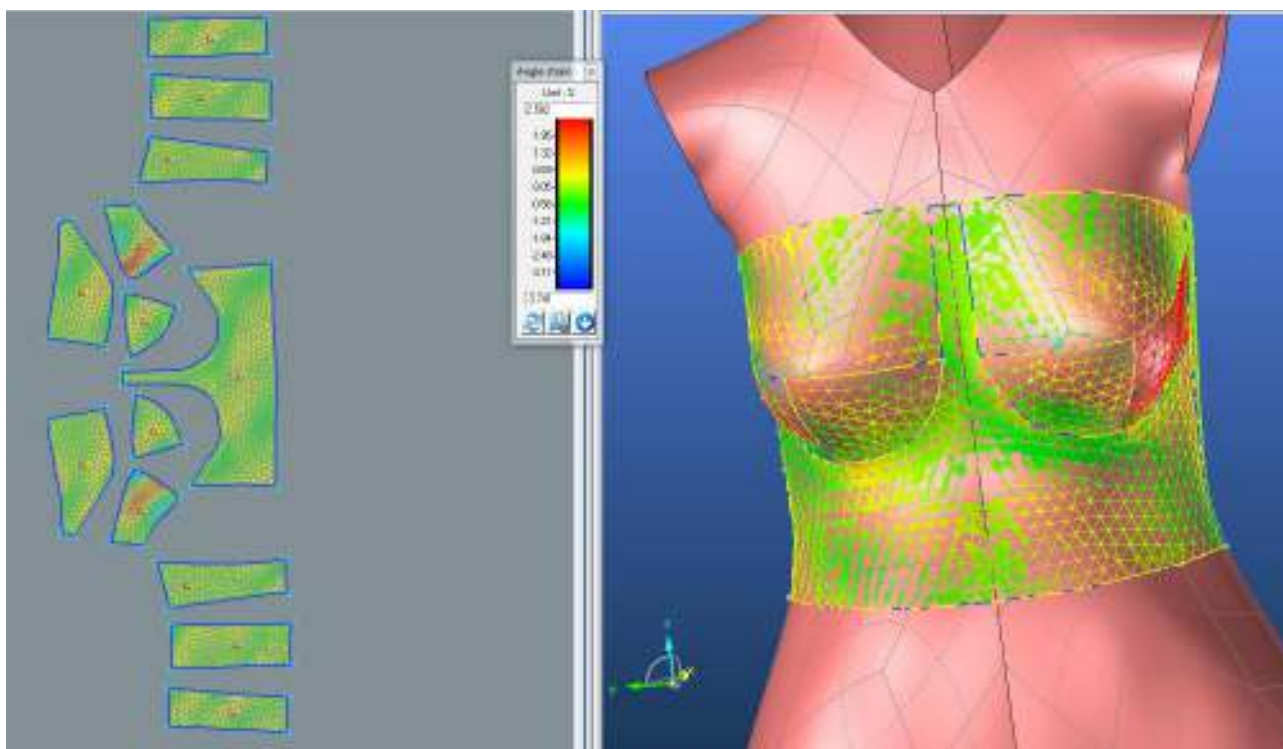
PD1



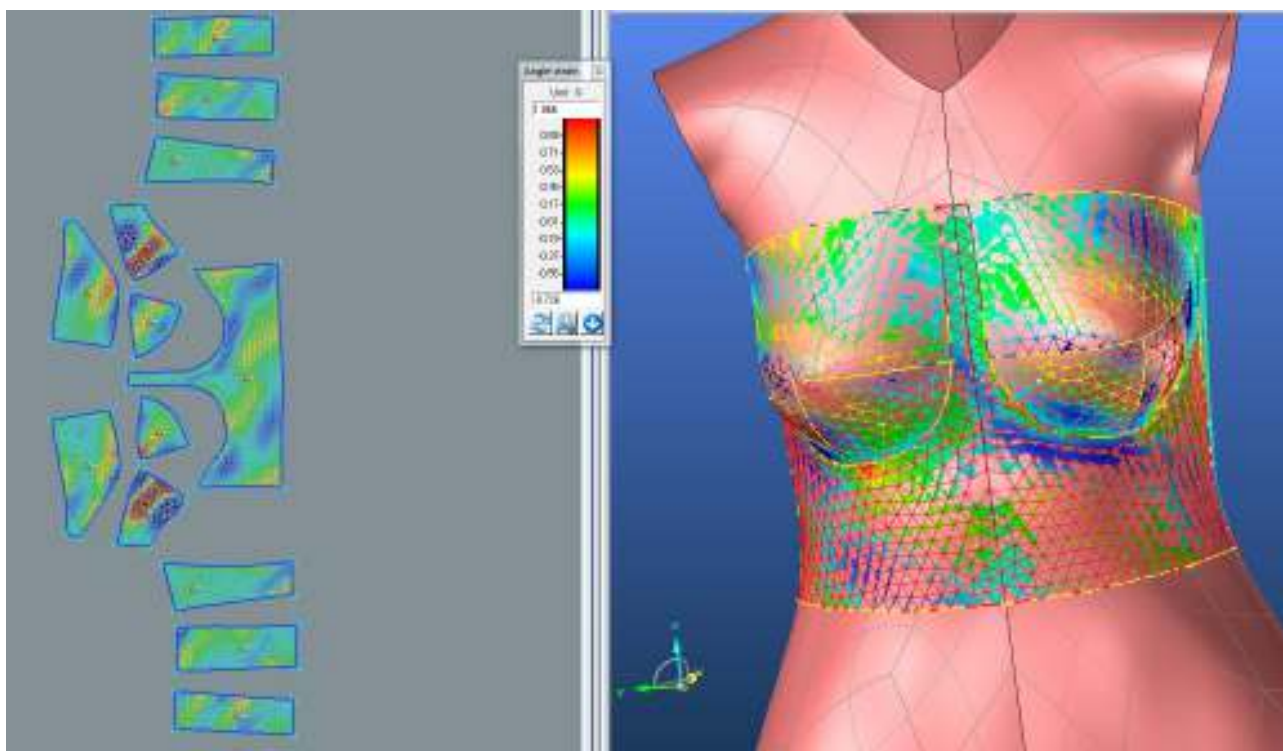
PD2



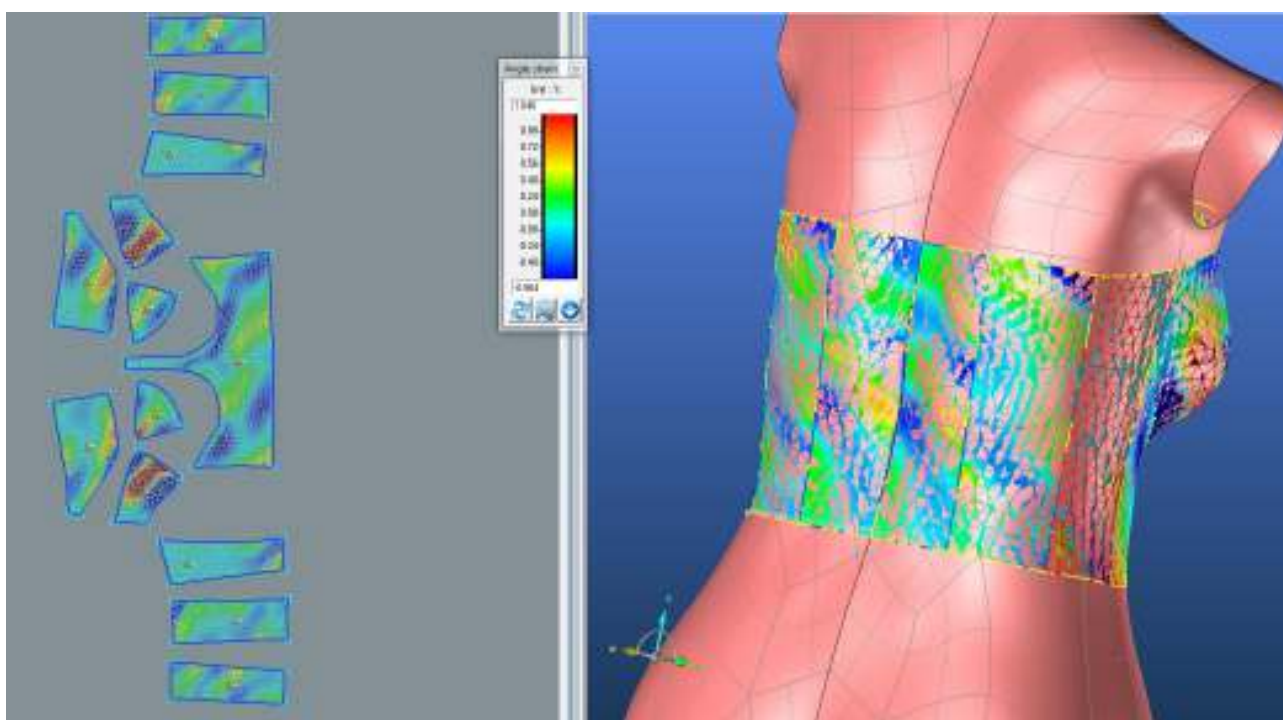
PD3



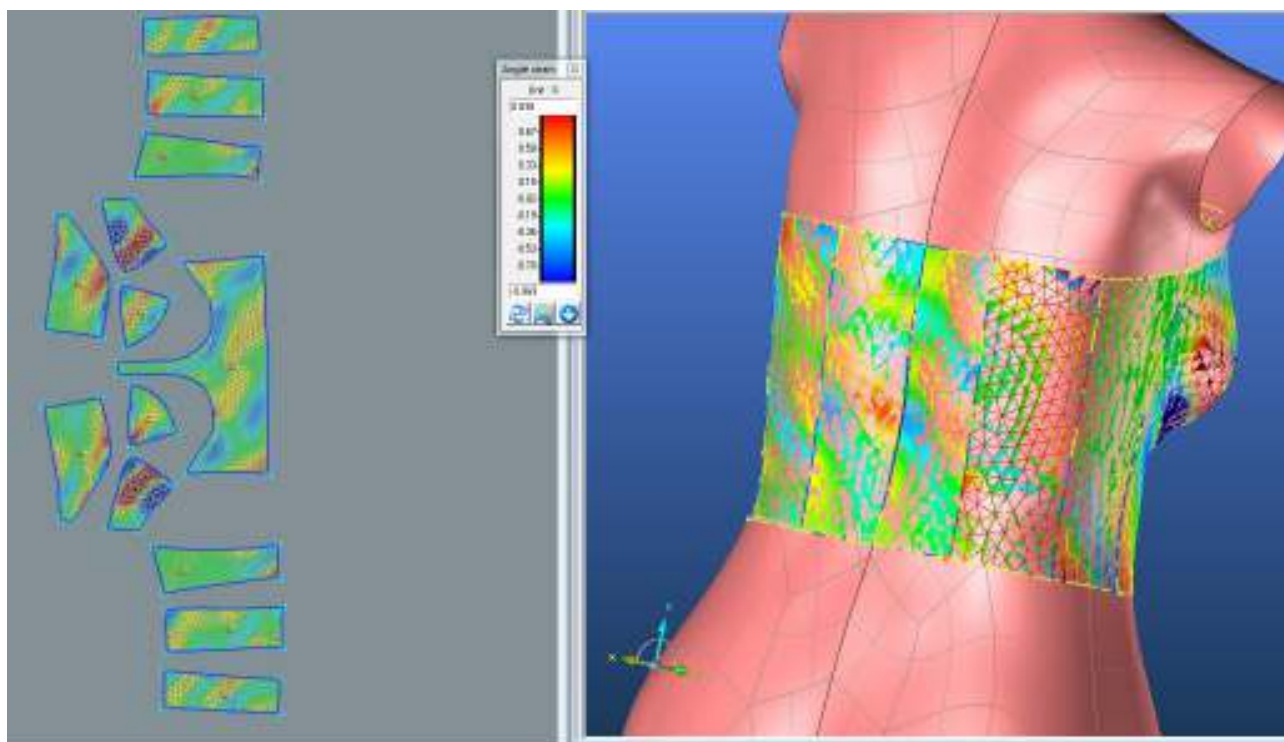
SEDLO



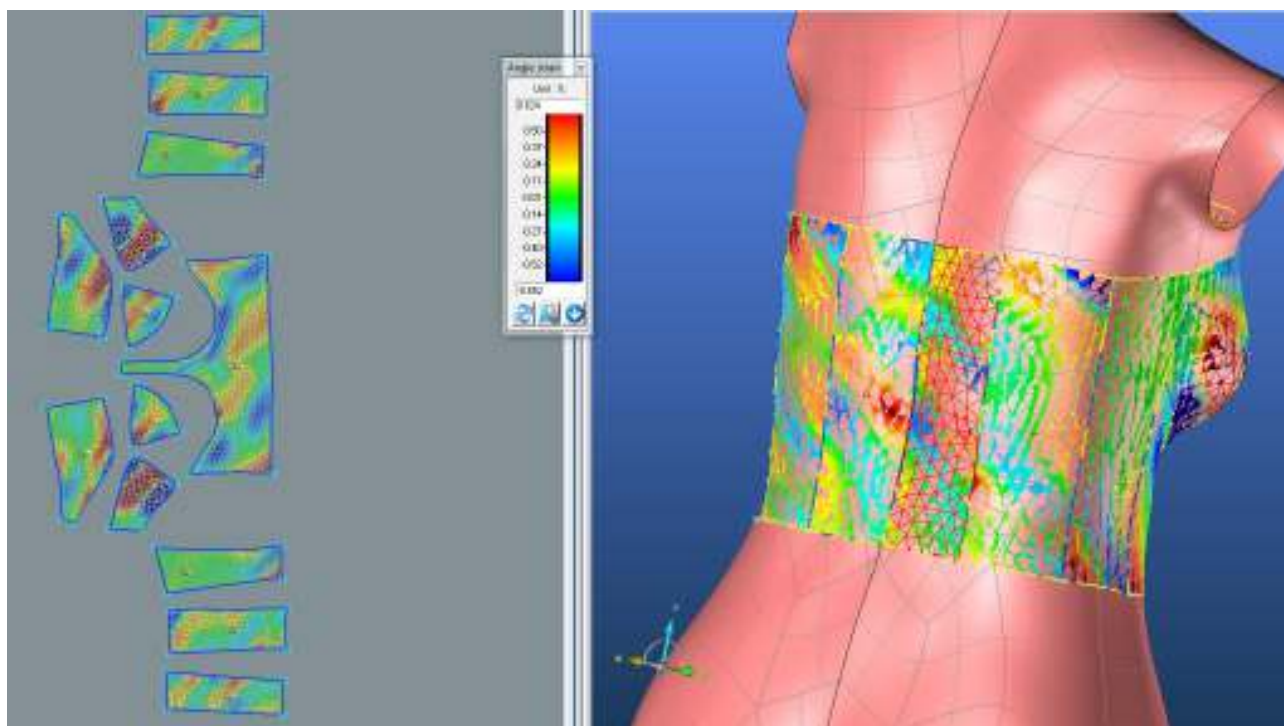
ZD1



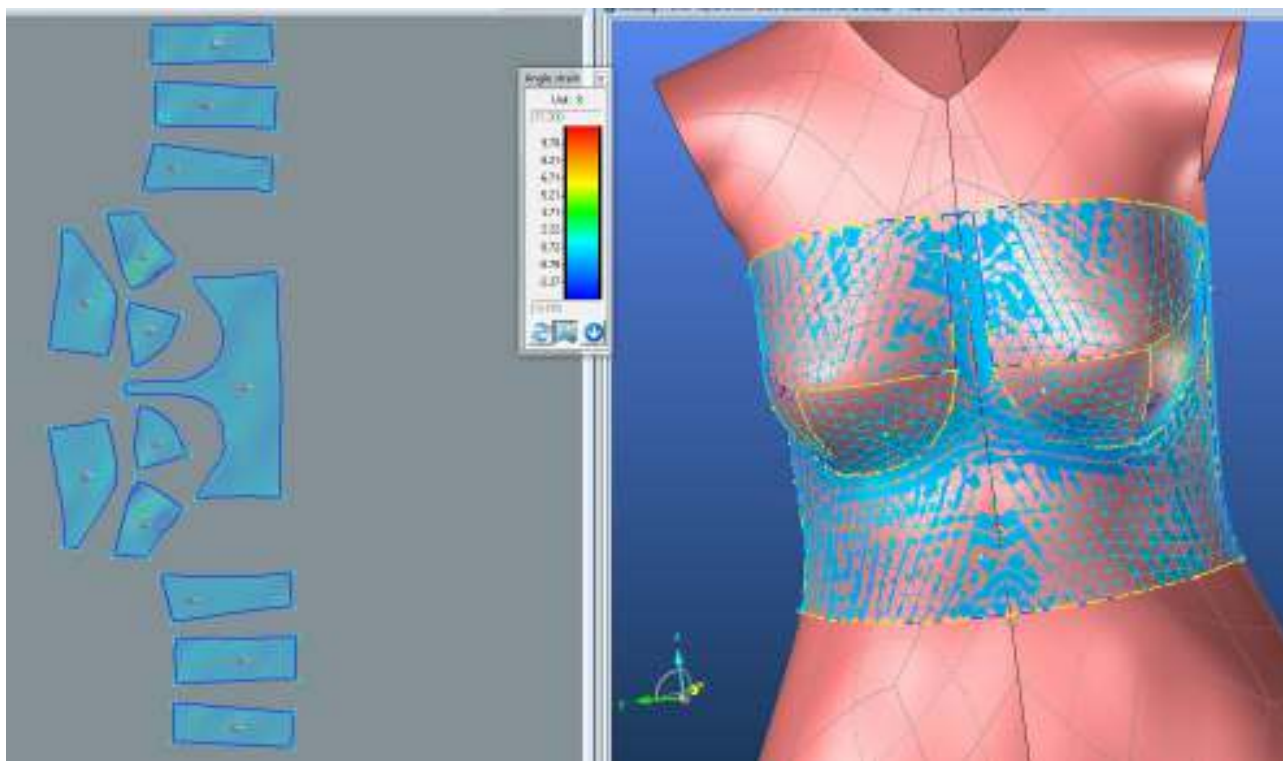
ZD2



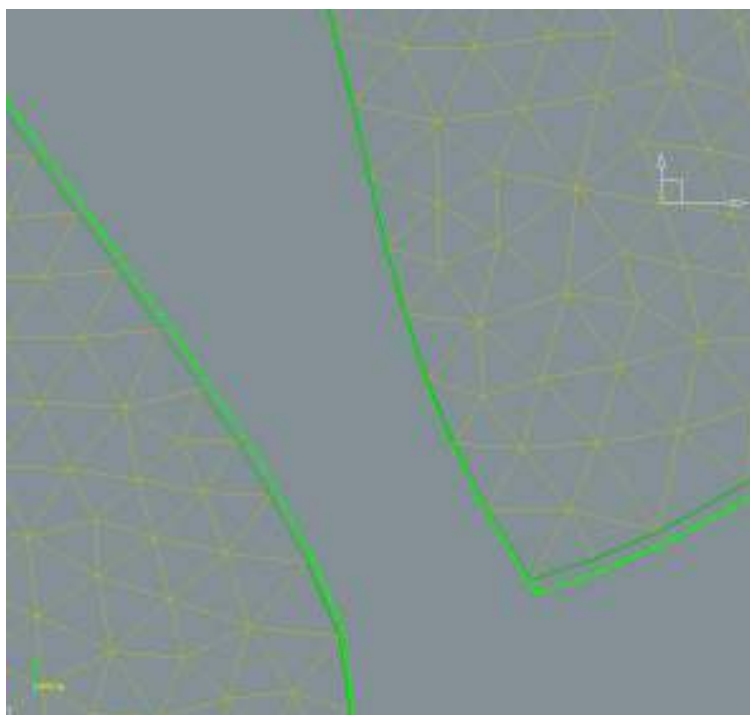
ZD3



LIMIT

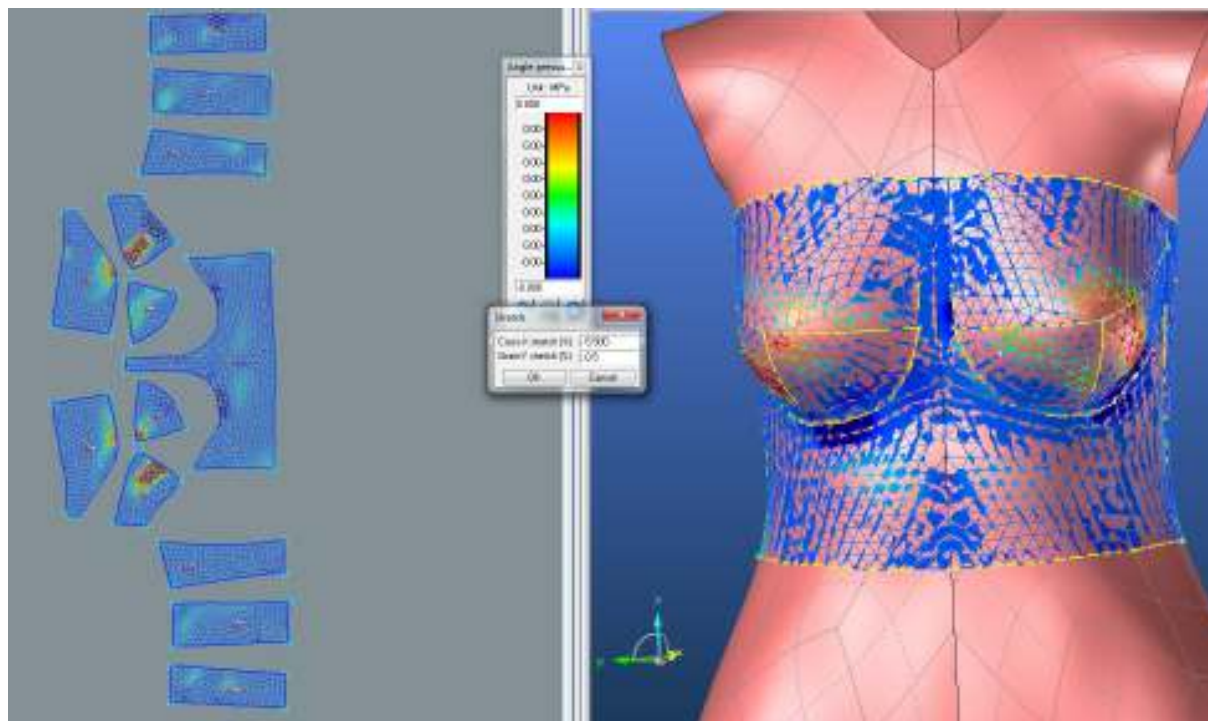


3.3.2. Optimalizace stříhových dílů

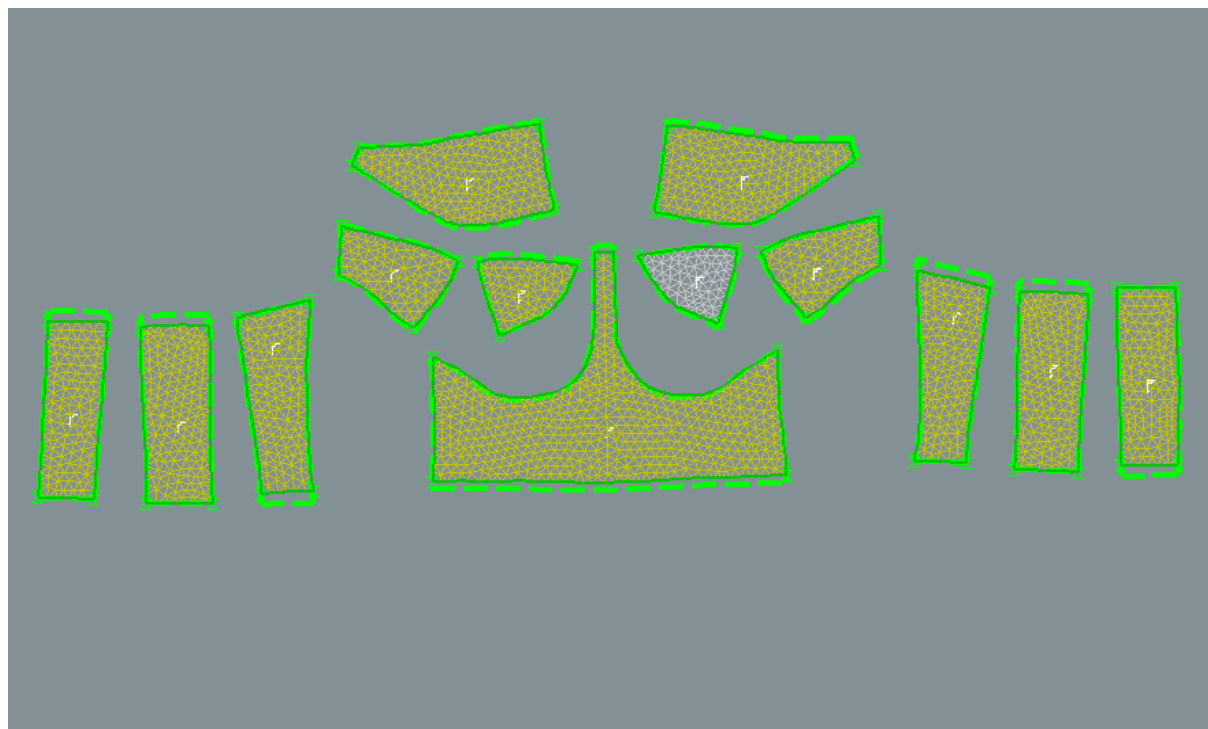


5. 3.4. Střih 3 – varianta 2 – materiál M2

3.4.1. Optimalizace stříhových dílů - Použití funkce LIMIT



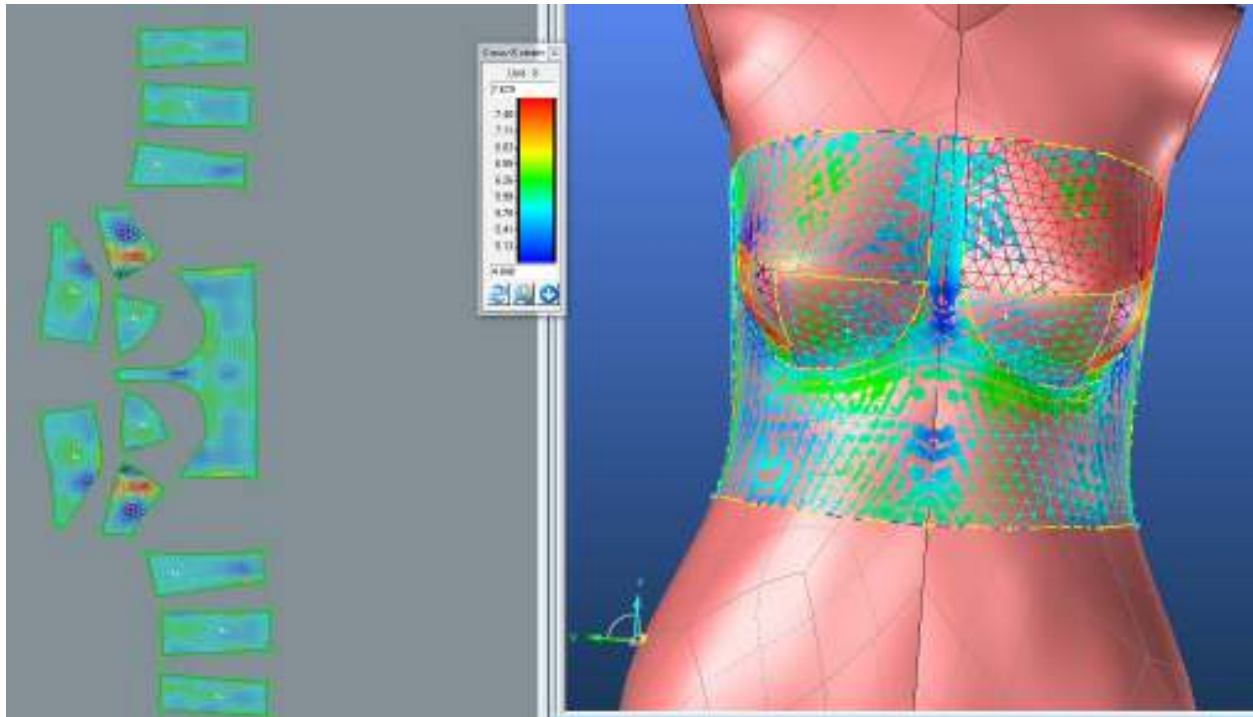
3.4.1.1. Rozdíl střihu původního a po optimalizaci



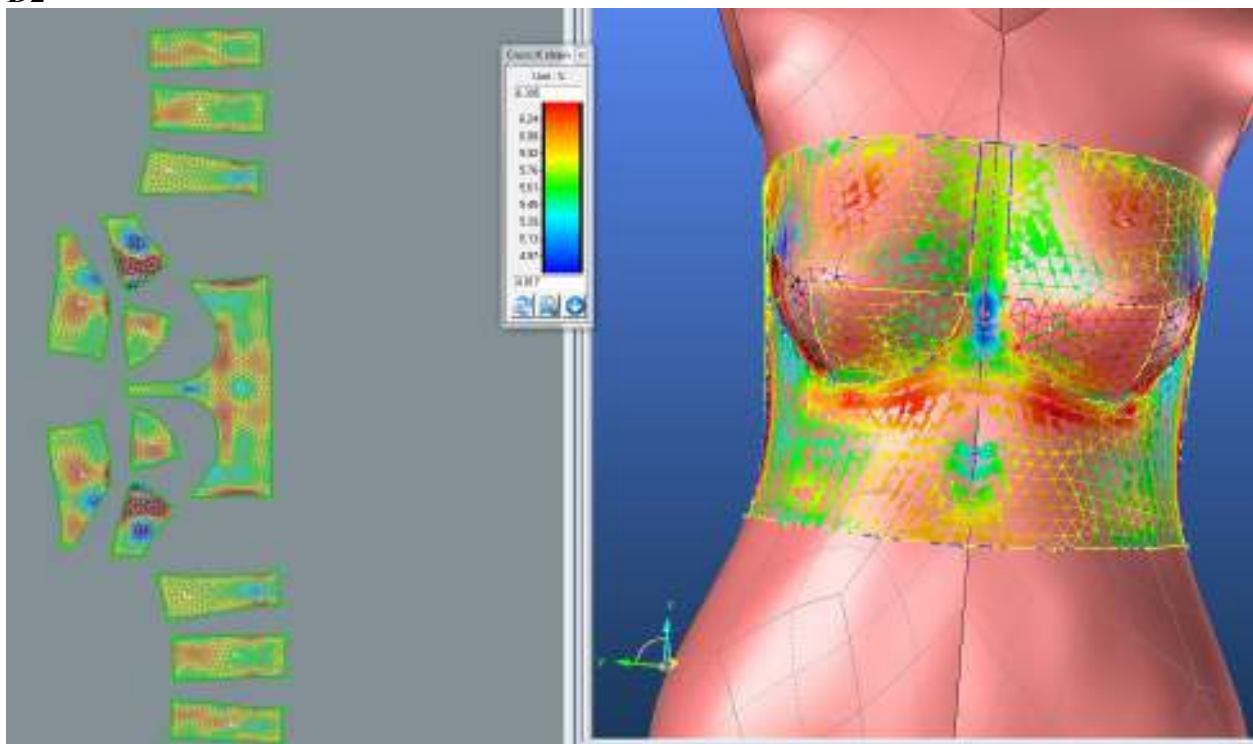
3.4.2. Analýza mechanických vlastností po optimalizaci

3.4.2.1. Cross-X strain

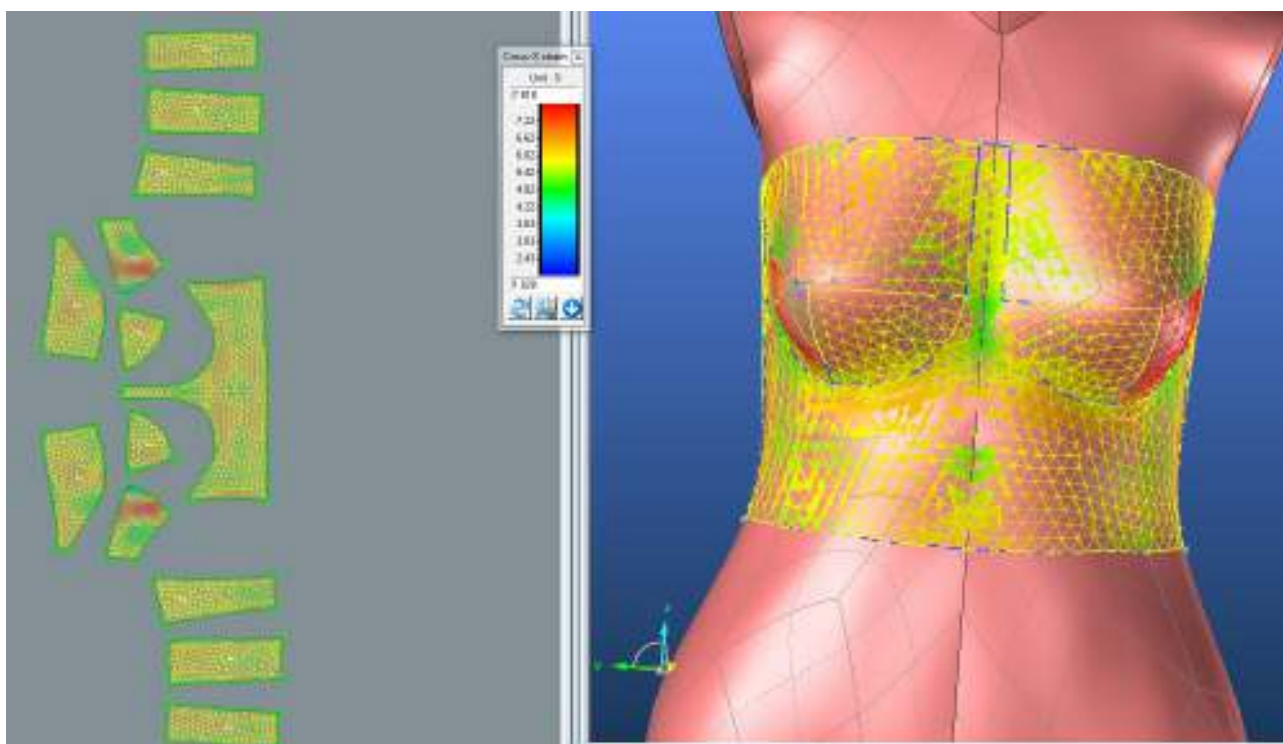
PD1



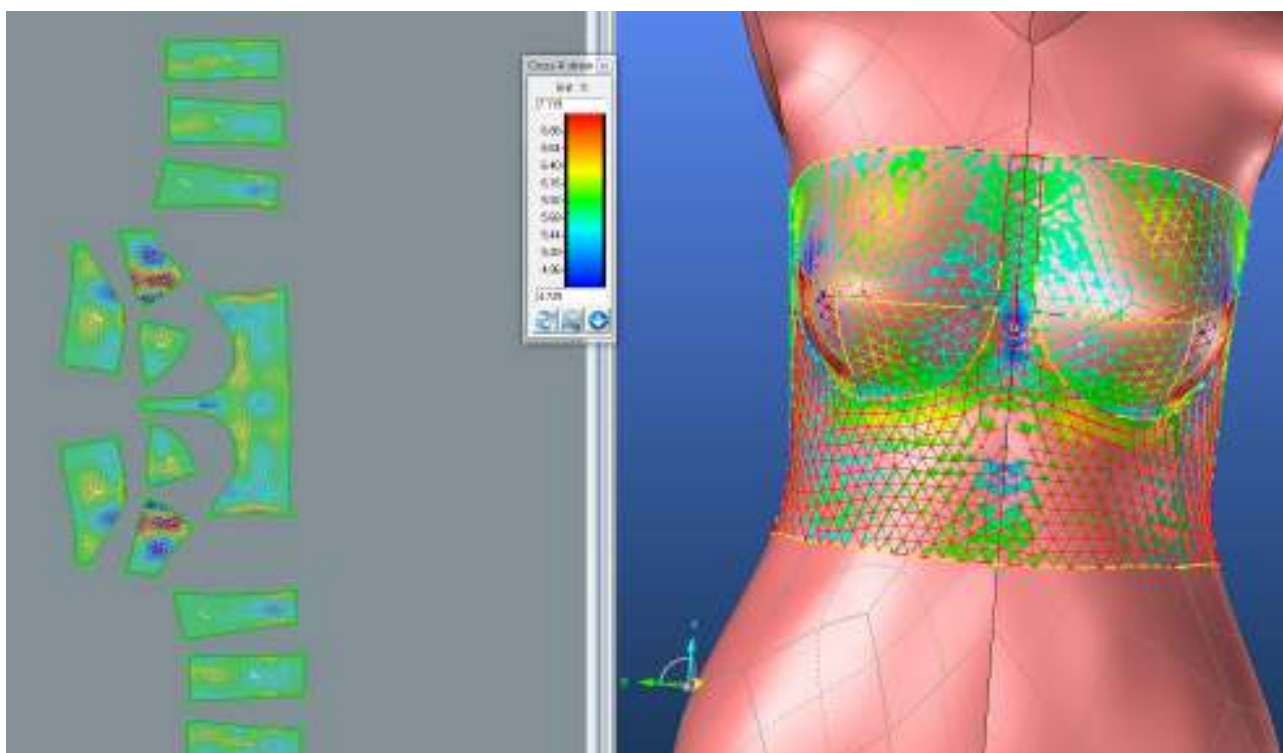
PD2



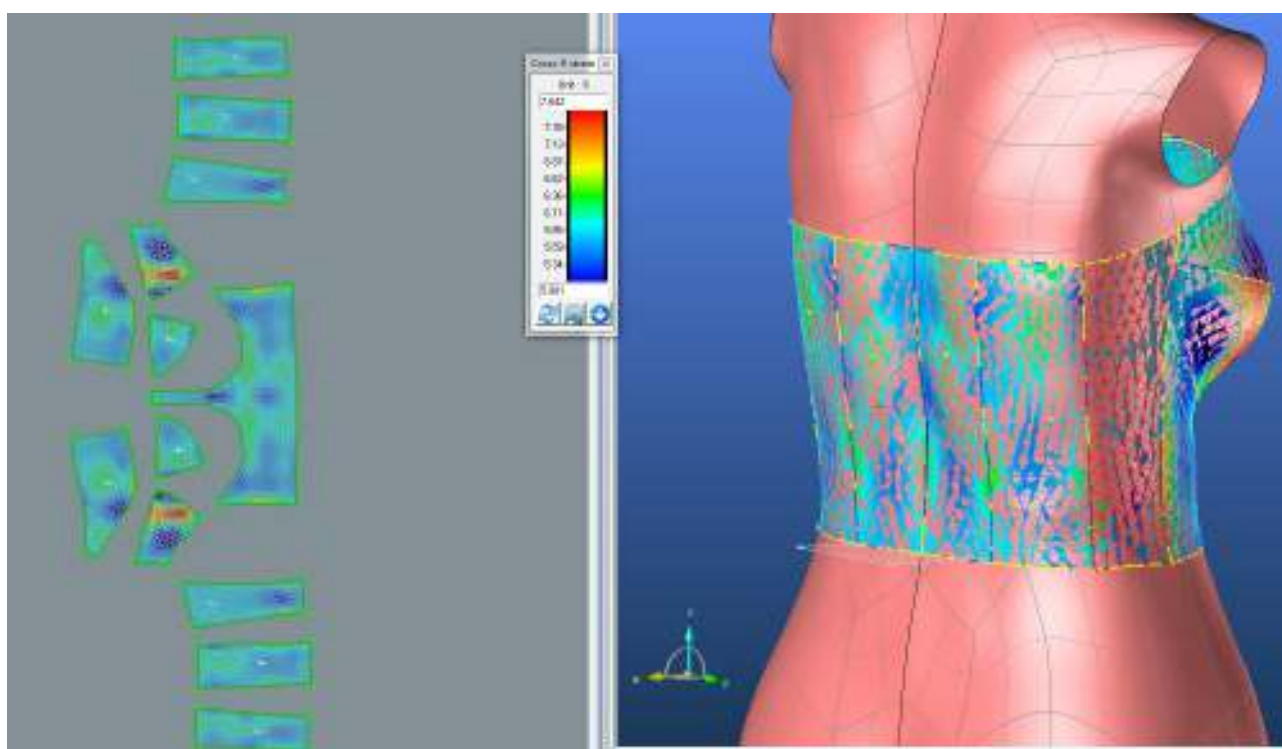
PD3



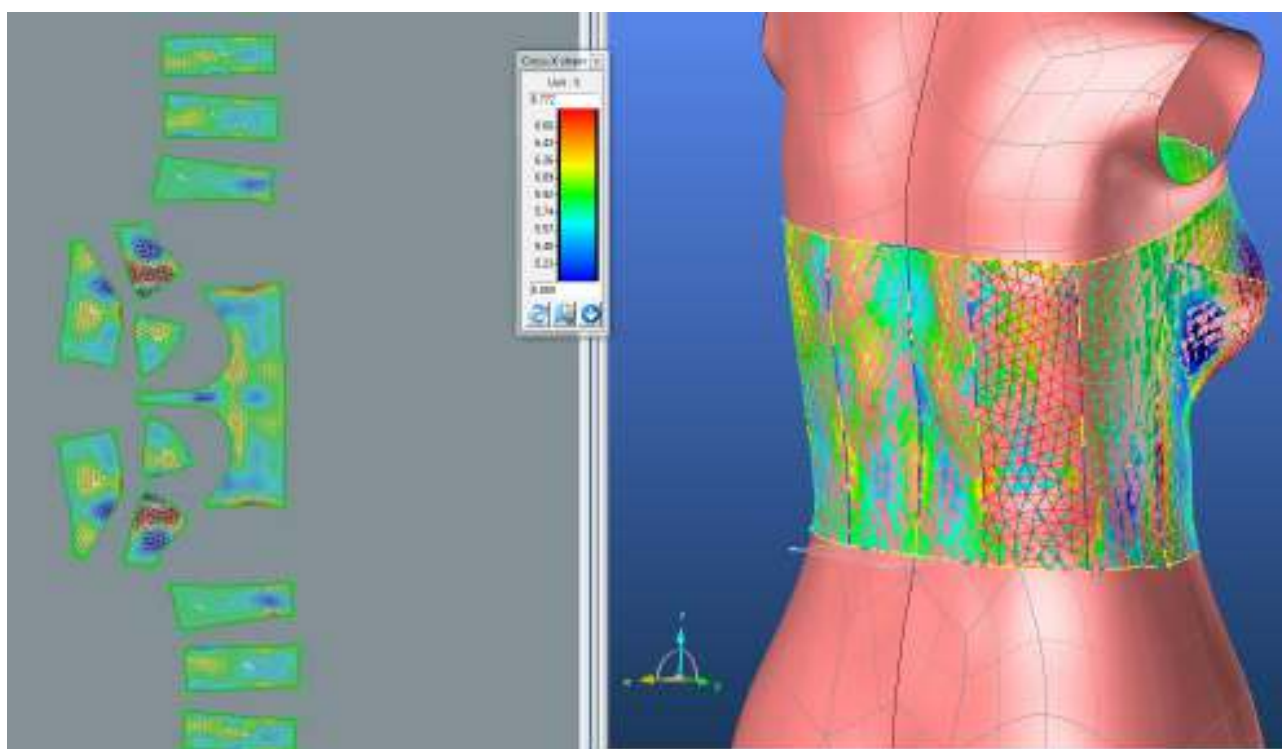
SEDLO



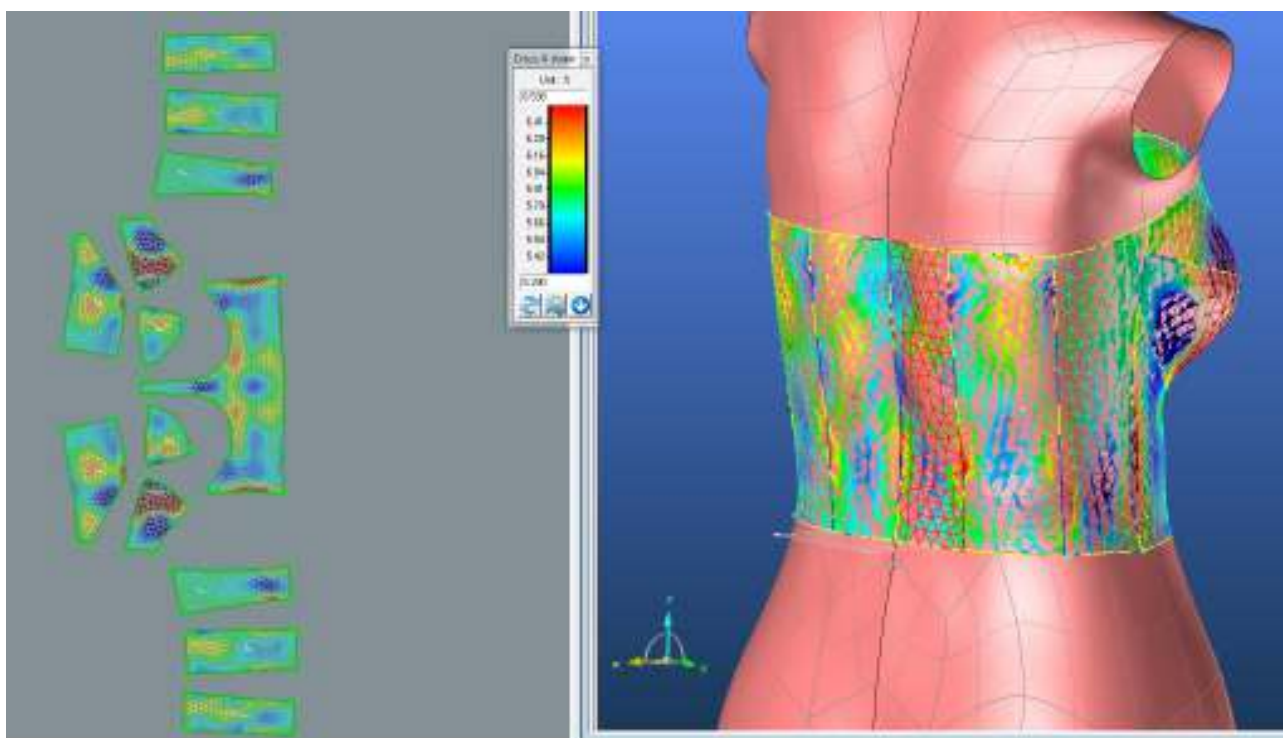
ZD1



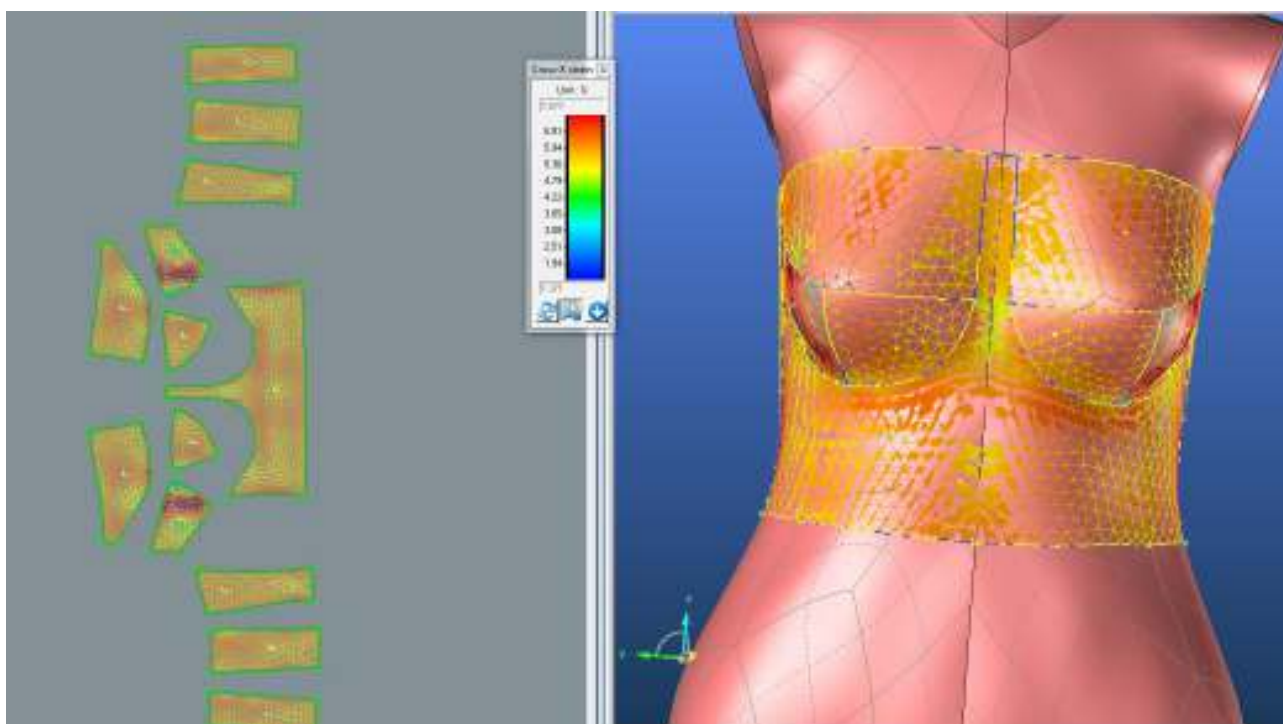
ZD2



ZD3

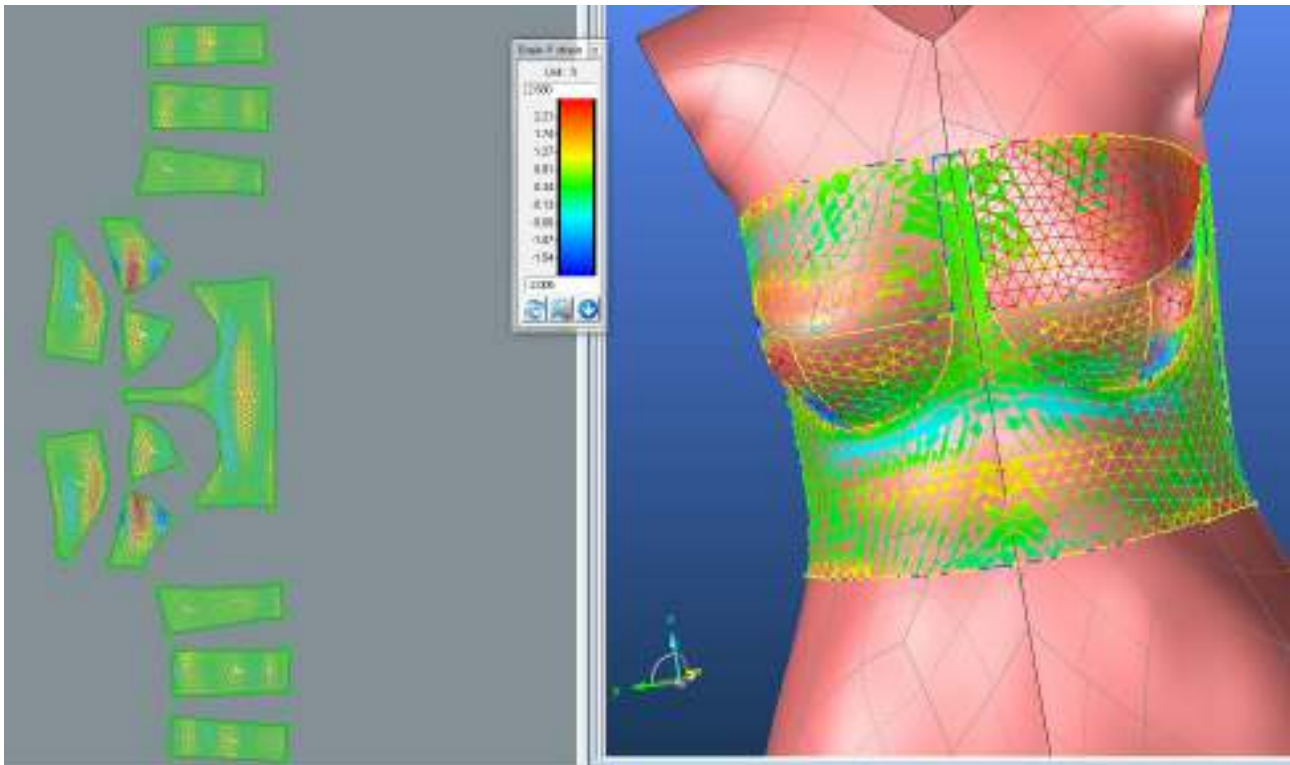


LIMIT

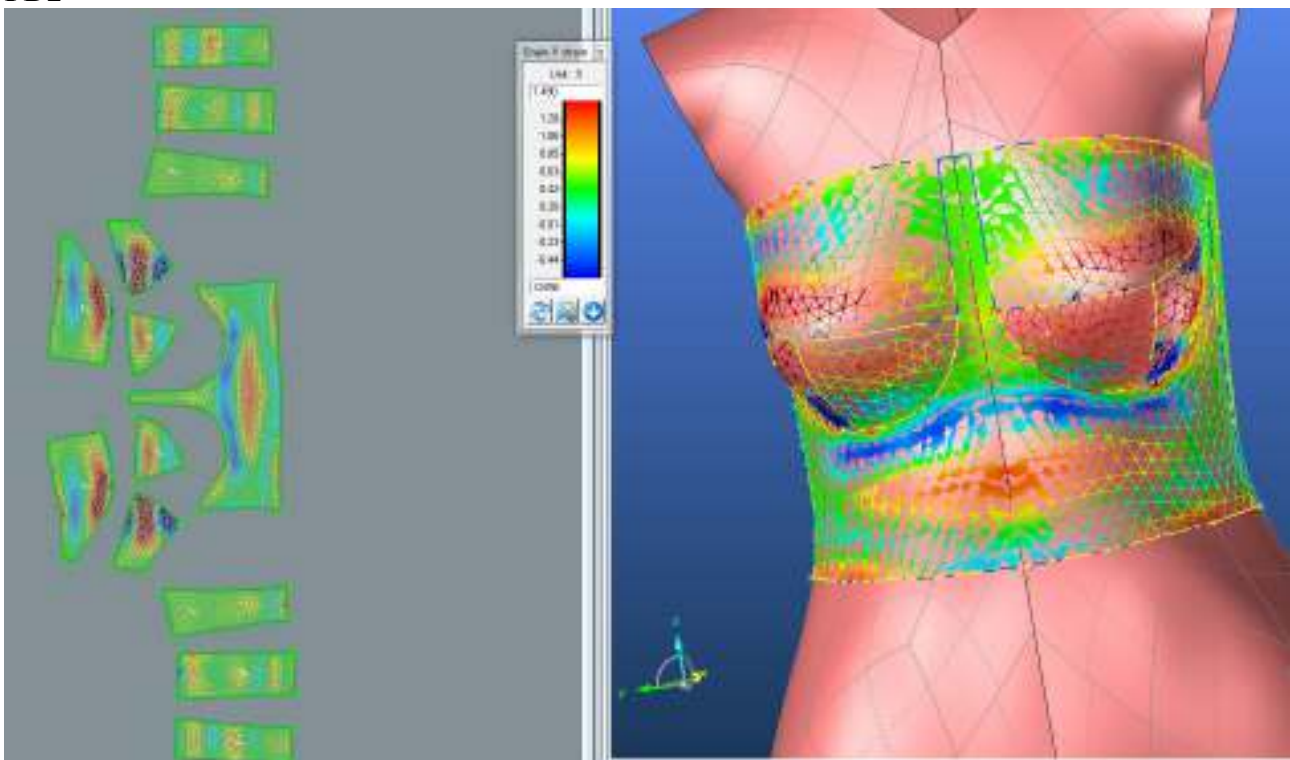


3.4.2.2. Grain-Y strain

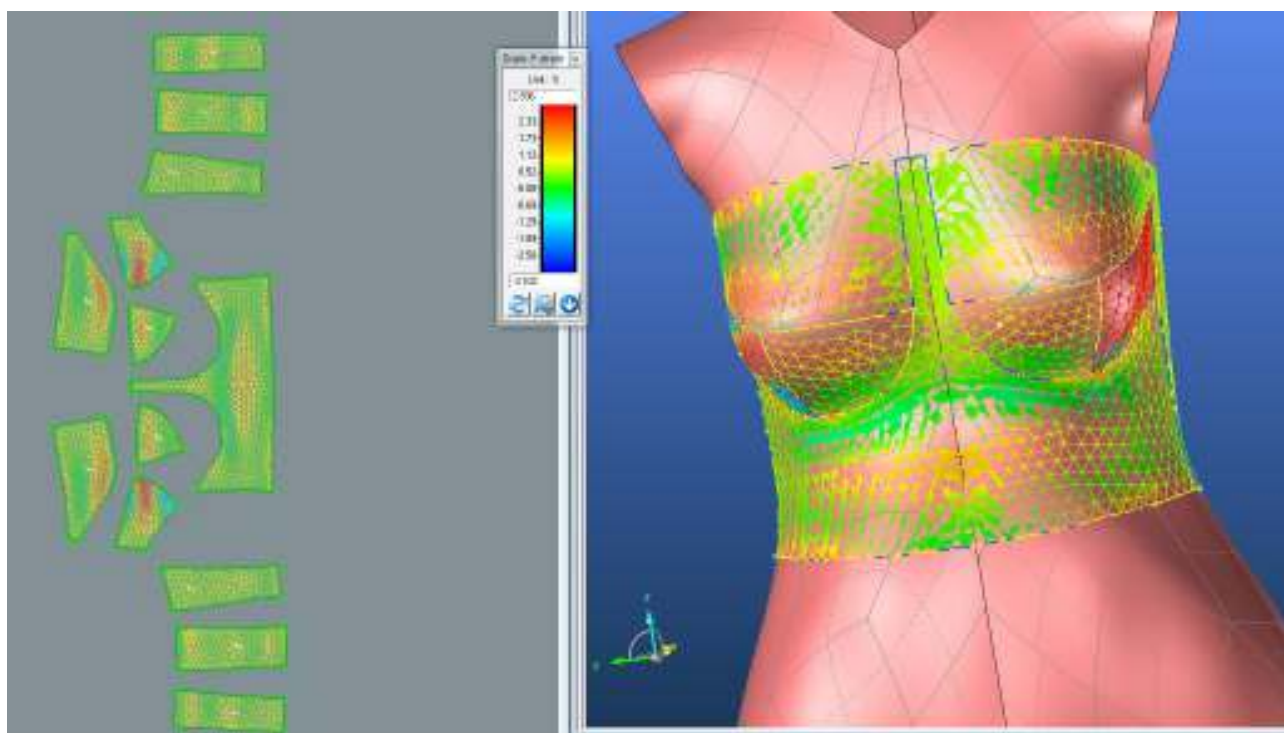
PD1



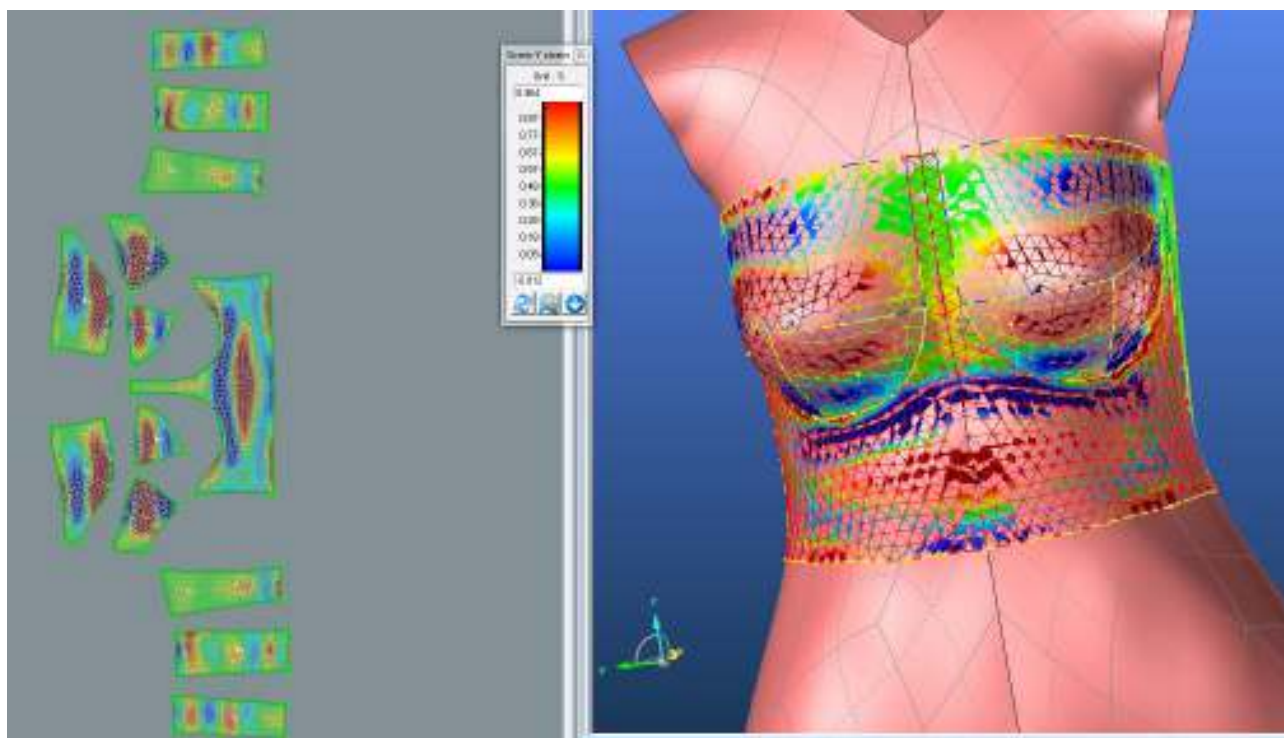
PD2



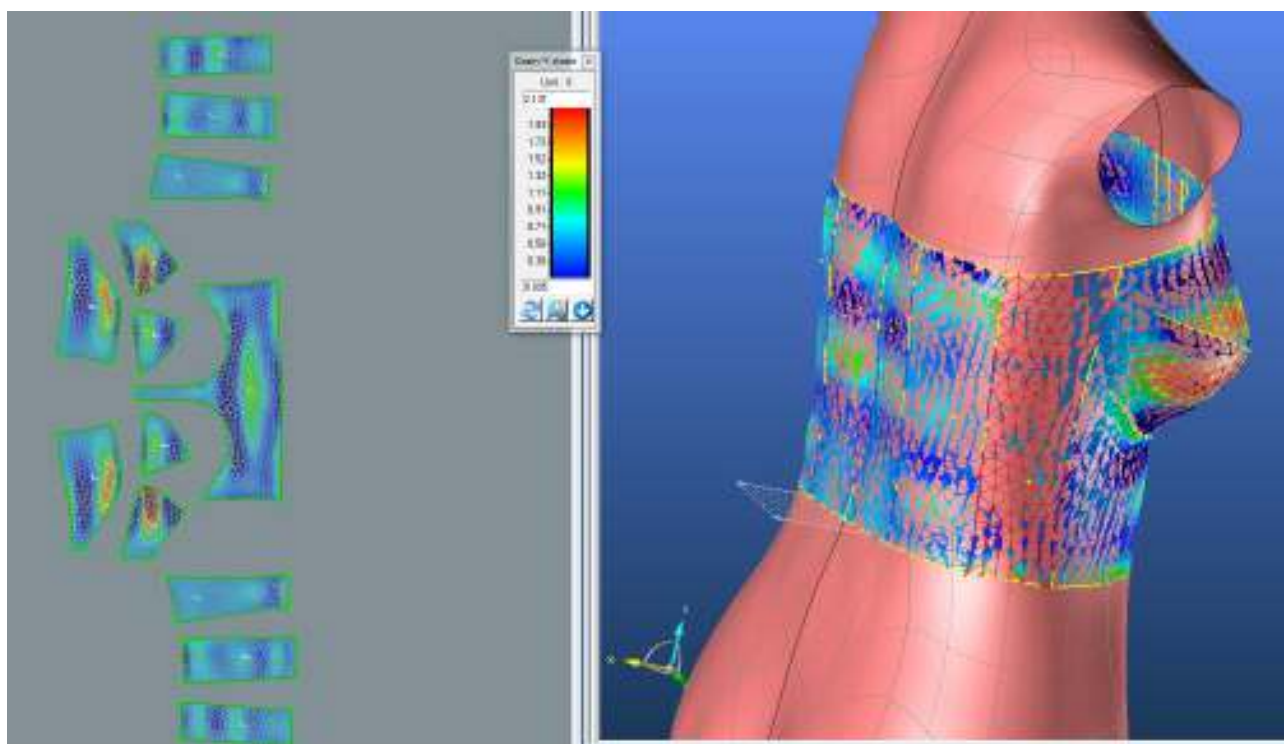
PD3



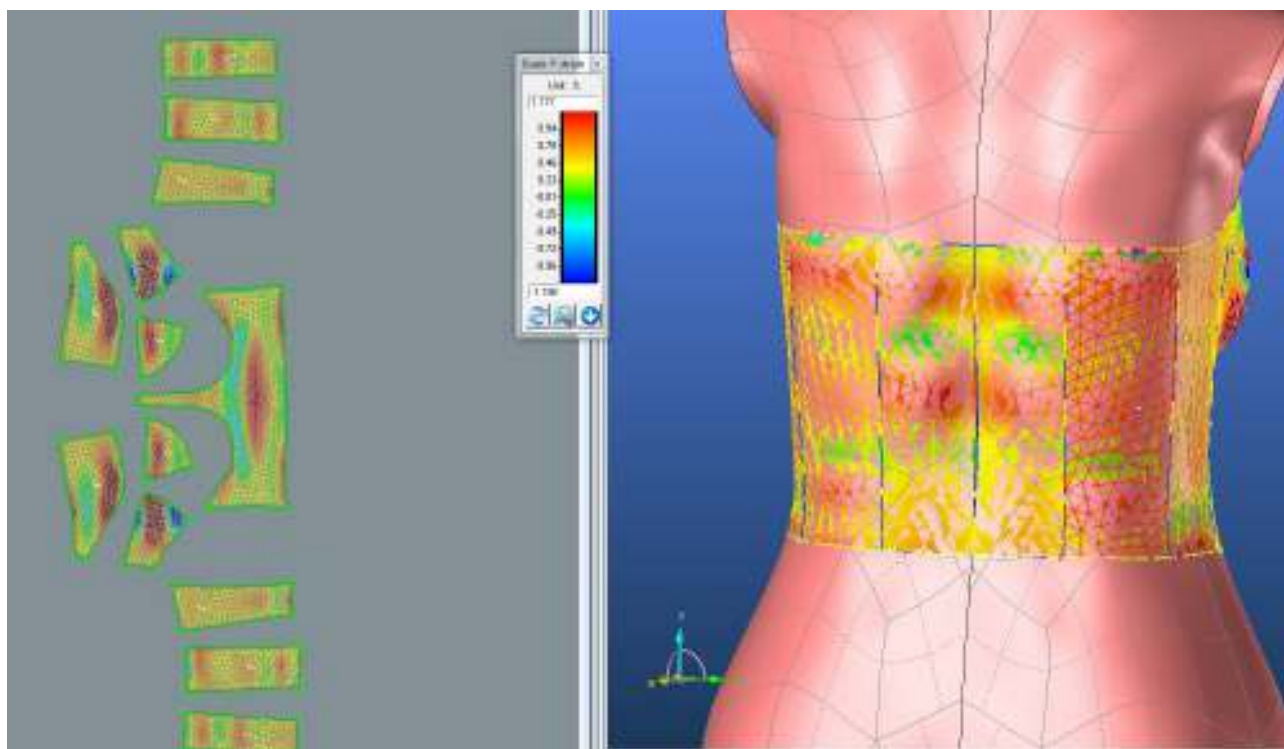
SEDLO



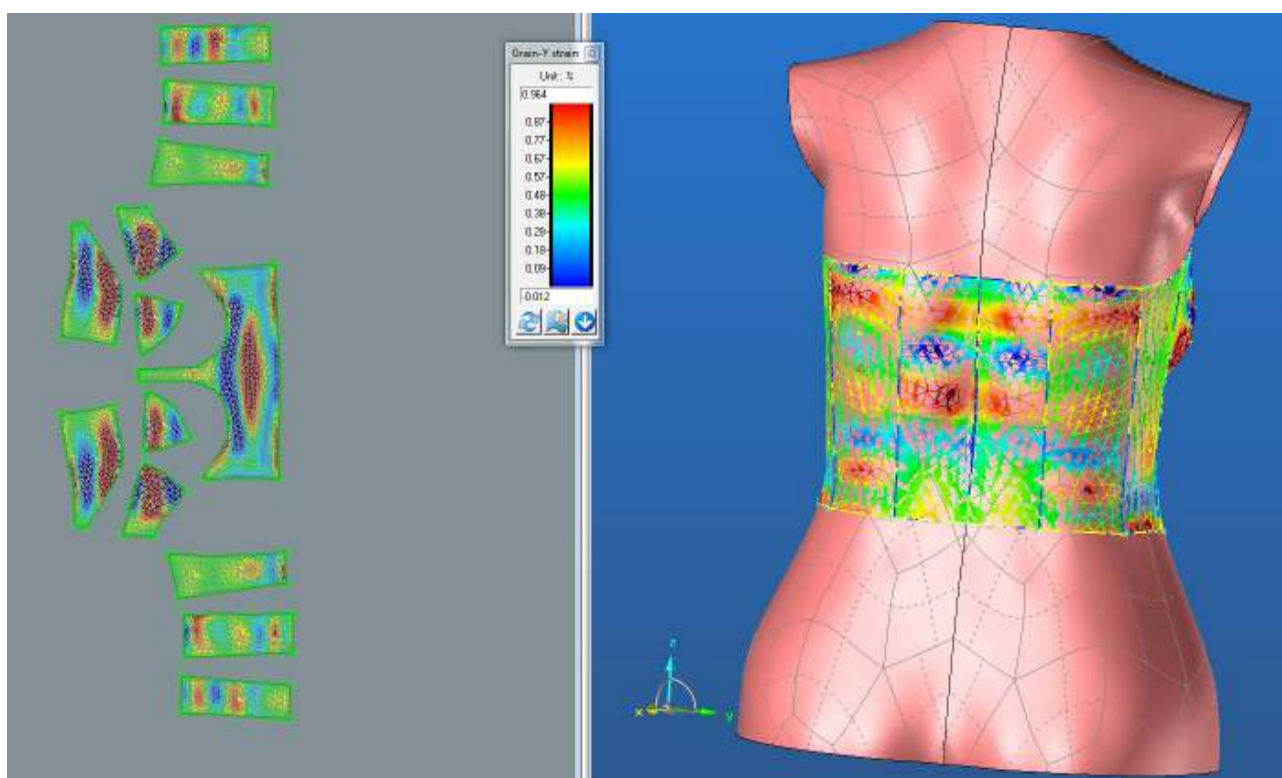
ZD1



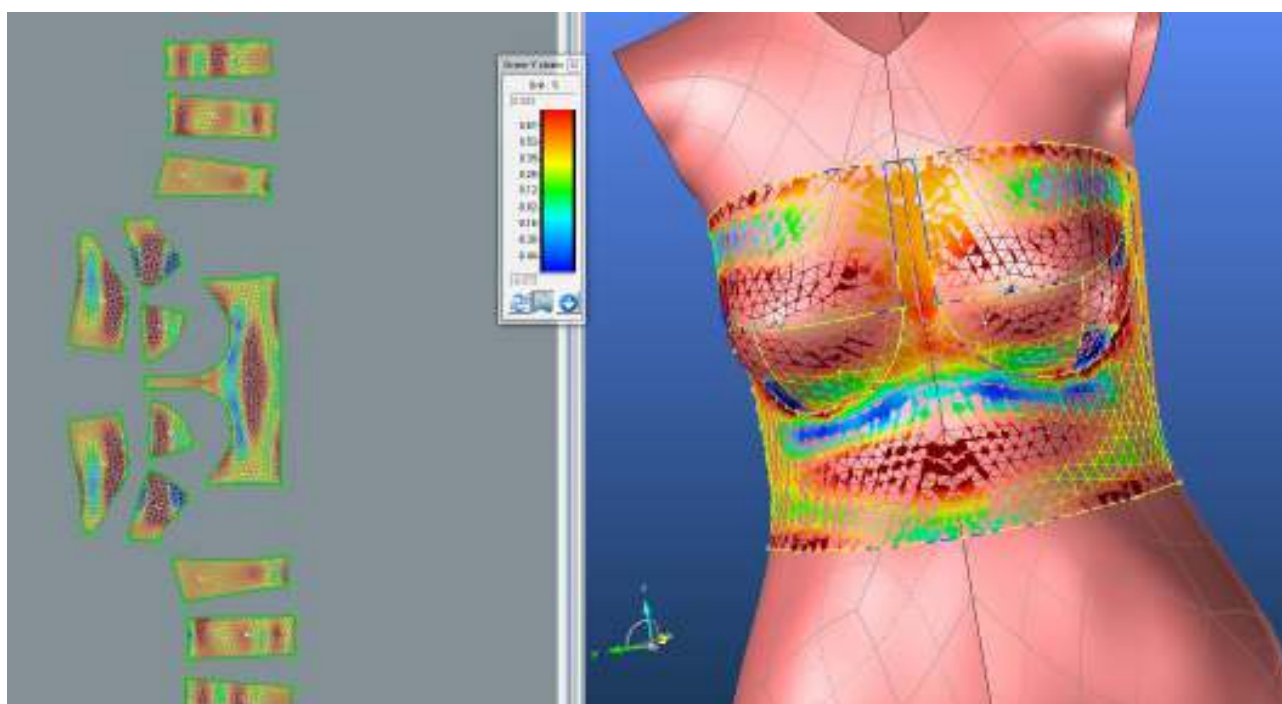
ZD2



ZD3

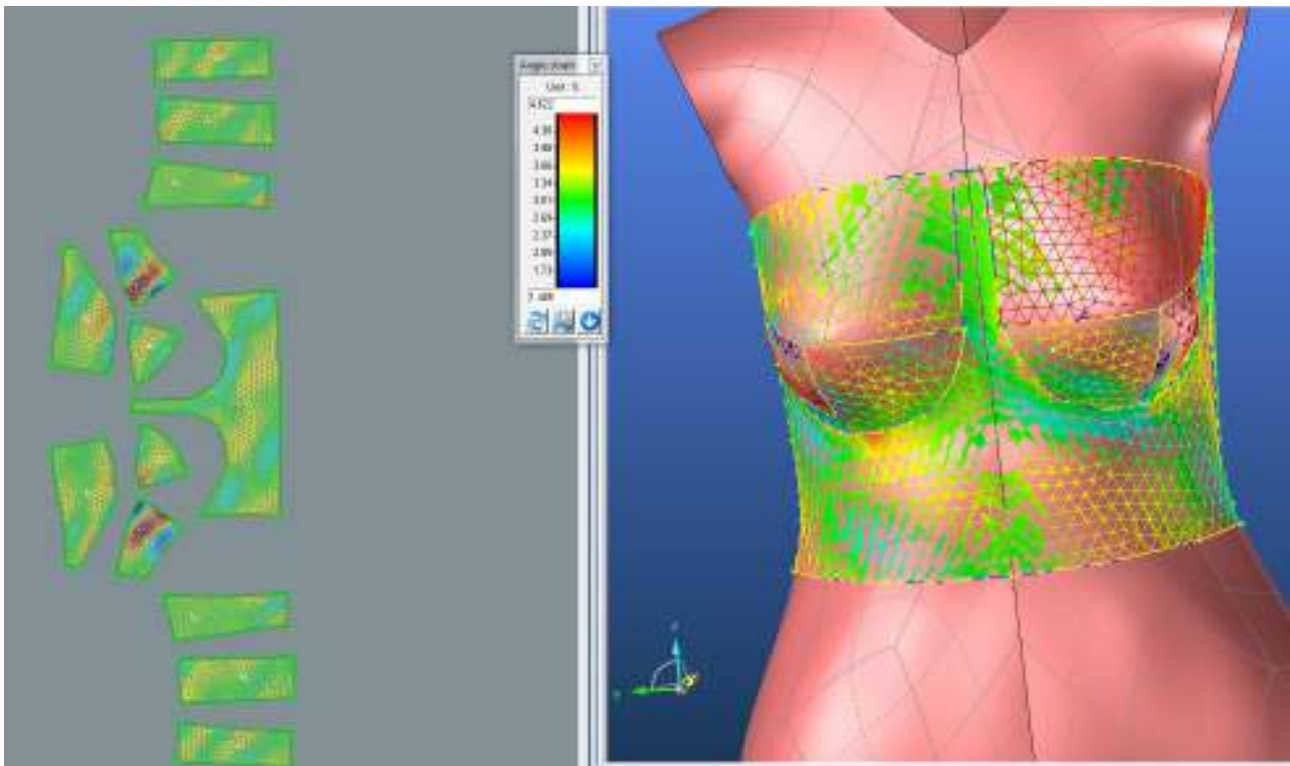


LIMIT

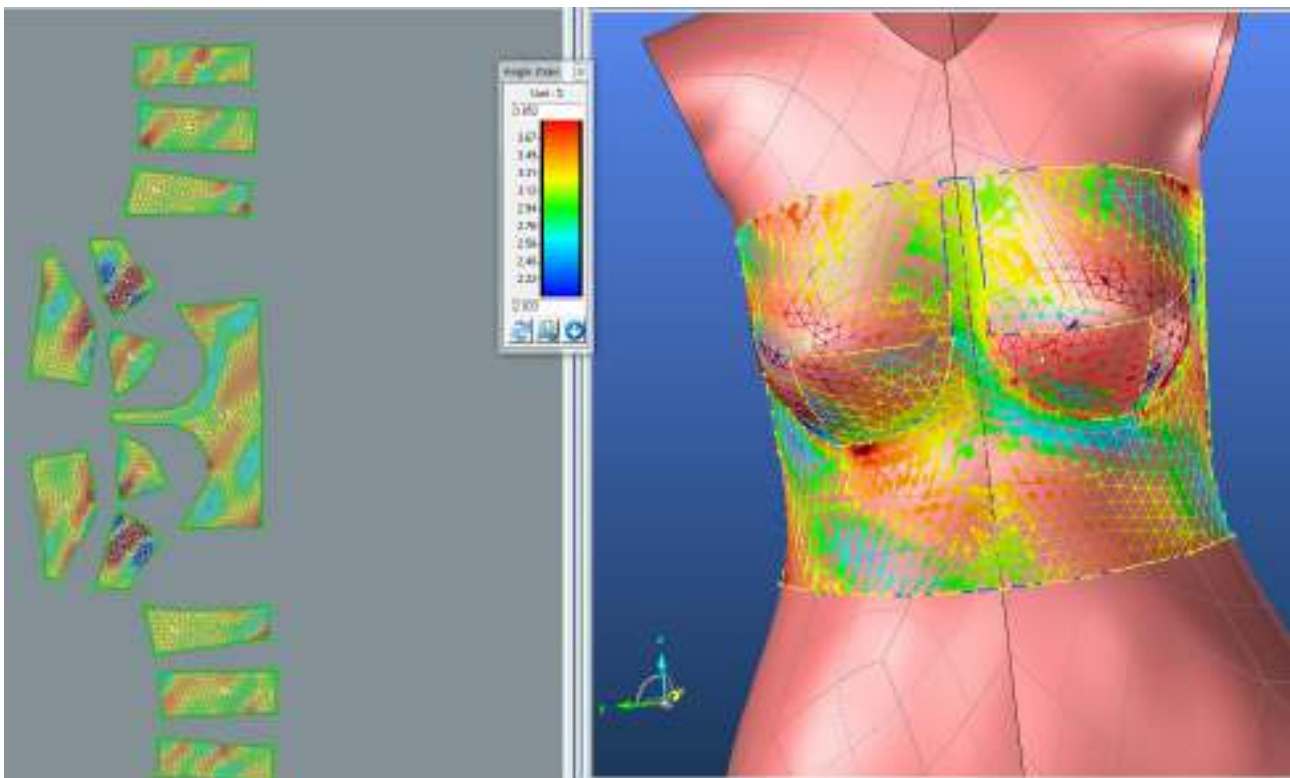


3.4.2.3. Bias 45° Strain

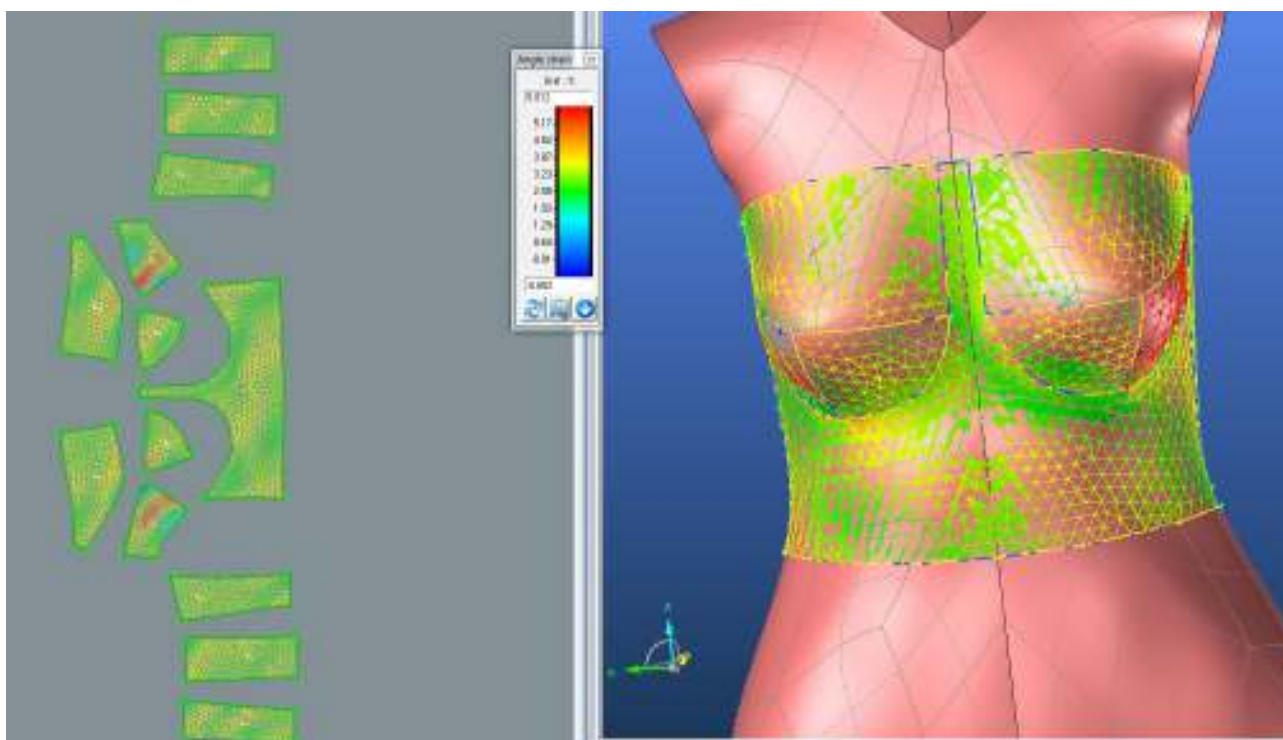
PD1



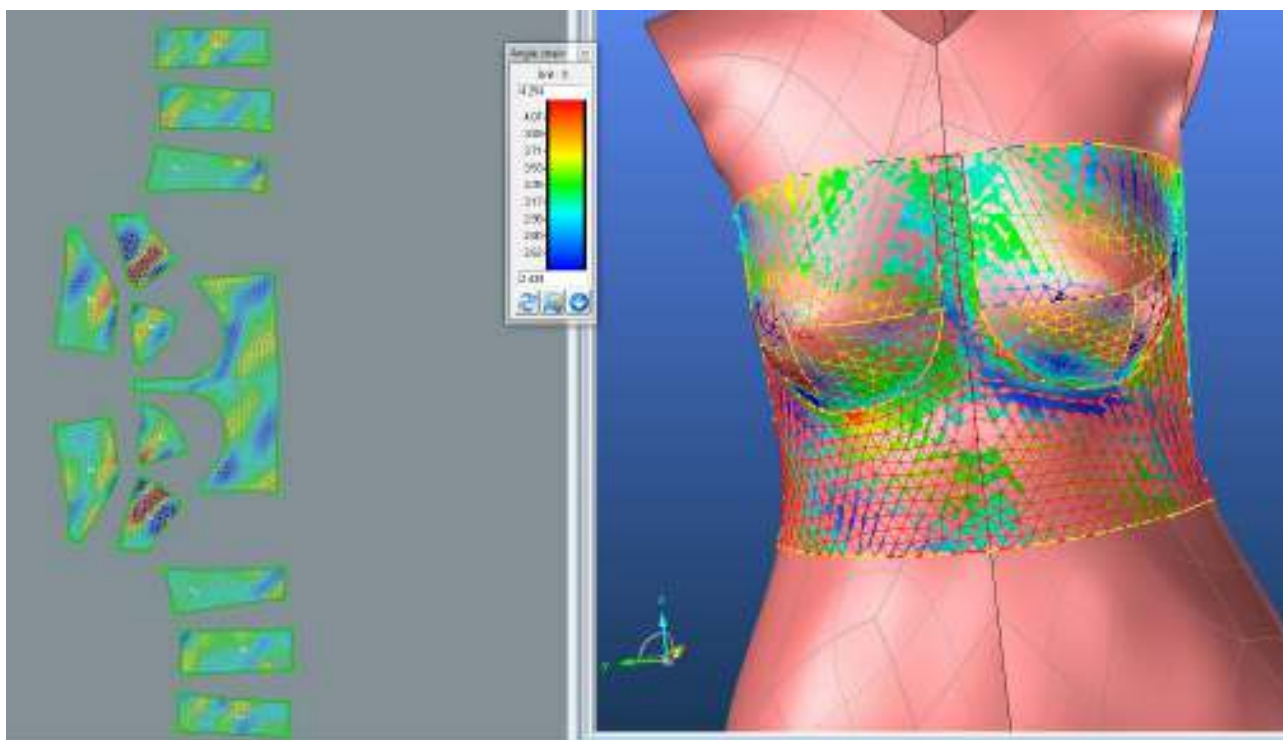
PD2



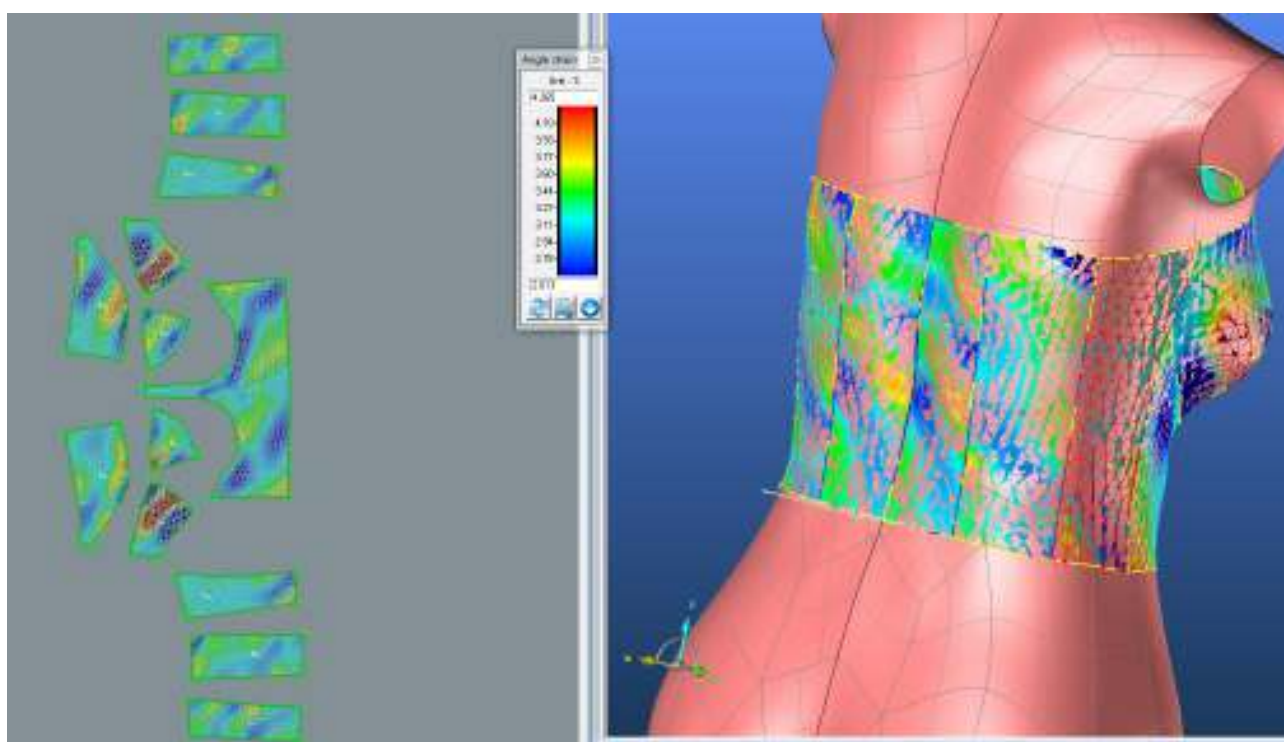
PD3



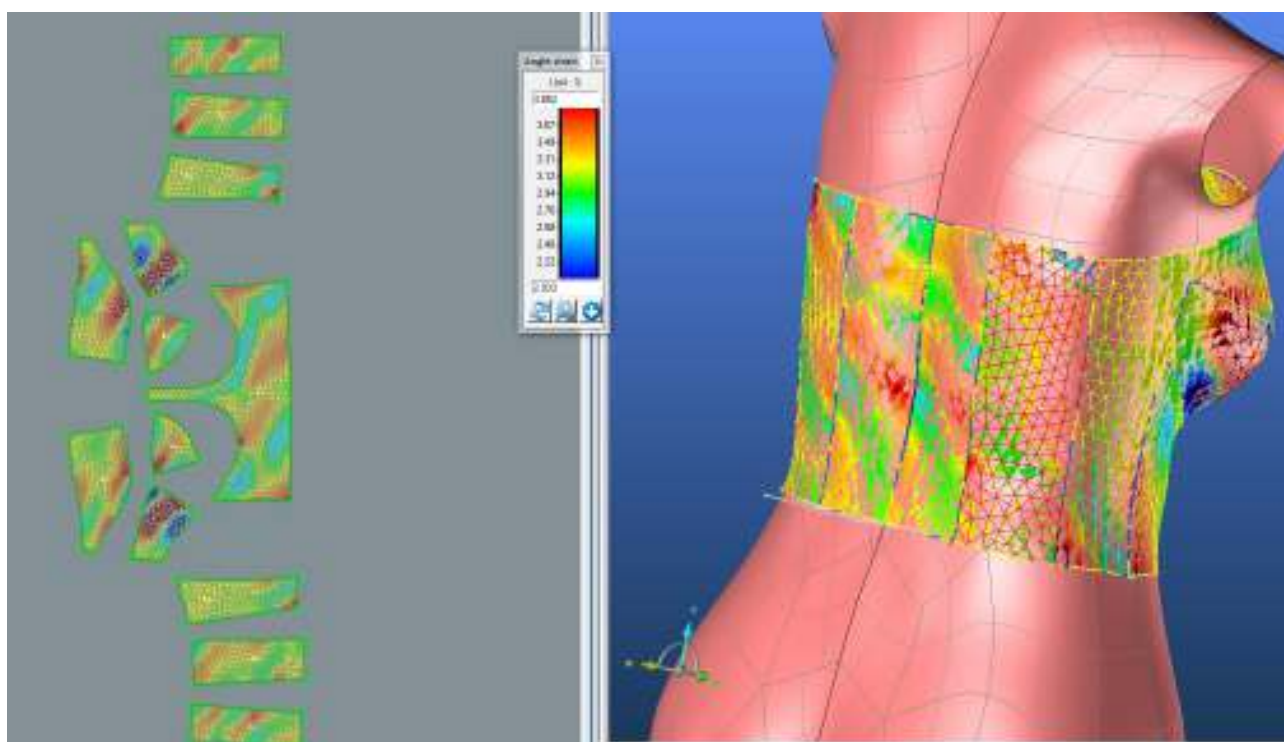
SEDLO



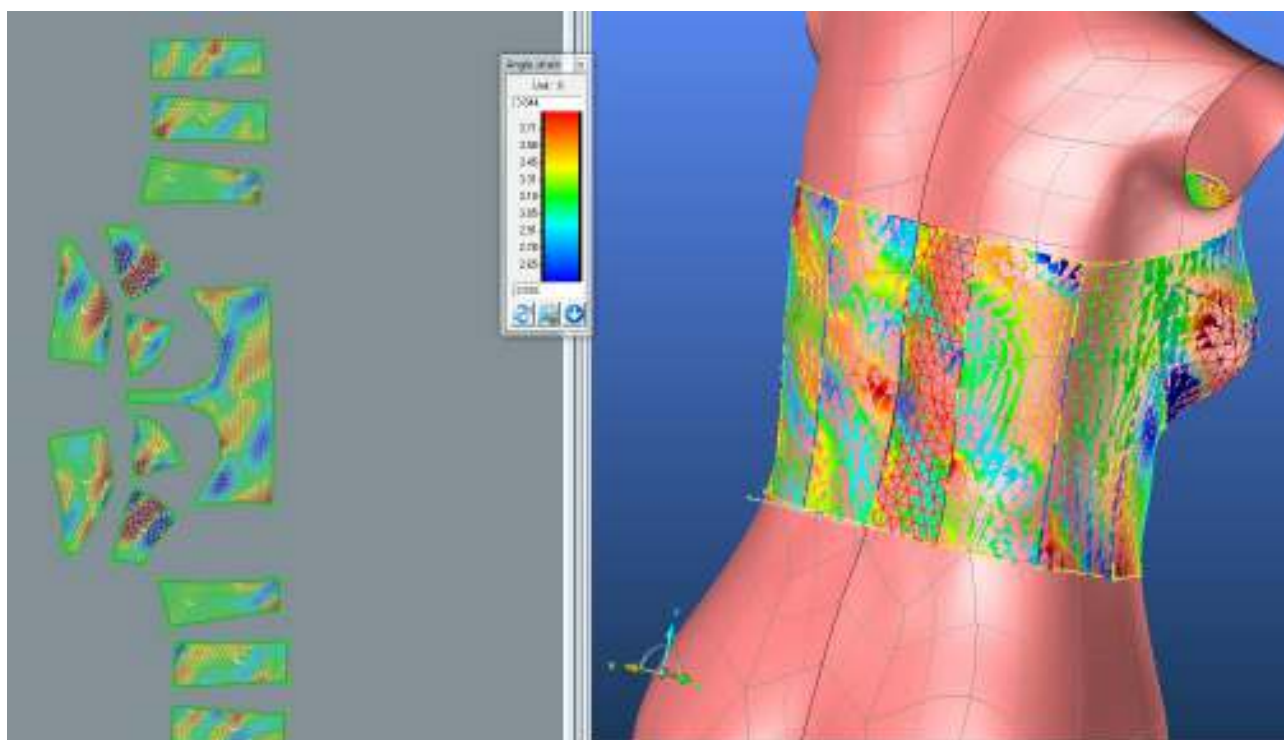
ZD1



ZD2



ZD3



3.4.3. Střih 3 – varianta 2 – materiál M2 – Výsledné hodnoty analýzy mechanických vlastností

M2	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
PD 1	Max	1.405	2.158	4.050	0
	Min	0.033	-3.893	-2.112	0
Optimalizace	Max	1.405	6.203	0.240	0.001
	Min	0.033	-3.403	-6.216	-0.001
PD 2	Max	1.319	1.244	2.142	0
	Min	0.022	-2.097	-1.229	0
Optimalizace	Max	1.319	6.102	1.626	0.001
	Min	0.022	-1.600	-5.751	-0.001
PD3	Max	3.495	3.442	5.572	0
	Min	0.055	-5.278	-3.327	0
Optimalizace	Max	3.495	8.350	4.523	0.001
	Min	0.055	--4.327	-7.707	-0.001
PD sedlo	Max	1.705	1.696	1.527	0
	Min	0.019	-0.775	-2.208	0
Optimalizace	Max	0.922	7.472	1.469	0
	Min	0.022	-0.919	-6.464	-0.001

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	1.757	39.238	9.905	0
	Min	-0.919	-9.397	0	0
Optimalizace	Max	7.679	39.238	35.608	0
	Min	4.848	-9.397	24.689	-0.001
PD 2	Max	0.543	27.913	3.134	0
	Min	-0.948	-23.140	0	0
Optimalizace	Max	6.95	27.913	30.950	0
	Min	4.817	-23.140	24.559	-0.001
PD3	Max	1.887	30.284	10.596	0
	Min	-3.772	-19.471	0	0
Optimalizace	Max	7.818	30.284	36.076	0
	Min	1.828	-19.471	10.283	-0.001
PD sedlo	Max	1.227	12.095	3.907	0
	Min	-1.035	-42.074	0	0
Optimalizace	Max	7.119	12.095	30.791	0
	Min	4.725	-42.074	26.471	-0.001

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	2.166	22.745	5.322	0
	Min	-2.495	-5.792	0	0
Optimalizace	Max	2.680	22.746	30.992	0.001
	Min	-2.005	-5.782	0	0
PD 2	Max	0.992	23.497	11.374	0
	Min	-1.152	-5.160	0	0
Optimalizace	Max	1.490	23.497	17.243	0
	Min	-0.656	-5.160	0	0
PD3	Max	0.790	22.268	28.007	0
	Min	-1.297	-15.400	0	0
Optimalizace	Max	2.936	22.268	33.948	0.001
	Min	-3.102	-15.400	0	0
PD sedlo	Max	2.247	20.183	25.997	0
	Min	-1.073	-28.189	0	0
Optimalizace	Max	2.761	15.239	31.930	0
	Min	-0.575	-31.459	0	0

	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
PD 1	Max	7.435	29.073	2.862	0
	Min	-1.799	-7.203	0	0
Optimalizace	Max	4.622	29.587	19.861	0.001
	Min	1.405	-7.136	6.042	0
PD 2	Max	0.645	25.080	2.773	0
	Min	-1.132	2.862	0	0
Optimalizace	Max	3.852	25.557	16.554	0
	Min	2.033	5.766	8.743	0
PD3	Max	2.562	25.078	11.101	0
	Min	-3.741	-29.037	0	0
Optimalizace	Max	5.812	24.760	24.964	0.001
	Min	-0.652	-29.262	0	0
PD sedlo	Max	1.055	15.116	4.583	0
	Min	-0.726	-24.938	0	0
Optimalizace	Max	4.254	14.774	18.280	0
	Min	2.439	-25.400	10.486	0

ZD

M2	Analýza	Shear angle [°]	3D strain [%]	2D strain [%]	Global pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.087	1.696	0.781	0
	Min	0.007	-0.775	-1.668	0
Optimalizace	Max	1.087	7.521	-0.363	0
	Min	0.007	-0.364	-6.995	0
ZD 2	Max	0.922	1.038	1.979	0
	Min	0.022	-1.941	-1.028	0
Optimalizace	Max	0.922	6.910	1.469	0
	Min	0.022	-1.448	-6.464	0
ZD 3	Max	0.637	0.788	0.830	0
	Min	0.038	-0.823	-0.781	0
Optimalizace	Max	0.637	6.628	0.240	0
	Min	0.038	-0.240	-6.216	0

	Cross-X	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.227	3.159	9.715	0
	Min	-1.035	-10.123	0	0
Optimalizace	Max	7.642	3.159	35.481	0
	Min	5.081	-10.123	25.676	0
ZD 2	Max	0.900	12.744	10.596	0
	Min	-0.719	-11.336	0	0
Optimalizace	Max	6.772	12.744	32.360	0
	Min	5.059	-11.336	25.583	0
ZD 3	Max	0.679	8.149	3.907	0
	Min	-0.501	-7.304	0	0
Optimalizace	Max	6.538	8.149	31.495	0
	Min	5.290	-7.304	26.562	0

	Grain-Y	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.620	24.251	18.753	0
	Min	-0.405	0.012	0	0
Optimalizace	Max	2.131	24.261	24.665	0
	Min	0.095	0.012	1.103	0
ZD 2	Max	0.671	25.962	13.323	0
	Min	-1.692	3.629	0	0
Optimalizace	Max	1.177	25.962	30.992	0
	Min	-1.198	3.629	0	0
ZD 3	Max	0.459	20.183	5.322	0
	Min	-0.512	-28.189	0	0
Optimalizace	Max	0.964	20.183	11.165	0
	Min	-0.012	-28.189	0	0

	Bias 45°	Strain [%]	Curvature [m-1]	Stress [N/m]	Pressure [MPa]
ZD 1	Max	1.046	14.585	4.497	0
	Min	-0.564	-7.567	0	0
Optimalizace	Max	4.265	13.891	18.328	0
	Min	2.613	-6.468	11.235	0
ZD 2	Max	0.838	16.179	3.602	0
	Min	-0.669	-6.379	0	0
Optimalizace	Max	3.852	15.793	17.532	0
	Min	2.033	-6.602	9.879	0
ZD 3	Max	0.624	14.301	2.683	0
	Min	-0.652	-14.585	0	0
Optimalizace	Max	3.844	13.927	16.521	0
	Min	2.516	-14.049	10.815	0