



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239

KKS/CAED

Návod k praktickému cvičení Skenování I.

Ing. Petr Votápek, Ph.D. a kolektiv

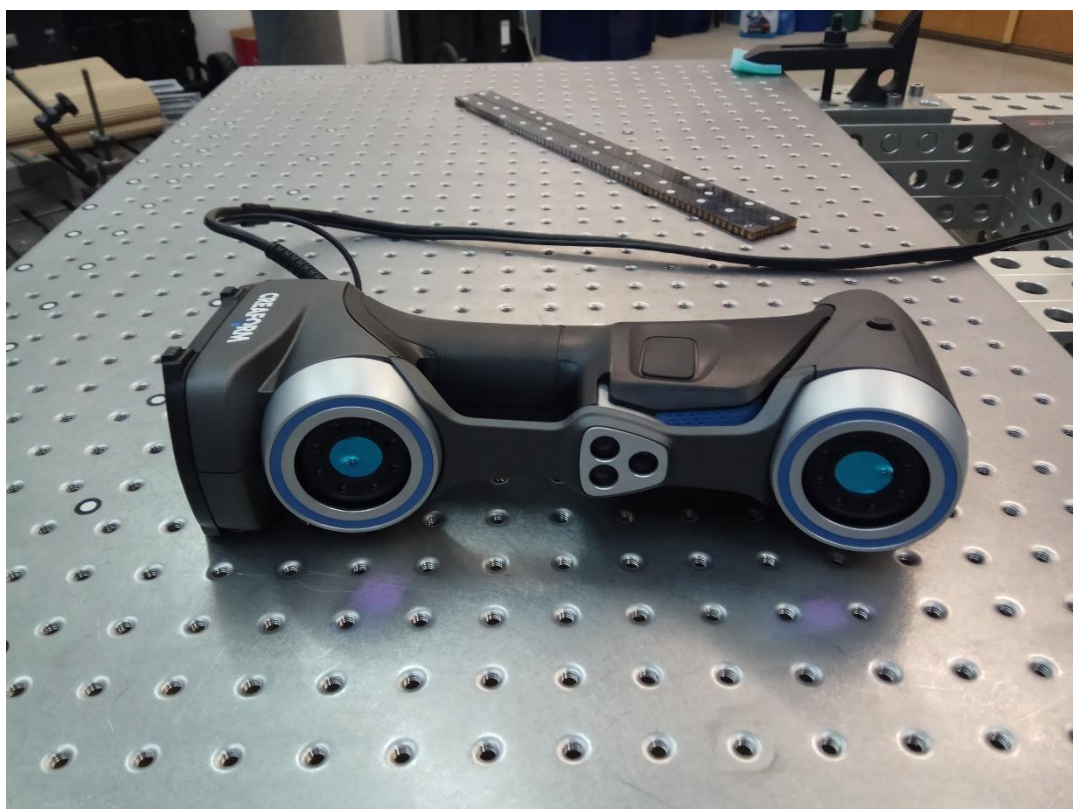


Katedra konstruování strojů
Fakulta strojní

,verze -2.0

1. Skenování HandySCANem

HandySCAN 700 od firmy Creaform je ruční laserový skener s objemovou přesností $0,02 + 0,015\text{mm/m}$. Kompaktní design a nízká hmotnost umožňují jednoduchou manipulaci a vysokou produktivitu skenování. Skener promítá na skenovaný objekt laserovými paprsky kříže, které neustále snímá pomocí vestavěného optického systému. Na základě laserové triangulace pak probíhá výpočet pozice bodů na povrchu součásti. Orientaci skeneru v prostoru zajišťuje síť reflexních pozičních značek nalepených na skenované objekty.



Obrázek 1: HandySCAN 700

1.1. Příprava skenovaného objektu

Kvalita a přesnost měření přímo souvisí s odrazivostí, respektive propustností záření materiálu povrchu skenovaného objektu. Odrazivost lze z velké části kompenzovat nastavením intenzity laserového paprsku. Povrchy s vysokou propustností, velmi vysokou odrazivostí nebo naopak velmi vysokou absorpcí záření je nutné pro potřebu 3d skenování upravit. Nejjednodušším řešením je nanesení tenké vrstvy zmatňujícího přípravku. Nanesená vrstva musí být co nejtenčí a homogenní, aby neovlivňovala výsledky skenování.

Pro ukázkou byl jako skenovaný objekt zvolen blistr, sloužící jako manipulační a skladovací zásobník. Blistr je vyroben z transparentního PET materiálu. Vysoká propustnost i odrazivost povrchu materiálu by znemožnila dosažení přijatelné kvality skenování.



Obrázek 2: Blistr - transparentní PET

Povrch blistru byl proto upraven nanesením vrstvy přípravku NORD-TEST U 89, který povrch zmatňuje a tím upravuje optické vlastnosti povrchu.



Obrázek 3: Přípravek NORD-TEST U 89

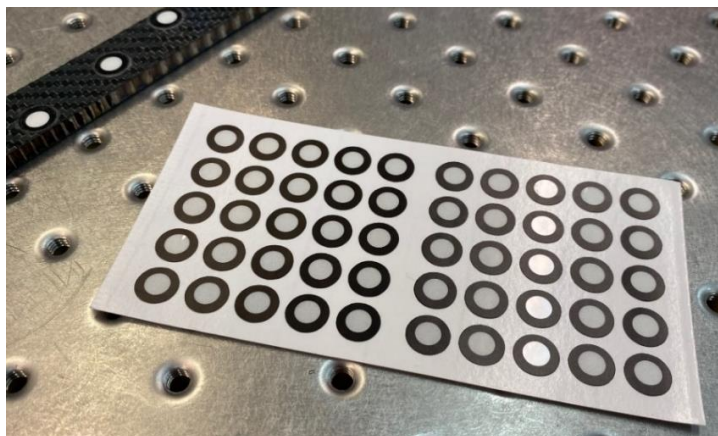
Hodnota tloušťky takto nanesené vrstvy je v řádu jednotek mikrometrů, relativně tedy z pohledu objemové přesnosti neovlivňuje výsledek skenování.



Obrázek 4: Blistr s povrchovou úpravou – nanesenou vrstvou

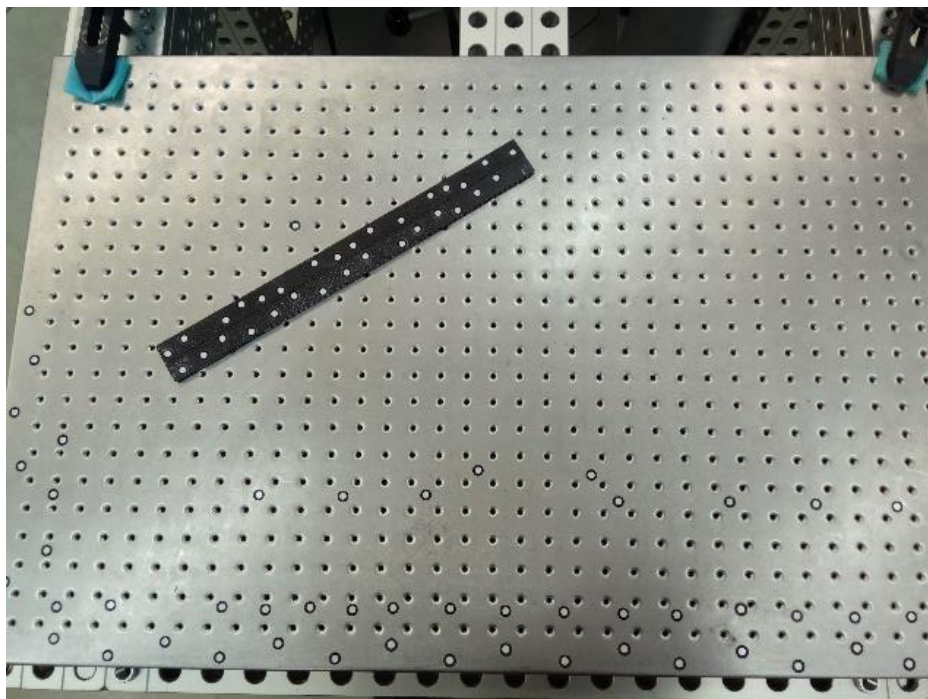
1.2. Příprava orientační sítě

Dalším krokem je příprava blistru a okolního prostředí pro zajištění orientace skeneru v prostoru. Skener vyhodnocuje svou polohu na základě vzdálenosti od unikátního vzoru čtyř a více značek. Značky musí být proto umístěny v takové vzdálenosti od sebe, aby byly v zorném poli skeneru vždy nejméně 4 z nich, zároveň musí být jejich vzájemné vzdálenosti různé a neopakující se, aby nedocházelo k vytváření opakujících se vzorů ve výsledném poli, což by vedlo ke ztrátě informace o poloze skeneru vůči měřenému objektu. Poloha značek ve vytvořeném poli se v průběhu měření nesmí měnit, značky se proto nesmí vůči sobě pohnout, aby nedošlo například k posunutí nebo překrytí výsledné sítě. Ze stejného důvodu se nesmí pohnout ani skenovaný objekt. Značky je možné v průběhu měření doplňovat pro zjemnění pole.

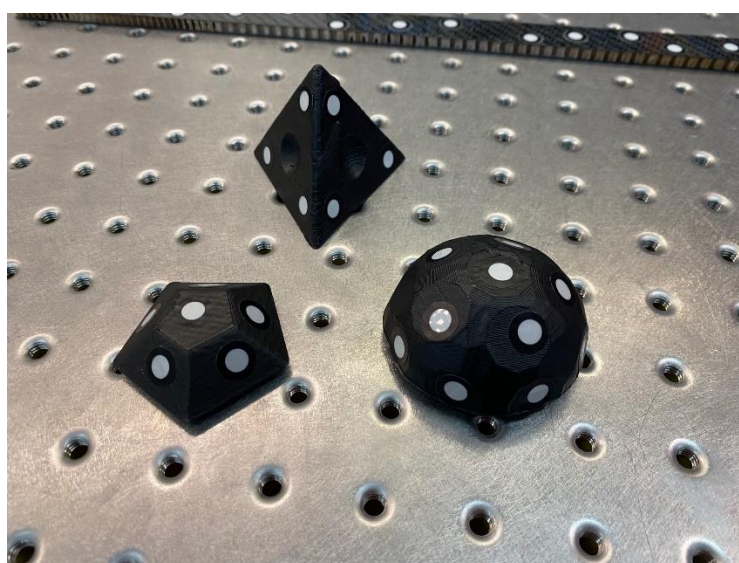


Obrázek 5 - Reflexní poziční značky

Značky mohou být umístěny přímo na skenovaný objekt, na skenovací podložku nebo na různé přípravky. Záleží na složitosti a velikosti skenovaného objektu. Pokud jsou značky přímo na skenovaném objektu, je potřeba, aby byly lepeny na rovinné plochy a do určité vzdálenosti od hran. Toto omezení vzniká kvůli následnému post-processingu, při kterém jsou značky z výsledné sítě odstraněny a aproximačně nahrazovány v kontextu se zakřivením jejich bezprostředního okolí. V místech, kde dochází ke skokové změně tvaru, by tato aproximace vytvářela plochy neodpovídající reálnému tvaru.

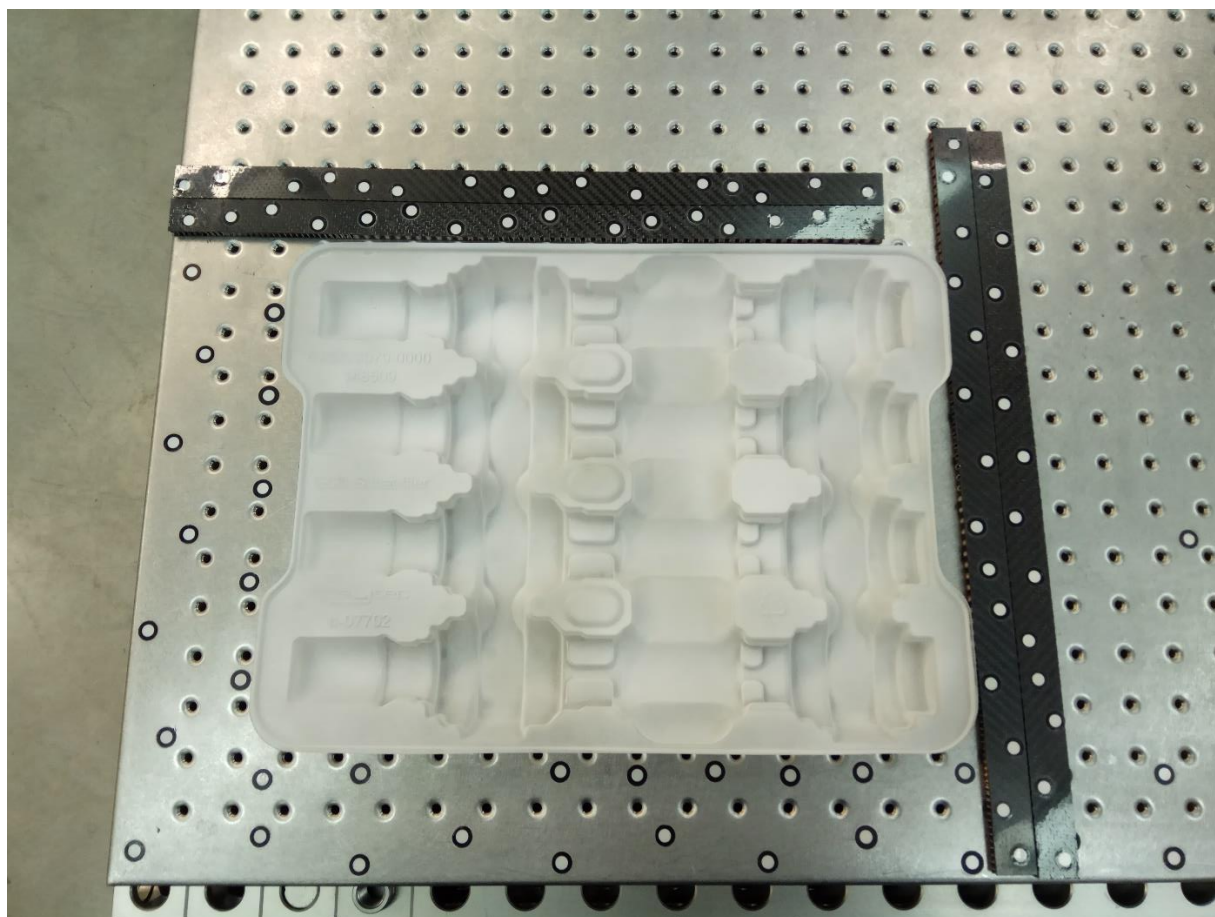


Obrázek 6: Podložka a přípravek pro skenování



Obrázek 7: Přípravky

Velikost zorného pole skeneru v tomto případě umožnila ponechat blistr značkami nepolepený. Blistr byl ustaven na podložce určené ke skenování polepené pozičními značkami okolo blistru ze dvou stran, ze zbylých stran byly k blistru přidány přípravky se značkami kvůli možnosti dalšího skenování blistrů jiných formátů.

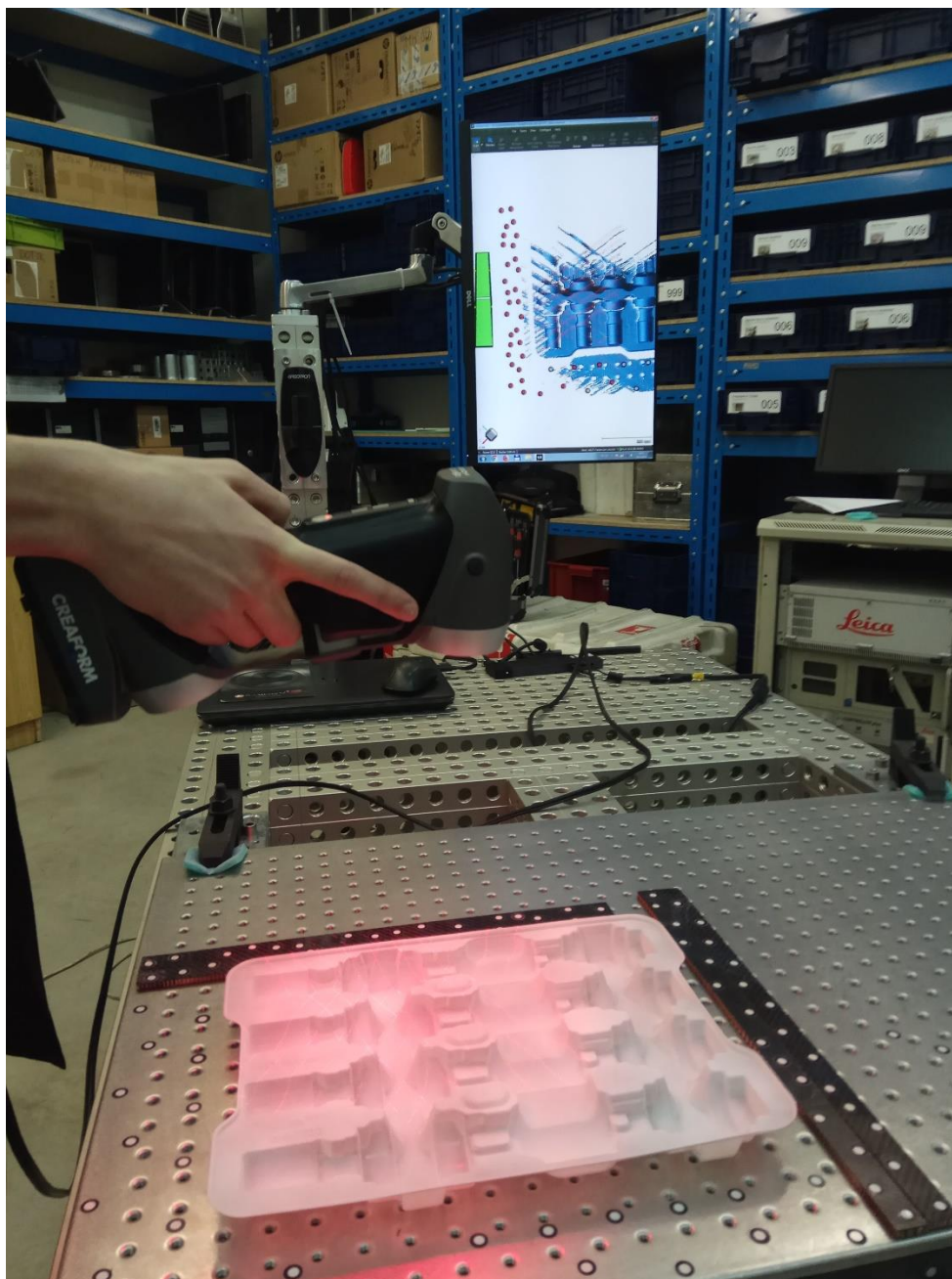


Obrázek 8: Blistr s přípravky na skenovací desce

1.3.Skenování

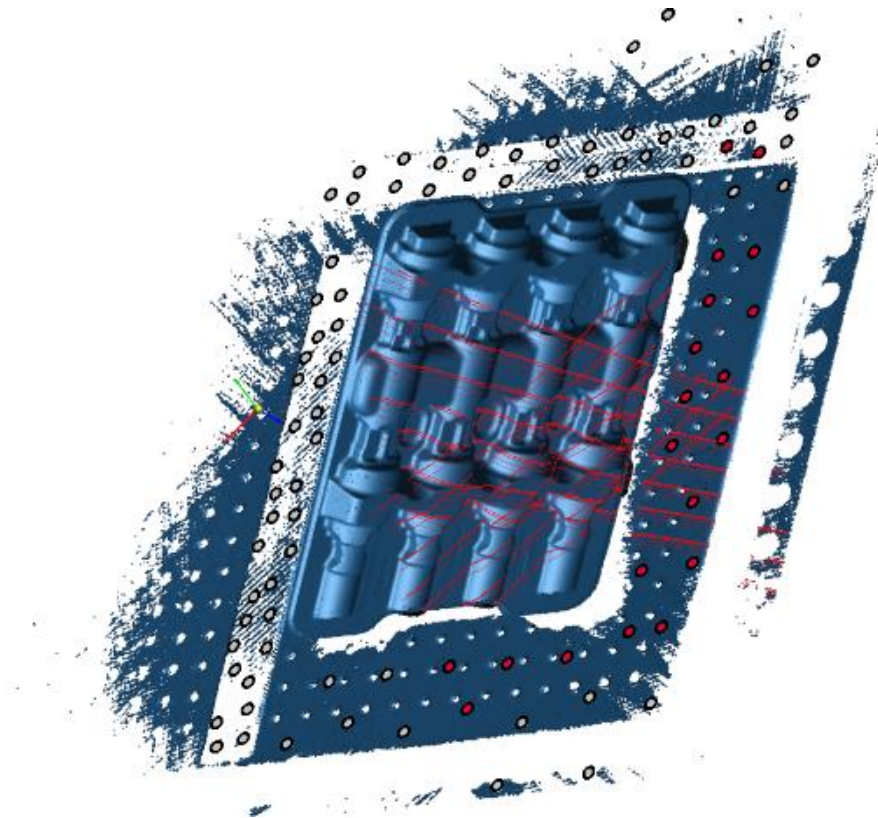
Pro skenování byla zvolena strana, ze které jsou do blistru vkládány díly. Kvůli technologii tvarování mají různá místa na blistru odlišnou tloušťku. Při modelování blistru se počítá s tloušťkou konstantní, při skenování z druhé strany blistru by proto došlo k vytvoření odchylek mezi modelem a vyrobeným blistrem na straně vkládání a k možné kolizi vkládaného produktu s blistrem.

Při samotném skenování jsou data snímaná skenerem odesílána do připojeného notebooku a zpracovávána programem VX Elements. Díky této vizualizaci je možné kontrolovat postup skenování, popřípadě ihned kontrolovat kvalitu vytvořeného skenu.

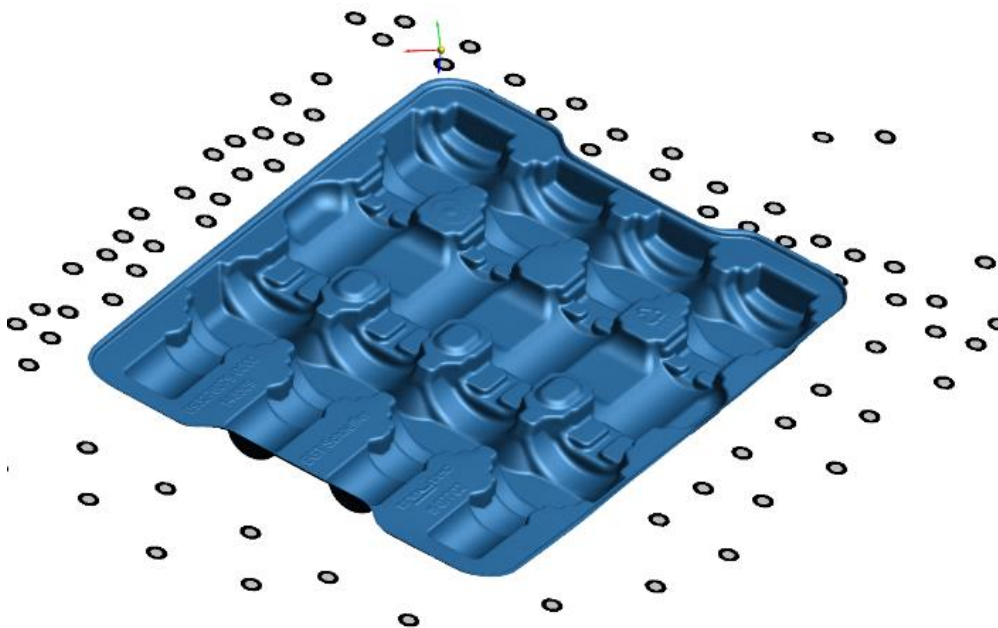


Obrázek 9: Skenování HandySCANem

Po dokončení skenování byl získán tzv. mrak bodů, který je potřeba dále zpracovat. Je vhodné odstranit nepotřebné geometrie, např. podkladovou plochu, na které probíhalo skenování, nebo použité přípravky.



Obrázek 10: Získaný mrak bodů



Obrázek 11: Mrak bodů po úpravě

2. Skenování Leica

Další možností 3d měření je skenování s laserovým trackerem. Tato metoda je oproti skenování s referenčními značkami objemově přesnější, s tím se ale zvyšují nároky na hardware, se zařízením se hůře manipuluje a zabere více prostoru. Nutné je zajištění přímé optické viditelnosti mezi trackerem a ruční sondou. Pro ukázkou byla použita zařízení Leica Absolute Scanner (LAS) a Leica Absolute Tracker.

2.1. Příprava skenovaného objektu

Stejně jako v případě HandySCANu pracuje Leica na principu snímání povrchových bodů laserovou triangulací a kvalitu nasnímaných dat ovlivňují optické vlastnosti povrchu skenovaného objektu. Skenovaným objektem byl opět blistr, tentokrát z černého, neprůhledného, avšak lesklého PET.



Obrázek 12: Skenovaný blistr

Z výše uvedeného důvodu byl stejně jako u prvního blistru jeho povrch opatřen zmatňující vrstvou přípravku.



Obrázek 13: Blistr s povrchovou úpravou

2.2. Příprava skeneru

Celý systém je potřeba propojit s řídicím počítačem. Na stacionární tripod byl upevněn laserový tracker, jeho ovládací počítač a zdrojem napájené baterie. Samotná skenovací hlavice LAS je propojena kabelem k řídicímu počítači trackeru a z něj jsou data přenášena metalicky do notebooku operátora, kde probíhá finální numerické zpracování snímaných dat.



Obrázek 14: Leica Absolute Scanner a Tracker

2.3.Skenování

Tracker disponuje otočnou, naklápěcí hlavou s nastavitelným optickým systémem zaměřování a zdrojem laserového paprsku a laserovým interferometrem. Pohyblivá hlava kontinuálně sleduje skenovací hlavici a to s frekvencí až 1000 Hz. Na základě laserového odrazu od skenovací hlavy získáme informaci o absolutní poloze aktivního zrcátka (X, Y, Z) a ze známého pole rozložení světelných diod, jenž jsou umístěny na skenovací hlavici, jsme schopni určit prostorové úhly natočení hlavy (i, j, k) vůči trackeru. Z důvodu zajištění optimálních skenovacích podmínek je skenovací hlava vybavena čtyřmi odrazivými zrcátky uloženými na jednotlivých plochách skenovací hlavy.



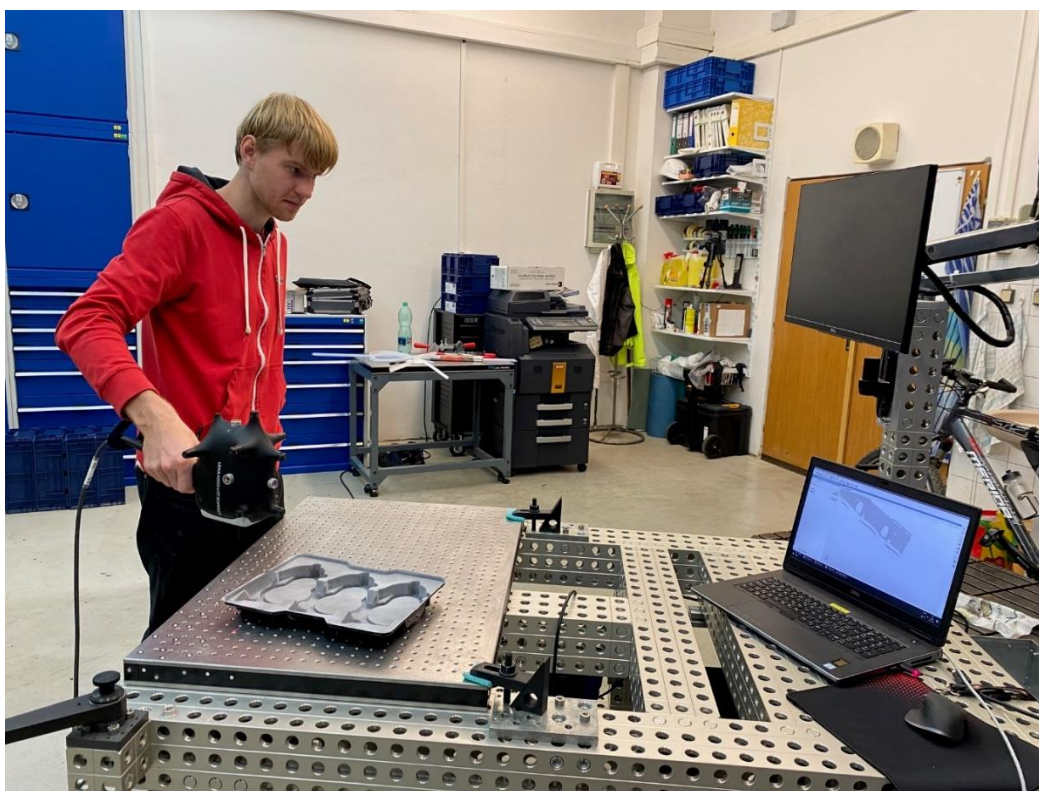
Obrázek 15: Leica Absolute Scanner a Tracker

Ruční skenovací hlavice promítá na objekt laserový horizontální pruh, jehož odraz od skenovaného objektu dopadá na citlivý CCD senzor umístěný taktéž ve skenovací hlavici. Za pomoci triangulace je dopočítávána pozice měřeného bodu vůči zdroji horizontálního pruhu a získané souřadnice jsou kontinuálně přepočítávány známou transformační maticí polohy hlavice vůči poloze trackeru.



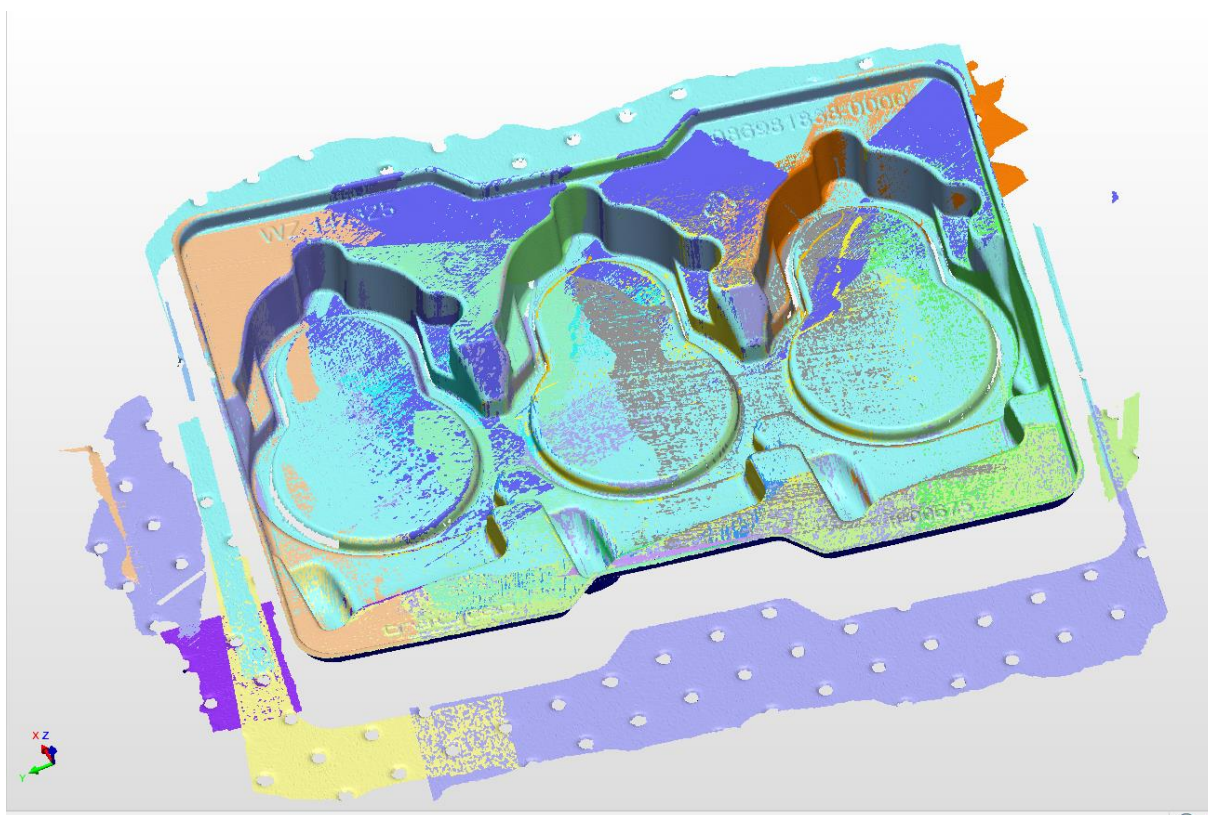
Obrázek 16: Ruční skenovací hlavice

Při skenování se na notebooku v softwaru PolyWorks zobrazují naskenované body v reálném čase. Díky tomu lze vzniklou síť kontrolovat a doplňovat.



Obrázek 17: Skenování

Výstupem skenování je opět mrak bodů, ze kterého je třeba odstranit nepotřebné prvky.

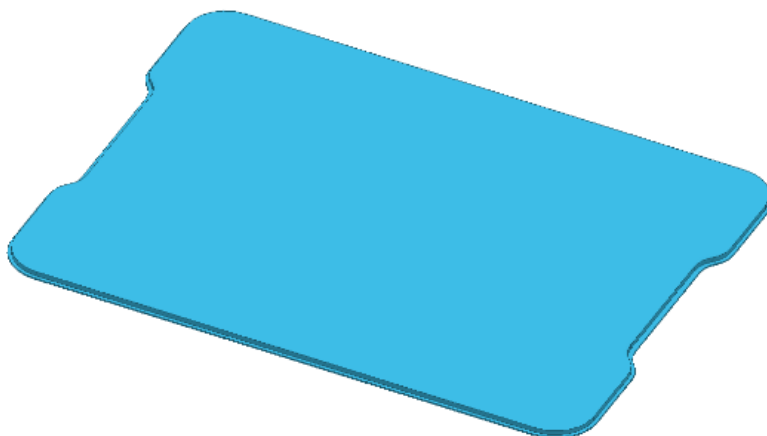


Obrázek 18: Získaný mrak bodů

3. Modelování blistru

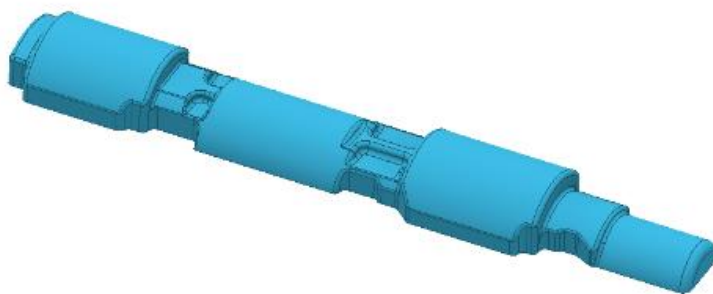
Geometrie 3d modelu blistru byla vytvořena pomocí dat získaných z několika dostupných zdrojů. Základní rozměry blistru byly vyčteny z výkresu, tvarově jednoduché prvky byly ručně změřeny. Pro tvarově složitější prvky pak byla použita síť získaná 3d měřením a 3d modely produktů vkládaných do blistru.

Celou stavbu 3d modelu blistru je možné rozdělit do pěti kroků. V prvním kroku byl vytažením vytvořena deska se základními rozměry blistru z výkresů.



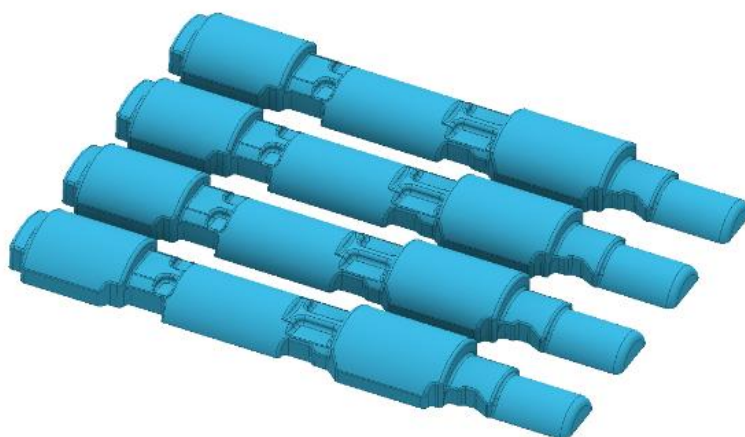
Obrázek 19: Modelování - deska

Ve druhém kroku byl vytvořen tvar pro uložení produktu.



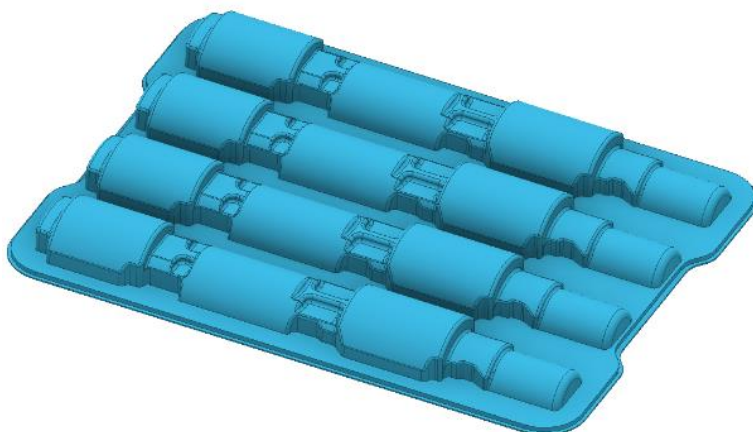
Obrázek 20: Modelování - tvar produktu.

Z vytvořeného tvaru bylo vytvořeno pole.



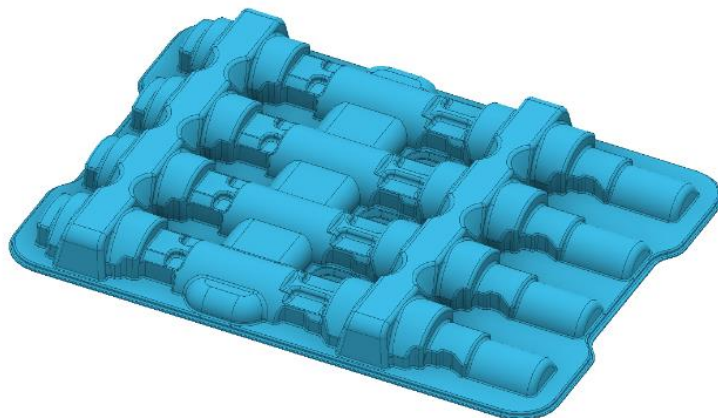
Obrázek 21: Modelování – pole

Vytvořená tělesa byla sečtena.



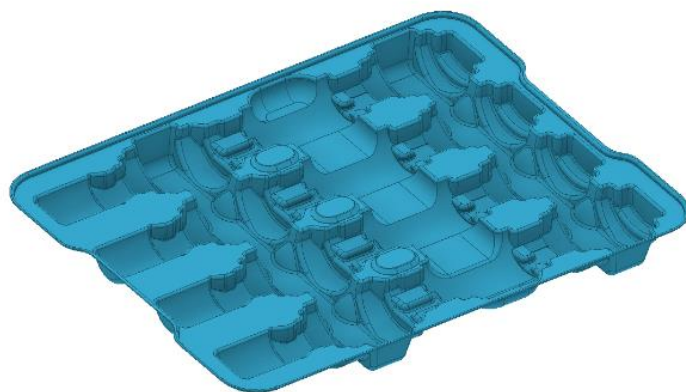
Obrázek 22: Modelování - sečtení těles

Byly vytvořeny stohovací prvky a výztuhy.



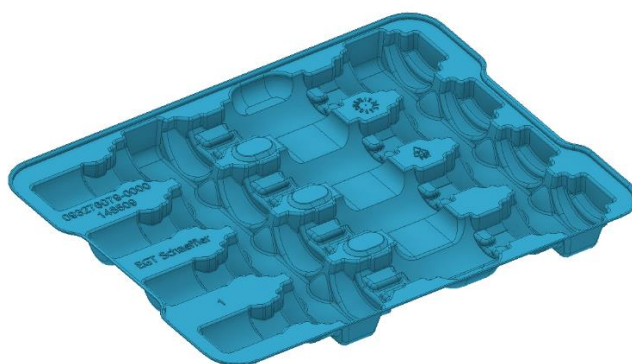
Obrázek 23: Modelování - výztuhy a stohovací prvky

Z tělesa byla vytvořena skořepina.



Obrázek 24: Modelování - skořepina

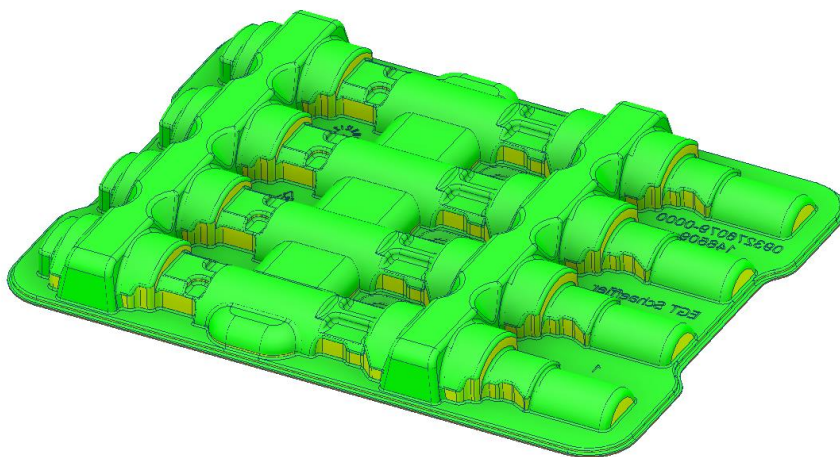
Nakonec byly vytvořeny značky a popisky blistru.



Obrázek 25: Modelování - značky a popisky

3.1.Kontrola úkosů

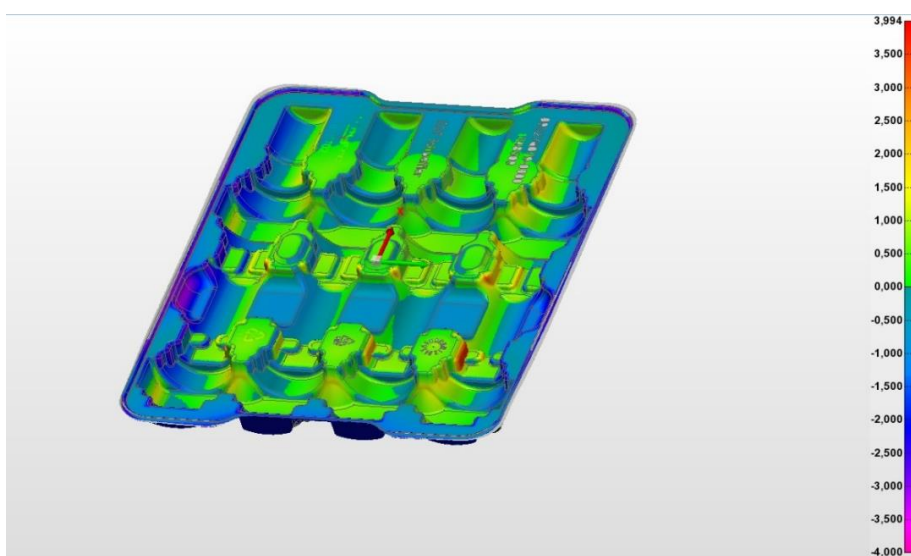
Z technologických důvodů je třeba, aby stěny blistru svíraly se směrem vytažení z formy minimální úhel 2 stupňů. Byla proto provedena kontrola úkosů. Plochy s odchylkou větší než 2 stupně se ve výsledcích zobrazují zelenou barvou, právě 2 stupně žlutě a menší než 2 stupně modře. Z výsledků z obrázku níže je patrné, že blister splňuje požadavek pro danou technologii výroby.



Obrázek 26: Analýza úkosů

3.2. Porovnání

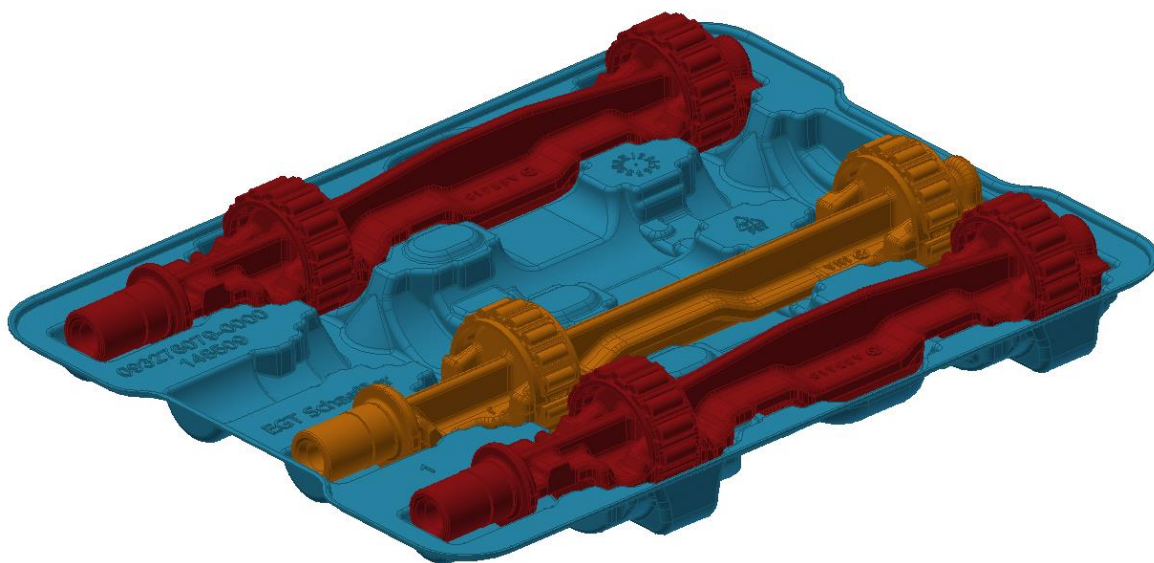
Přesnost 3d modelu blistru byla porovnána s naskenovanou sítí v programu PolyWorks Inspektor. Výsledky ukázali špatně zadanou rozteč tvarů pro vkládání produktů.



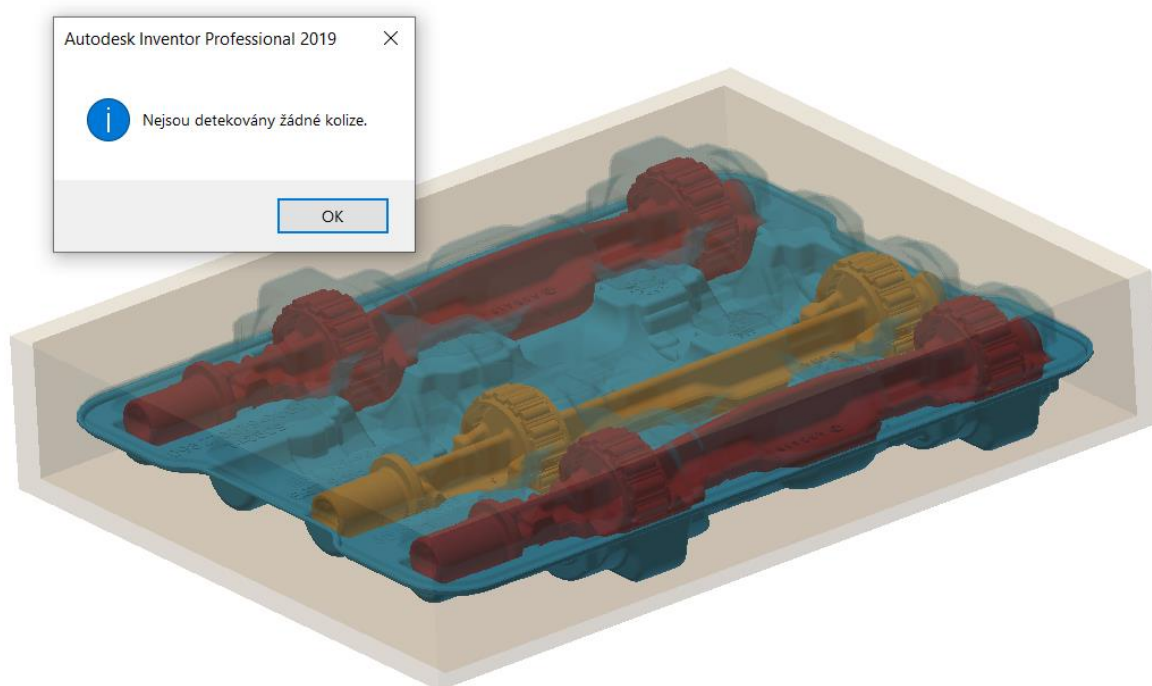
Obrázek 27: Analýza odchylek

3.3. Kontrola kolizí blistru s produkty

Byla vytvořena sestava blistru s vkládanými produkty a provedena analýza kolizí, která potvrdila přesnost vytvořené geometrie pro uložení.



Obrázek 28: Blistr s vkládanými produkty



Obrázek 29: Analýza kolizi



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY