



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKČNÍ NÁVRH MULTIFUNKČNÍHO OPĚRNÉHO BOXU

DESIGN OF A MULTIFUNCTIONAL LEG REST BOX

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Markéta Schmidtová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Markéta Schmidtová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh multifunkčního opěrného boxu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přepravované děti v autosedačkách mohou mít zdravotní problémy jako zhoršený krevní oběh nebo zvýšený tlak na klouby a svaly v důsledku nepodepřených nohou, protože nedosáhnou na podlahu vozidla. Při přepravě malých dětí nebo neobsazení zadních sedadel také vzniká nevyužitý prostor za i pod předními sedadly. Řešením by mohl být box sloužící jako opěra pro nohy dítěte v dětské sedačce a zároveň využitelný k přenosu drobných věcí pro dítě jako camping box.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je konstrukční návrh multifunkčního opěrného boxu pro Škoda Octavia III, který zvýší komfort přepravovaných dětí a využije vzniklý prostor s těmito parametry: minimální nosnost boxu 36 kg, přenositelnost a výšková stavitelnost.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- identifikace rozměrových parametrů
- rešerše potřeb pro komfortní sezení
- návrh zátěžových stavů a ověření simulací a kinematiky
- návrh konstrukčního řešení a materiálového konceptu
- zpracovat výkresovou dokumentaci vybrané varianty

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2018.pdf

Seznam doporučené literatury:

KATAOKA, M., K. OKUDA, M. SHIMA, S. OKAHARA, T. KATAOKA, R. YONETSU a A. IWATA. Relationship between the duration and trunk inclination and hip angle during car transfer in individuals with tetraplegia. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016, 28(9), 2452-2456. DOI: 10.1589/jpts.28.2452. ISSN 0915-5287.

VAN HOUCKE, J., A. SCHOUTEN, G. STEENACKERS, D. VANDERMEULEN, C. PATTYN a E. A. AUDENAERT. Computer-based estimation of the hip joint reaction force and hip flexion angle in three different sitting configurations. *Applied Ergonomics*. 2017, 63(1), 99-105. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.04.008. ISSN 00036870.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem multifunkčního boxu do automobilu pro zvýšení komfortu dětí v autosedačkách. V první části budou popsány požadavky na ergonomicky správné sezení a vývoj dítěte. Z těchto dat budou definovány polohy nášlapné plochy a následně provedeno konstrukční řešení. Na závěr budou navrženy zátěžné stavy a optimalizované dané řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA

box, ergonomie, dítě, autosedačka, multifunkčnost, plasty, vstřikování

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of a multifunction car box, which increases the comfort of children in car seats. The first part will describe requirements for ergonomically correct seating and development of the child. The height positions will be defined from these data and then the design solution will be executed. In the end stressed states and optimized solutions will be proposed.

KEYWORD

box, ergonomics, child, car seat, multifunctional, plastics, injection molding

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SCHMIDTOVÁ, M. *Konstrukční návrh multifunkčního opěrného boxu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, že jsem ji zpracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. a že jsem v seznamu zdrojů uvedla všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 18.5.2018

.....

Markéta Schmidtová

1 OBSAH	11
2 ÚVOD	13
3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
3.1 Space floor box	14
3.2 Ergonomie	15
4 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	16
5 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	17
5.1 Koncepční řešení č. 1	17
5.2 Koncepční řešení č. 2	18
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	20
6.1 Definování poloh nášlapné plochy	20
6.1.1 Identifikace rozměrů dětských autosedaček	20
6.1.2 Vývoj délky dolních končetin dítěte	21
6.1.3 Stanovení poloh	22
6.2 Konstrukce	23
6.2.1 Dno	24
6.2.2 Mezikusy	25
6.2.3 Víko	26
6.3 Materiál	29
6.4 Navržení zátěžných stavů a ověření kinematiky	30
6.4.1 Ověření velikosti a typu použitých prvků	30
6.4.2 Výpočet zatížení došlapu dítěte	32
6.4.3 Výpočet zatížení úchytů dna	35
6.4.4 Ověření kinematiky	36
7 DISKUZE	37
8 ZÁVĚR	38
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ (LITERATURA, DLE NORMY ČSN ISO 690)	39
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	40
11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	41
12 SEZNAM TABULEK	42
13 SEZNAM PŘÍLOH	43

2 ÚVOD

Cílem práce je v rámci programu „Simply clever“ vymyslet inovativní vybavení automobilu ŠKODA AUTO a.s., které pomůže odlišit daný vůz od konkurence. Řešením by měl být multifunkční box, který využije prostor za předními sedadly při neobsazení zadních a zároveň bude sloužit pro zvýšení komfortu dětí přepravovaných v dětských autosedačkách, které svými nohama nedosáhnou na podlahu auta a jejich končetiny tedy visí bez podpory. Tento problém může zapříčinit zdravotní komplikace a nepohodlí.

Práce bude definovat ergonomicky správné sezení a možná onemocnění plynoucí z toho špatného. Na základě vývoje délky dětských končetin a rozměrů běžně používaných autosedaček bude vybrán věk dítěte, při kterém má nohy volně prověšené a tím mu vzniká diskomfort. Ze všech těchto údajů budou namodelovány situace, ze kterých se odečtou výškové požadavky na box sloužící jako podpora končetin. Minimální nosnost je stanovena na 36kg, protože do této hmotnosti jsou konstruovány i autosedačky. Vzhledem k požadované multifunkčnosti musí být zajištěna přenositelnost a možnost ukládání předmět.

Výstupem práce bude model vytvořený v sw CATIA V5 a potřebná výkresová dokumentace dílů a sestavy výsledného boxu. Pro ověření funkčnosti budou navrženy zátěžné stavy simulující došlap dítěte a přenášení boxu.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V současné době žádná automobilová společnost nenabízí produkty sloužící k využití prostoru v oblasti za předními sedadly při neobsazení těch zadních. Není tedy řešeno ani využití tohoto produktu jako podpora pro nohy dítě v autosedačce. Z minulosti neexistují žádná patentovaná řešení.

3.1 Space floor box

V roce 1997 [1] společnost Audi představila studijní vozidlo Audi A12, pětidveřový hatchback, který byl vyvíjen v rámci „Audi Space Frame“. Celá konstrukce byla pouze z hliníku a vozidlo dosahovalo vysokého váhového poklesu. Tento studijní model byl o dva roky později uveden na trh jako Audi A2.

V rámci konceptu „Space Floor Concept“ byla v tomto modelu A2 snaha poskytnout pasažérům na zadních sedadlech pohodlné a ergonomicky správné sezení. Jednou z inovací bylo prohloubení místa pro nohy, díky kterému cestující mohl své končetiny držet v přirozeném a pohodlném úhlu. Na základě zvětšení prostoru se tedy nabízelo jeho využití při přepravě menšího počtu pasažérů. Audi navrhla „Space Floor Box“ (Obr. 1) jako snadno vyjímatelnou schránku [2], která mohla sloužit pro bezpečné uskladnění drobných předmětů během jízdy nebo také jako samotné přenosné zavazadlo, které uživatel mohl využít například jako piknikový koš.



Obr. 1 Space Floor Box [2]

Během vývoje vozidla přicházely nové generace s jinými typy boxů, při čemž žádný z nich není patentově chráněn. Změna nastala v maximálním využití prostoru nebo zapaštění části schránky pod přední sedadlo. Dnes se již model Audi A2 neprodává a tyto úložné boxy nejsou nabízeny ani s jinými vozidly společnosti.

3.2 Ergonomie

Asi 75 % váhy člověka spočívá na 26 cm² pánevní kosti ve spodní části hýždě během sezení.[3] Při dlouhém statickém posedu může toto zatížení zapříčinit utlačení ischiatického nervu nebo zhoršení oběhu krve, v krajních případech vede až k lokálnímu znecitlivění. Proto je velmi důležité rovnováhu těla nezajišťovat pouze dvěma body pánevní kosti, ale i oporou v končetinách a zádech.

Výška sedadla je tedy základní parametr pro definování ergonomicky správného sezení.[4] Mělo by platit, že rovina dosedu je níže než světlá výška podkolenní jamky. V opačném případě dochází k tlaku na končetiny způsobující stlačení svalů, cév a nervů na spodní straně stehna, což může vznikat při vyvěšení nohou, pokud dítě nedosáhne na podlahu auta.

Naopak z příliš vysoké podpory nohou vzniká velká flexe kyčelního kloubu, která zapříčiňuje, že je proximální femur (horní konec kosti stehenní) přitlačen k acetabulu (jamka kyčelního kloubu). V důsledku může vznikat femoroacetabulární impingement syndrom, u kterého analýza odhalila až třikrát větší stříhové napětí v kloubu při pohybu mezi vztykem a sezením.[5] Tento opakující se a přetrvávající mechanický kontakt vede k poškození chrupavky a labrum (kyčelní kloub).

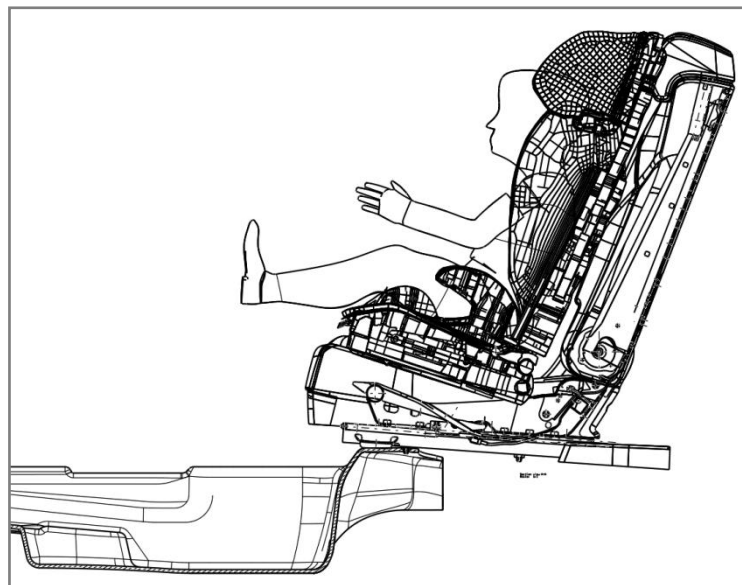
4 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

V nynější době žádná společnost nenabízí řešení pro děti, které nedosáhnou na podlahu auta a při přepravě v autosedačce jim nohy volně visí. Z dostupných informací o pravidlech správného sezení je patrné, že tento způsob usazení je nejen nepříjemný, ale může vést i k řadě zdravotních komplikací.

Cílem práce je nabídnout inovativní řešení pro zvýšení komfortu přepravovaných dětí a využití prostoru za předními sedadly vozidla pro ukládání předmětů, a tím odlišit vůz od konkurence.

Na základě informací o správném sezení je nutno docílit stavitelnosti opory, protože příliš vysoká flexe kyčelního kloubu může způsobovat zdravotní problémy stejně jako nepodepřené končetiny. Minimální zatížení boxu bude koncipováno na 36kg, protože to je váhové omezení dětských autosedaček.

V práci bude definován vývoj dětí do 12 let, tedy věku, kdy používají autosedačky, a potřebné rozměry vlastních sedaček. Cílem je zjistit věk dítěte, jehož končetiny jsou dostatečně dlouhé, aby stehenní kost překonala dosedovou plochu sedačky a nohy visely směrem k podlaze, což například čtyřleté ještě nesplňuje. (Obr.2) Z těchto údajů budou navrženy rozměrové požadavky na výškové polohy boxu. Následně bude konstrukční řešení optimalizováno na základě výpočtů zatížení.



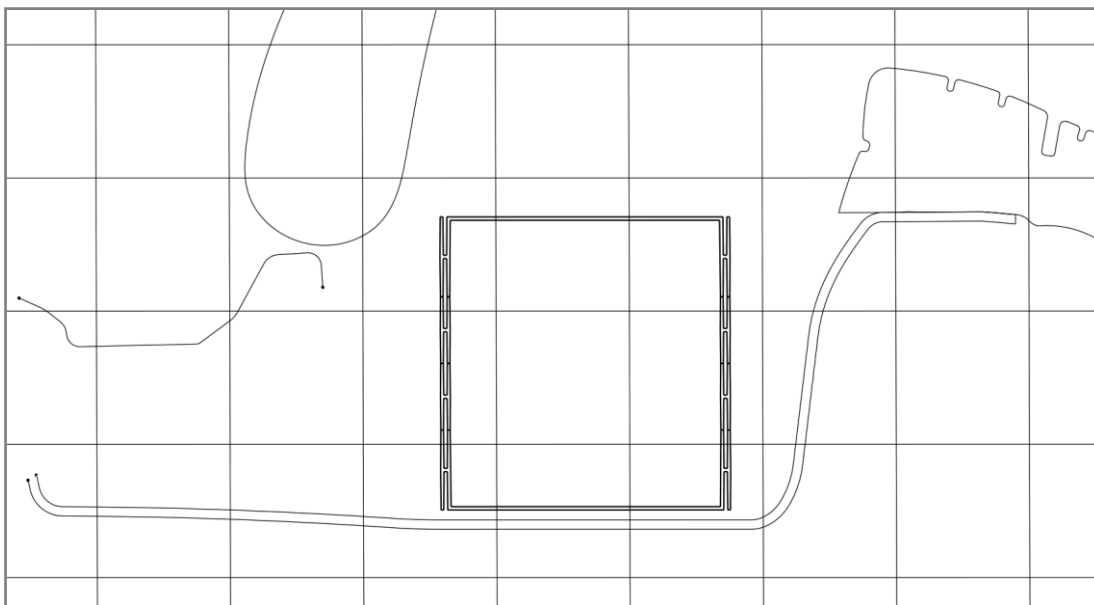
Obr. 2 Čtyřleté dítě v autosedačce

5 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Na základě požadavků byly vytvořeny dva koncepty představující možná řešení. Oba jsou řešeny jako dno a víko se dvěma mezikusy, které budou nášlapnou plochu zvyšovat ze základní polohy vytvořené pro dvanáctileté dítě. Jednotlivé formované díly jsou navrženy pro metodu výroby vysokotlakého vstřikování do kovové formy. Kvůli snížení investičních nákladů nejsou použita posuvná jádra neboli „šibry“. Všechny koncepty jsou zobrazeny se sto milimetrovou sítí pro znázornění velikostí.

5.1 Konceptní řešení č. 1

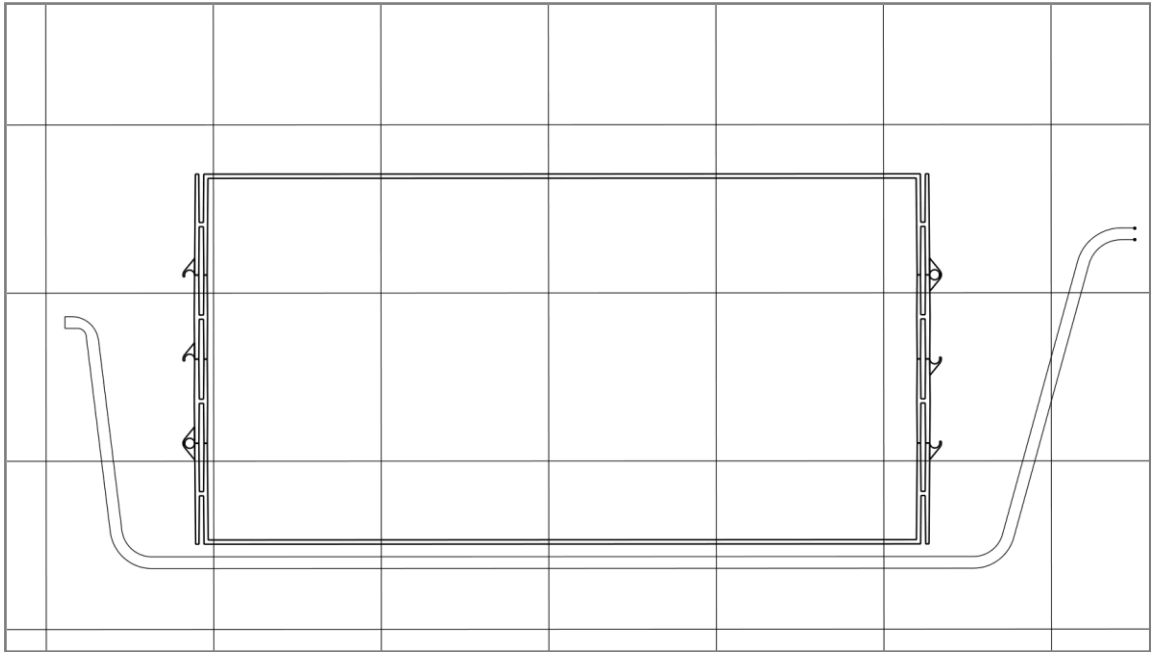
Pro minimalizaci nákladů spojených s výrobou forem je víko i dno shodný kus, který se bude obracet, a tím vzniknou dva protikusy, které do sebe zapadnou. Je tedy nutné, aby byla dosedací plocha vždy stejných rozměrů, a proto mají všechny díly dvojitou stěnu, která umožňuje zachování parametrů a zároveň zvyšuje stabilitu. Každý díl by měl stejnou základní výšku. (Obr. 3)



Obr. 3 Koncept č. 1, průřez bokorysem

Spojení jednotlivých kusů bude realizováno kovovou osičkou zapadající do připravených ok. (Obr. 4) Tato oka jsou navržena symetricky tudíž, když budeme chtít díly zafixovat, tak osička bude provlečena na obou stranách. Naopak pokud bude díl sloužit jako víko, tak se jedna strana nechá volně a osička poslouží jako pant na odklápění.

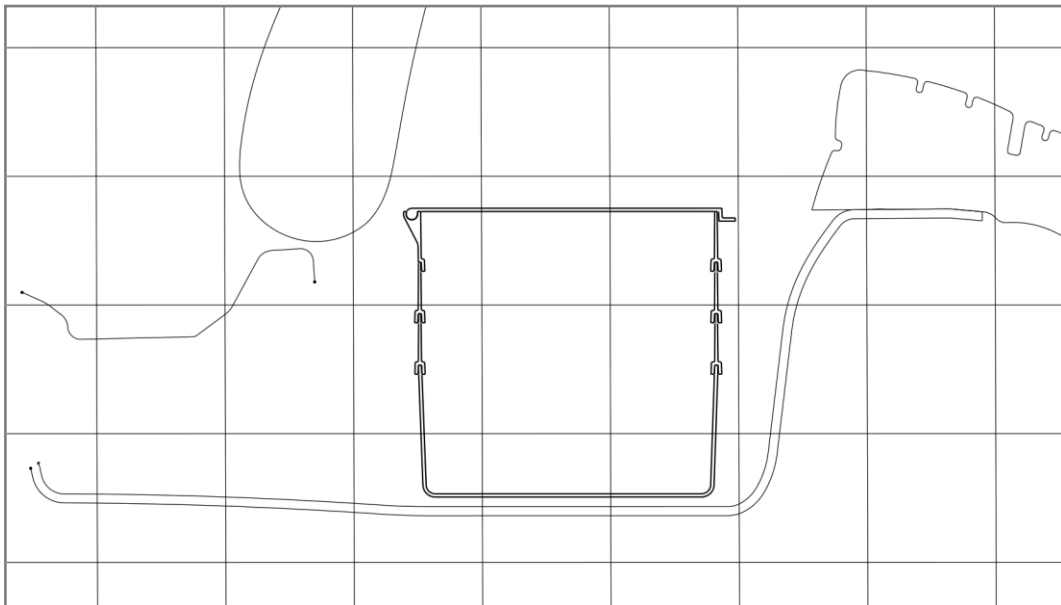
Koncept zobrazený v průřezu ukazuje přípravu na osičku. Na dvou místech je nerealisticky znázorněné vzniklé oko po té, co se díly spojí. Přípravy jsou navrženy tak, aby byla forma vytrhávána a vzniklé přesahy zajistily díly vůči sobě.



Obr. 4 Koncept č. 1

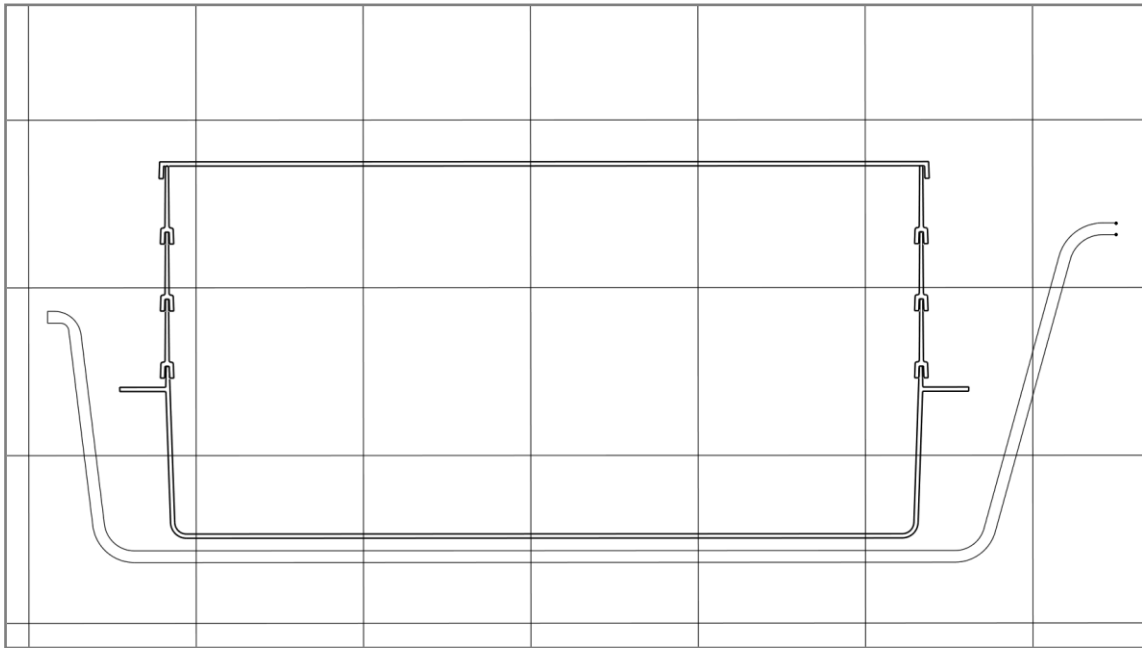
5.2 Konceptní řešení č. 2

Tento návrh se skládá z 5 vyrobených dílů, přičemž 2 jsou ze stejné formy. Víko bylo ihned po výrobě smontováno, jednalo by se tedy o sestavení 4 kusů podle požadované výšky. Jednotlivá patra na sebe dosedají pomocí drážky, která zajišťuje polohu v horizontálních směrech. (Obr. 5)



Obr. 5 Koncept č. 2, průřez bokorysem

Základní výška by byla stanovena dnem a dílem, který je stejný jako mezikusy až na přidání panty. Jednotlivé díly budou muset být zajištěny ve vertikálním směru například klipy. Pant je pro jednoduchost forem opět navržen jako zavřený, tudíž se samotné odklopné víko jednou zacvakne a bez použití velké síly bude dovolena pouze jeho rotace. Vzhledem ke konstrukci jsou navrženy úchyty pro zjednodušení manipulace. (Obr. 6)



Obr. 6 Koncept č. 2

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Konstrukční řešení bude navrhováno pro automobil Škoda Octavia III, protože patří mezi nejprodávanější rodinné vozy v České Republice. Všechny rozměry pro definování maximálních možných rozměrů a výškového profilu sedadel budou odpovídat tomuto vozidlu.

Koncepční návrh č. 1 teoreticky snižuje náklady na výrobu potřebou pouze 2 rozdílných forem a má lepší stabilitu díky dvojité stěně dílů, ale tím také roste jeho hmotnost a robustnost. Hlavní nevýhoda je nemožnost vyžebrování nášlapné plochy zevnitř boxu, protože tím by se zmenšil prostor pro ukládání věcí ve spodním díle a také by to komplikovalo jeho čištění. Vyžebrování zvenku by naopak zachycovalo nečistoty z obuvi stejně jako dvojitá stěna boxu a vzhledem k rozměrům by byla údržba složitá a nekomfortní. Vynechání podpurných žeber by mohlo vést k plastickým deformacím víka. U návrhu č. 2 není problém s vyztužením, a proto byl k následnému zpracování zvolen.

6.1 Definování poloh nášlapné plochy

Pro definování věku dítěte, kdy je jeho stehenní kost dostatečně dlouhá na překonání délky sedací plochy autosedačky, a jeho končetina je v provisu a může způsobovat zdravotní potíže, jsou použita data z celonárodního měření.

Data jako taková budou použita pouze jako orientační pro zjištění minimálního věku, pro který bude navržena nejvyšší poloha.

6.1.1 Identifikace rozměrů dětských autosedaček

Měření byly autosedačky od značek patřící mezi nejlepší nebo nejprodávanější z testu v roce 2017. [6] Jsou rozlišeny dva typy: sedačka, která zahrnuje opěrku zad, a podsedák, který slouží jen k vyvýšení dítěte a opěrku nemá. Parametr délky sedací plochy je označen písmenem A a výška sedací plochy písmenem B.

1. BRITAX RÖMER autosedačka KIDFIX SL SICT 2018 (typ: sedačka), dále jen BRITAX
2. KIDDY autosedačka CRUISERFIX 3 2017 (typ: sedačka), dále jen KIDDY
3. CYBEX autosedačka PALLAS M-FIX SL SILVER 2018 (typ: sedačka/podsedák), dále jen CYBEX
4. AXKID podsedák MATE 2017 (typ: podsedák), dále jen AXKID

U sedačky KIDDY je možnost prodloužení sedací plochy pomocí výsuvné podpory. Rozměr A tedy může nabývat hodnot od 38cm do 44cm. V následujících výpočtech bude používána hodnota nejnižší, protože zahrne širší skupinu dětí, pro které bude počítána výška opěrného boxu.

Tab. 1 Rozměry dětských autosedaček

NÁZEV	DÉLKA SEDACÍ PLOCHY [cm]	VÝŠKA SEDACÍ PLOCHY [cm]
	A	B
BRITAX	31	12
KIDDY	33	11
CYBEX	38	10
AXKID	35	7
PRŮMĚRNÁ HODNOTA \bar{X}	34,25	10

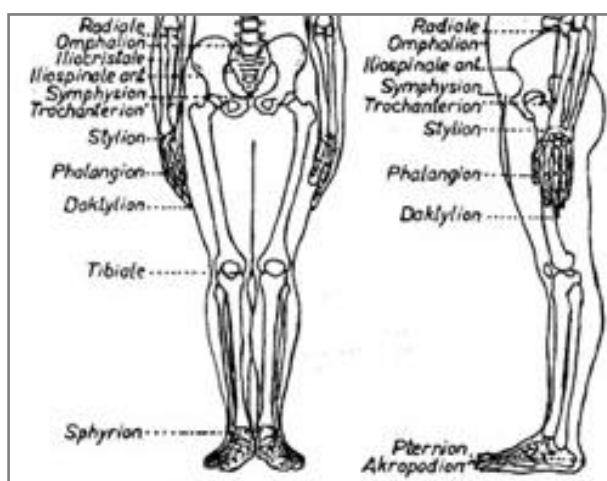
Vzorový výpočet pro poslední řádek tabulky Tab. 1 (provedeno pro rozměr A):

$$\bar{X} = \frac{A_{\text{BRITAX}} + A_{\text{KIDDY}} + A_{\text{CYBEX}} + A_{\text{AXKID}}}{4} = \frac{31 + 33 + 38 + 35}{4} = 34,25\text{cm}$$

6.1.2 Vývoj délky dolních končetin dítěte

6.1.2

Tabulka popisuje vývoj délky stehenní kosti pro chlapce a dívky do 12 let. Uvedena je průměrná hodnota zkoumaného parametru (\bar{X}). Jednotlivá měření dolních končetin byla prováděna mezi antropometrickými body symphision(sy) a tibiale(ti). (Obr.7)



Obr. 7 Antropometrické body [7]

Tab. 2 Vývoj délky stehna (projektivní vzdálenost bodů sy-ti) [8]

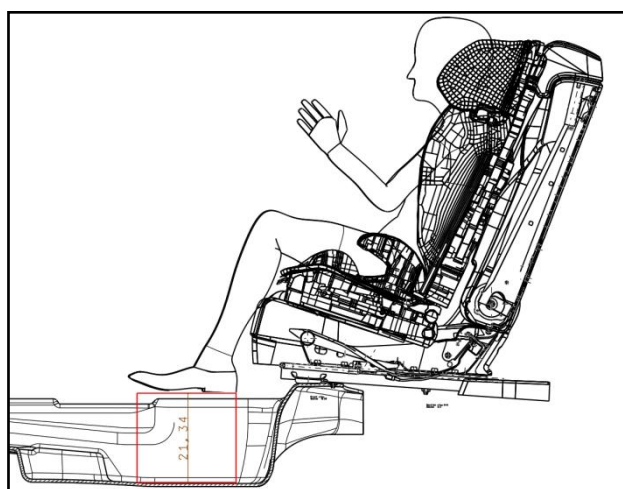
VĚKOVÁ TŘÍDA	CHLAPCI [cm]	DÍVKY [cm]	PRŮMĚRNÁ HODNOTA [cm]
	\bar{X}_{ch}	\bar{X}_d	\bar{X}
1,5-2	24,1	24,4	24,25
2-3	26,4	26,2	26,3
3-4	29,5	29,6	29,55
4-5	31,8	32,2	32,0
5-6	34,5	34,6	34,55
6-7	36,8	36,9	36,85
7-8	38,8	39,3	39,05
8-9	41,1	41,1	41,1
9-10	42,8	43,2	42,75
10-11	45,3	45,8	46,7
11-12	47,5	48,1	47,8

Vzorový výpočet 3. sloupce tabulky Tab.2:

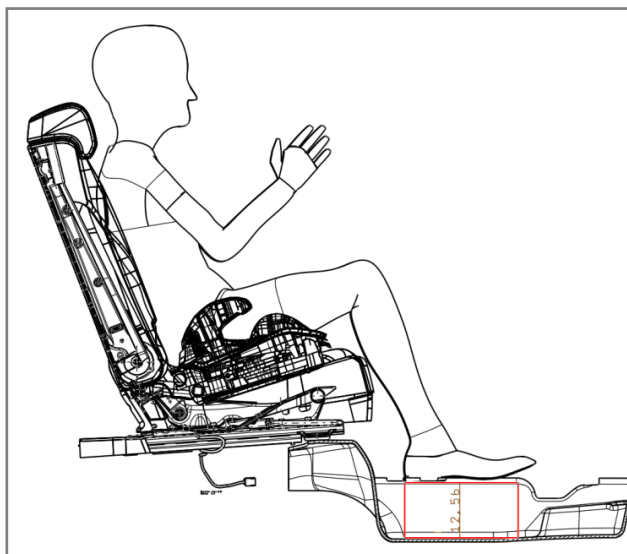
$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_{CH(1,5-2)} + \bar{X}_{D(1,5-2)}}{2} = \frac{24,1 + 24,4}{2} = 24,25\text{cm}$$

6.1.3 Stanovení poloh

Z tabulek vidíme, že dítěti doroste stehenní kost do dostatečné délky kolem šestého roku života. Pro stanovení výšky potřebné pro podporu chodidla jsou použity normalizované figuríny schválené pro zkoušky Euro NCAP (Evropský program pro hodnocení nových vozidel). Figuríny představující děti ve věku 6 a 12let a jsou usazeny do dětské autosedačky nebo podsedáku odpovídající průměrným rozměrům.



Obr. 8 Šestileté dítě v autosedačce



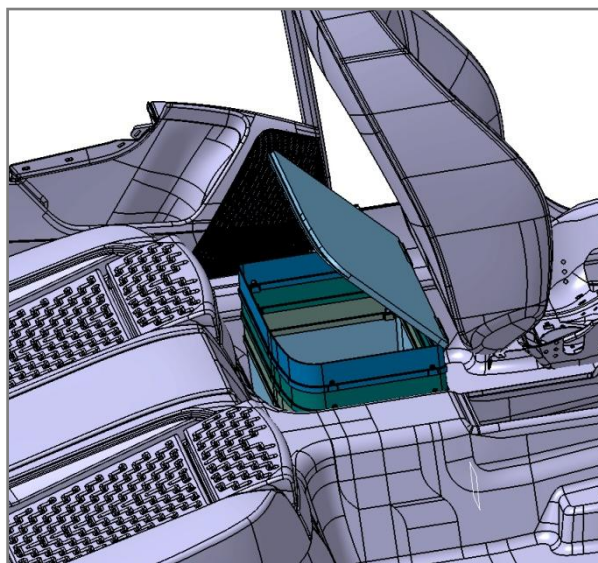
Obr. 9 Dvanáctileté dítě s podsedákem

Z obrázků (Obr.8 a Obr.9) je zřejmé, že minimální výška boxu pro dvanáctileté dítě je 125mm a pro šestileté 213mm.

6.2 Konstrukce

Základní poloha nášlapné plochy boxu je definována výškou dna (100mm) (Obr.11_5) a víka (40mm) smontovaného z mezikusu s panty (Obr.11_2) a víka (Obr.11_1) samotného. Stavitelnost je možná díky muzikusům (každý 40mm) (Obr.11_3 a 4) vkládaným mezi tyto dva díly. Rozměry boxu jsou navrženy, aby maximálním způsobem využívaly prostor, ale zároveň aby zásadně neomezovaly možnosti nastavení předního sedadla. (Obr. 10) Jeho šířka je omezena nutným prostorem pro ruce při zvedání boxu pomocí připravených úchytů. Všechny díly jsou formované ve stejném směru podle souřadnice Z, která směřuje kolmo vzhůru.

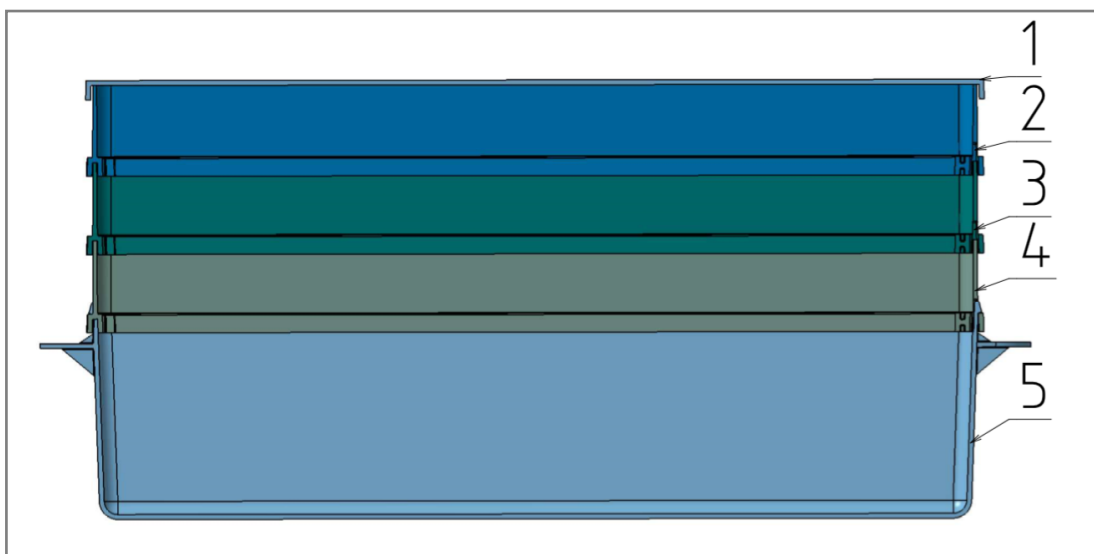
6.2



Obr. 10 Box v pozici v automobilu

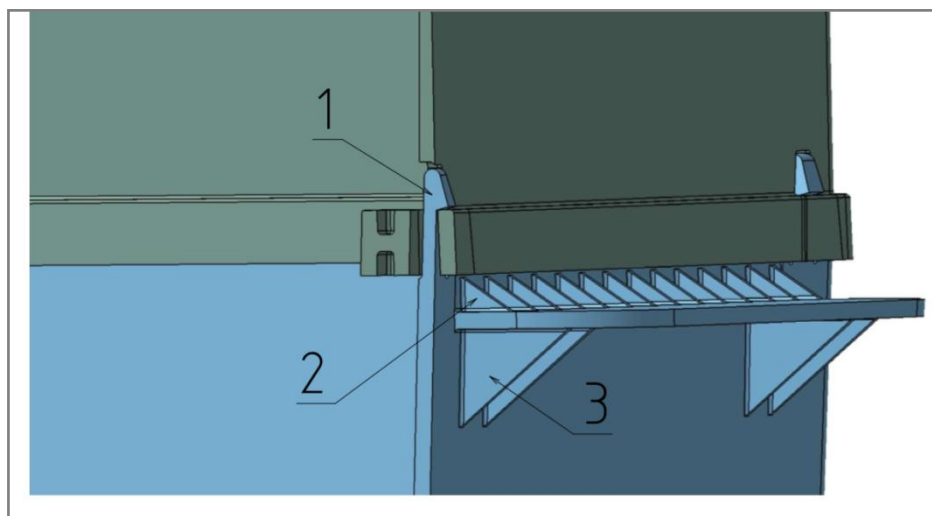
6.2.1 Dno

Maximální šířka v rovinně úchytů musí uživateli umožnit box za úchyty zvednout a vyjmout z vozidla. Je tedy nezbytné, aby vznikl prostor mezi boxem a obložení prahu dveří na jedné straně a středovou konzolí na druhé. Tento rozměr je stanoven na 507mm. Parametr vnější dosedací hrany definuje i rozměry následujících dílů, což je 452mmx247mm. Celé dno zachovává konstantní tloušťku materiálu 2,5mm.



Obr. 11 Řez sestaveným boxem

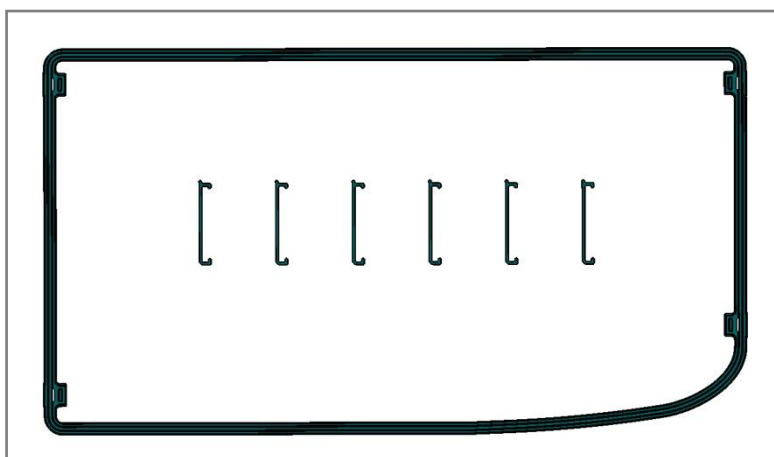
Zajištění mezikusu dosedajícího na dno je pomocí klipů (Obr.12_1), které jsou konstruované jako rozmontovatelné a není tedy problém je spojit se kterýmkoli kusem, který bude uživatel potřebovat. Pro snížení rizika plastických deformací jsou úchyty vyztužené žebry z horní části po celé délce (Obr.12_2) a ze spodní po krajích (Obr.12_3), protože jinde by žebra mohla omezovat komfort při manipulaci.



Obr. 12 Úchyty a klipy

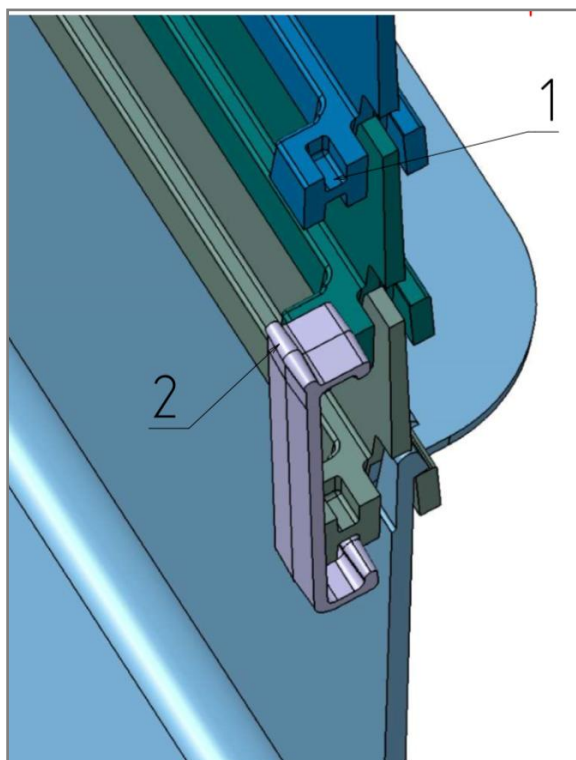
6.2.2 Mezikusy

Výšková stavitelnost je zaručena dvěma díly, které tvoří obvodovou stěnu zvýšeného boxu. Stěna mezikusu se nepatrně zužuje kvůli nutnosti zachování rozměrů dosedových ploch, jsou formovány na $0,5^\circ$ úkos. Zajištění dílů ve směru osy Z je zajištěno pomocí spon formovaných uvnitř jednotlivých forem kvůli ušetření nákladů. (Obr. 13) Horizontální směry zajišťují obvodové drážky.



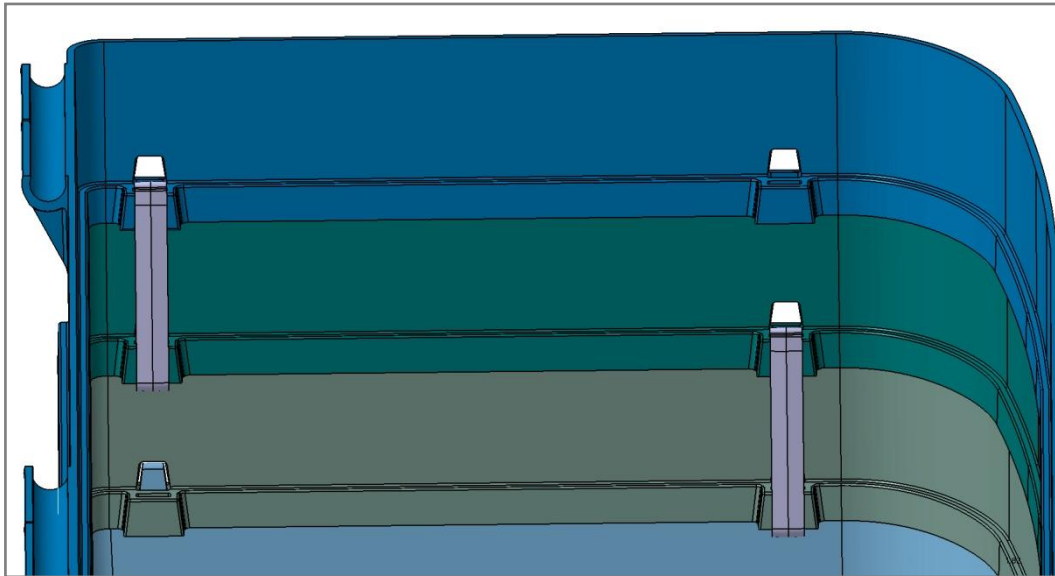
Obr. 13 Spony formované uvnitř mezikusu

Jednotlivé spony se zapínají do připravených drážek, které jsou formované do vnitřního prostoru boxu za otvory pro klipy. (Obr. 14_1)



Obr. 14 Spona

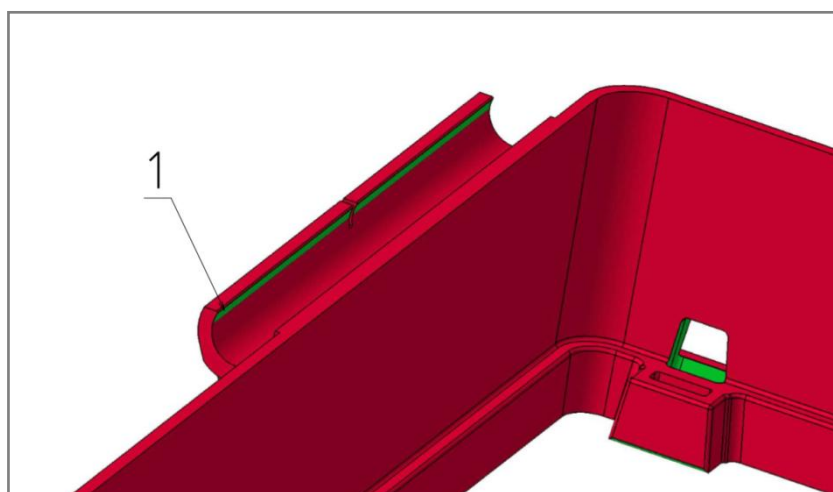
Na každém díle jsou připraveny čtyři drážky, aby mohla být jednotlivá patra zajištěna vždy dvěma sponami po úhlopříčce boxu pro větší stabilitu. (Obr. 15) Na každé sponě je vyformován výběžek pro snadnější manipulaci při rozebírání spojení. (Obr.14_2)



Obr. 15 Spony spojující více mezikusů

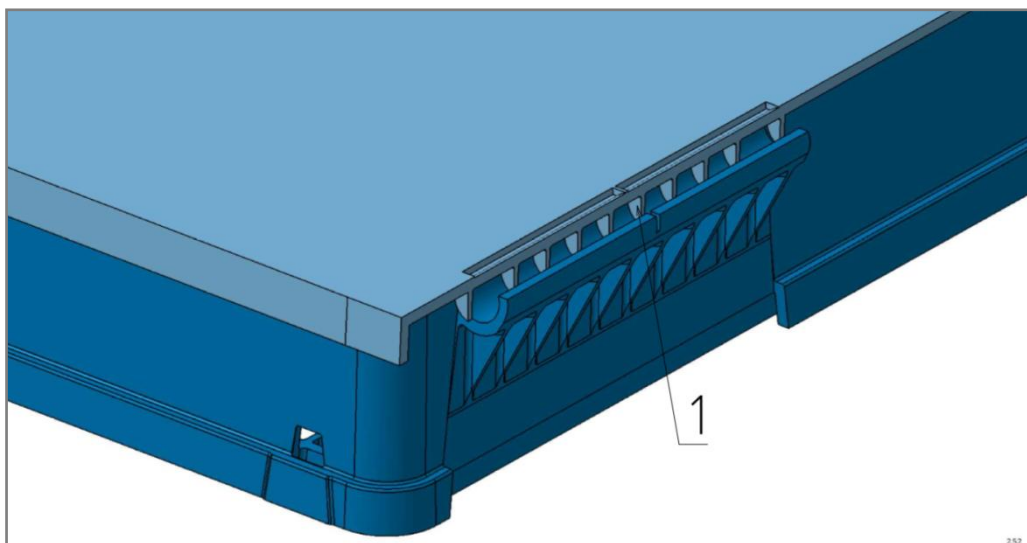
6.2.3 Víko

Víko se skládá ze dvou dílů, u kterých se nepředpokládá rozebírání. Vyrobený díl je tedy kus shodný s muzikusy až na připravený pant a víko samotné. Pant je formovaný do zavření, takže vzniklý přesah zajišťuje polohu víka v ose Z. (Obr.16_1)



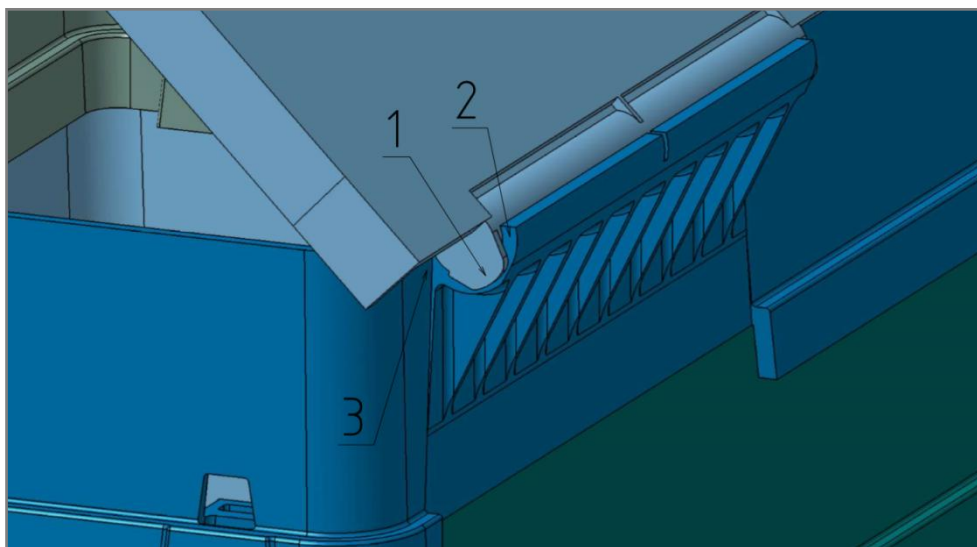
Obr. 16 Formovací analýza pantu

Na ušetření materiálu je protikus pantu na víku vyžebrovaný a tím se zajišťuje i jeho hladký chod. (Obr. 17_1)



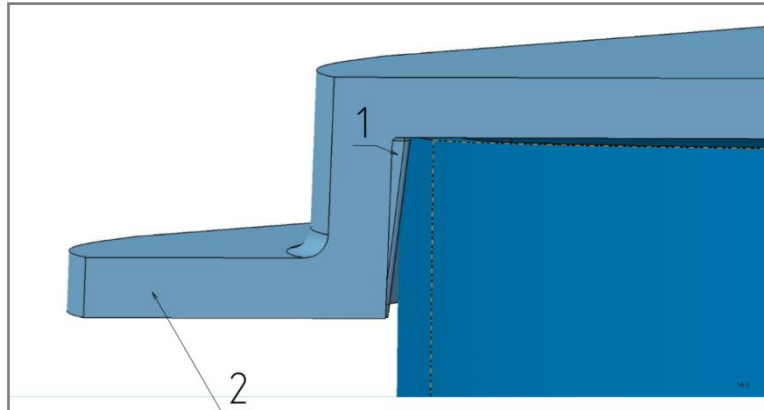
Obr. 17 Protikus pantu na víku zobrazen v řezu

Pozice ve směru osy Y je zajištěna zarážkami (Obr. 18_1), které dostatečnou vůlí dosedají na strany pantů. (Obr. 18_2) Tyto zarážky také drží víko v pozici, pokud ho chceme odklopit, dosednou na obvodovou stěnu (Obr. 18_3) při rotaci víka o úhel 110° ze základní vodorovné polohy.

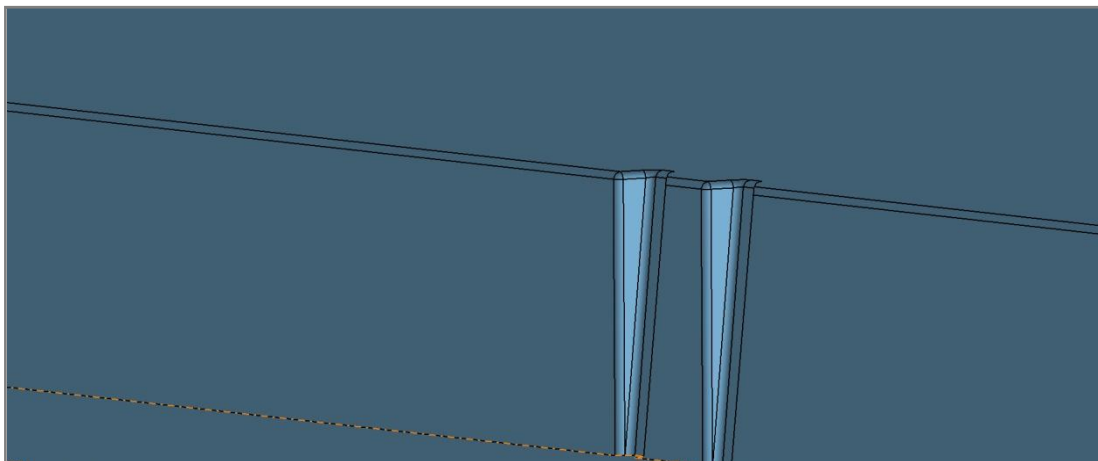


Obr. 18 Zarážky na víku

Naopak pro zajištění víka v zavřené pozici, jsou vyformovaná žebra (Obr.19_1) dosedající na vnější obvod mezikusu s panty, je jich celkem osm, jsou po dvou rozmístěny po délce osazení. (Obr. 20) Pro snadnější otvírání je na víku vytvořené osazení. (Obr. 19_2)



Obr. 19 Osazení víka v řezu



Obr. 20 Dvojice žebér

6.3 Materiál

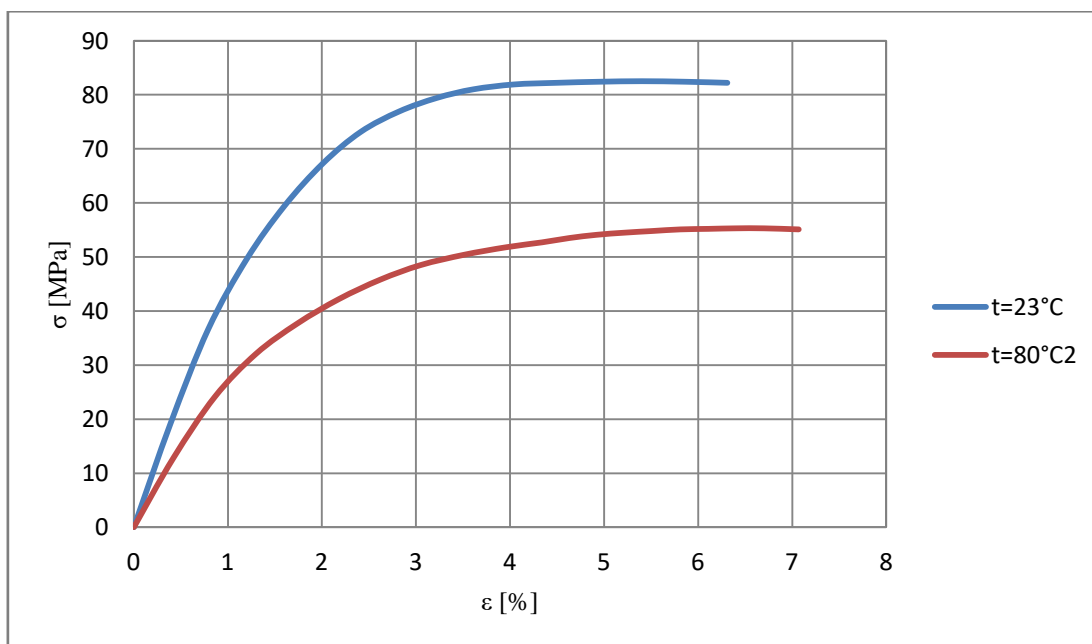
Zvolený materiál je polyamid s 25% skelných vláken, jehož přesný název je ALTECH PA6 ECO 2025/509 GF25.[9] Jeho základní parametry jsou hustota $\rho=1310\text{kgm}^{-3}$ a modul pružnosti $E=4000\text{MPa}$.

Tab. 3 Materiálová charakteristika při $t=23^\circ\text{C}$ [9]

PŘETVOŘENÍ [%]	0	0,39	0,79	1,2	1,6	2,01	2,41	2,82
NAPĚTÍ [MPa]	0	19,2	36,6	49,6	59,4	67,3	73,1	76,9
PŘETVOŘENÍ [%]	3,22	3,61	4,04	4,49	4,95	5,4	5,86	6,31
NAPĚTÍ [MPa]	79,4	81	81,9	82,2	82,4	82,5	82,4	82,2

Tab. 4 Materiálová charakteristika při $t=80^\circ\text{C}$ [9]

PŘETVOŘENÍ [%]	0	0,42	0,86	1,3	1,74	2,18	2,62	3,05
NAPĚTÍ [MPa]	0	12,8	24,1	32,1	37,7	42,2	45,8	48,5
PŘETVOŘENÍ [%]	3,51	3,96	4,34	4,63	4,92	5,22	5,51	5,81
NAPĚTÍ [MPa]	50,4	51,8	52,7	53,5	54,1	54,5	54,8	55,1
PŘETVOŘENÍ [%]	6,11	6,4	6,7	7,07	-	-	-	-
NAPĚTÍ [MPa]	55,2	55,3	55,3	55,1	-	-	-	-



Graf 1 Materiálová charakteristika

Z dané závislosti pro konkrétní materiál je dopočítána fiktivní mez kluzu, která bude použita jako hodnota pro vyhodnocení zátěžných testů. Výpočet napětí pro $\varepsilon=2\%$ pro obě teplotní závislosti:

$$\sigma_{23-2} = \frac{\sigma_{23-2,01}}{2,01} * 2 = \frac{67,3}{2,01} * 2 = 67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{80-2} = \frac{\sigma_{80-2,18}}{2,18} * 2 = \frac{42,4}{2,18} * 2 = 38,9 \text{ MPa}$$

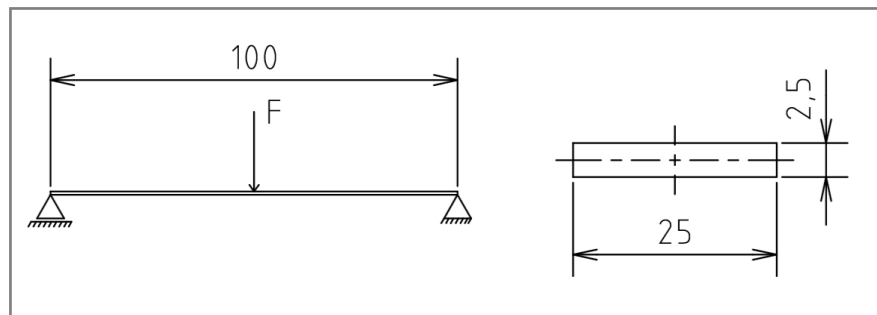
Fiktivní mez kluzu použitého polyamidu vychází $\sigma_{23-2}=67\text{MPa}$ pro teplotu $t=23^\circ\text{C}$ a $\sigma_{80-2}=38,9\text{MPa}$ pro teplotu $t=80^\circ\text{C}$.

6.4 Navržení zátěžných stavů a ověření kinematiky

Všechny následné výpočty jsou provedeny v softwaru 3DEXPERIENCE CATIA (Abakus). Jedná se o ověření zatížení při došlapu dítěte a zvedání boxu pomocí úchytů.

6.4.1 Ověření velikosti a typu použitých prvků

Byl navržen nosník s charakteristickým průřezem na dvou podporách a pro něj bylo provedeno řešení v uzavřeném tvaru. [11]



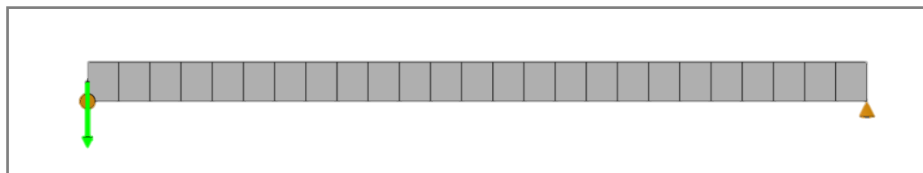
Obr. 21 Nosník s charakteristickým průřezem

$F=20\text{N}$
 $a=25\text{mm}$
 $b=2,5\text{mm}$
 $l=100\text{mm}$
 $E=4000\text{MPa}$

$$J = \frac{a * b^3}{12} = \frac{25 * 2,5^3}{12} = 32,55\text{mm}^4 \quad [10]$$

$$w_1 = \frac{F * l^3}{48 * E * J} = \frac{20 * 100^3}{48 * 4000 * 32,55} = 3,2\text{mm} \quad [11]$$

Pro návržení zátěžných stavů jsou použity kvadratické a lineární prvky typu tetrahedron (C3D10) a brick (C3D20) velikosti 10mm, 5mm a 2mm. Ověření prvků na nosníku je zadáno pomocí symetrie. (Obr. 22)



Obr. 22 Úloha nosníku v 3DEXPERIENCE

Tab. 5 Porovnání použitých prvků

NÁZEV	w [mm]	SHODA S ŘEŠENÍM V UZAVŘENÉM TVARU [%]
KVA C3D10 10mm	3,16	98,8
LIN C3D10 10mm	0,215	6,7
KVA C3D10 2mm	3,16	98,8
LIN C3D10 2mm	1,78	55,6
KVA C3D20 10mm	3,21	99,7
LIN C3D10 10mm	0,478	14,9
KVA C3D20 2mm	3,23	99,1
LIN C3D10 2mm	4,7	68,1

Vzorový výpočet shody řešení provedený pro první řádek tabulky:

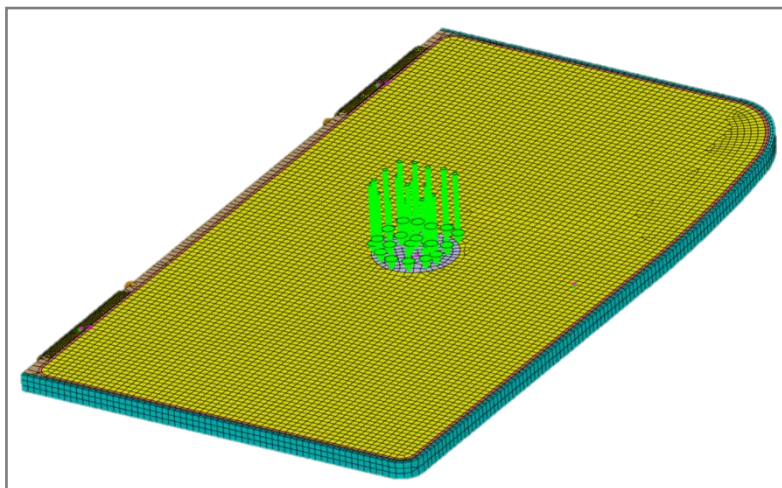
$$shoda = \frac{w_{t,k-10}}{w_1} * 100 = 98,8 \%$$

Prvky o velikosti 5mm nebyly testovány, protože pokud větší splnily podmínku, tak musí vyhovět i menší se schopností dodání přesnějšího výsledku. U 2mm prvků používaných na žebrech byl test proveden z důvodu, jestli nebudou stačit lineární prvky, z výsledků je patrné, že ani u těchto nejmenších použitých prvků nedostáváme dostatečnou přesnost.

Na základě předchozího ověření můžeme v návrzích zatížení pracovat s kvadratickými prvky typu tetrahedron a brick do velikosti 10mm, jelikož splňují podmínku shody větší jak 90% s řešením v uzavřeném tvaru, což byl stanovený parametr pro posouzení.

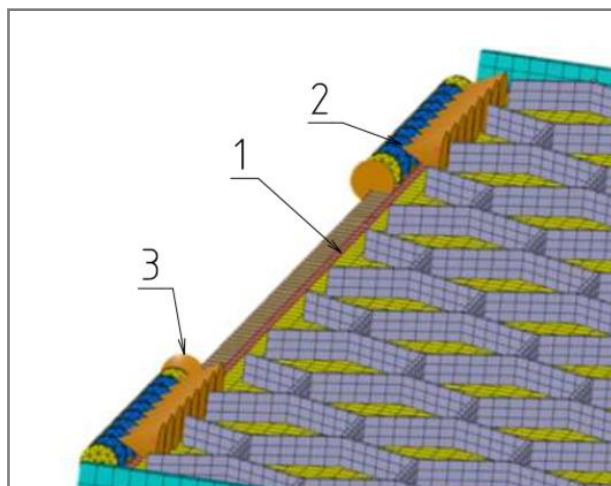
6.4.2 Výpočet zatížení došlapu dítěte

Pro simulaci zatížení je vytvořen kruh o průměru 50mm představující patu nebo špičku v případě, že dítě na víko šlápne jednou nohou a tudíž celá jeho váha bude lokálně zatěžovat box. Zátěž je nastavena na 400N, protože autosedačky jsou koncipovány do 36kg. Všechny úlohy byly definovány jako lineární s homogenním materiálem.

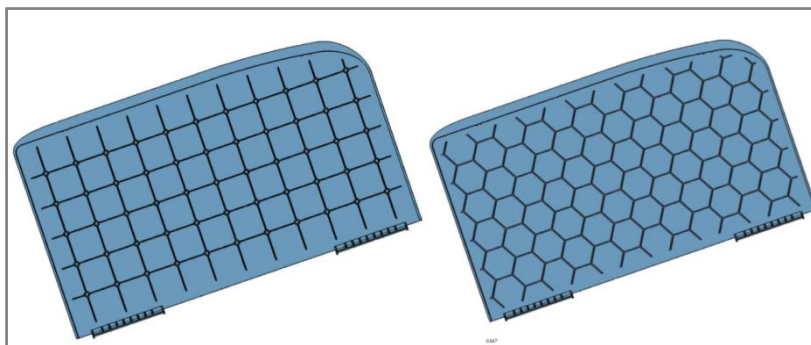


Obr. 23 Zatížení víka v 3DEXPIRIENCE

Po obvodu víka byl vytvořen pás (Obr. 23_1) a následně zavazben ve směru osy Z, což simulovalo dosed na mezikus. Stejná vazba je i na žebrech (Obr. 23_2) dosedajících do pantu. Pro zamezení rotace byly zavazbeny boční plochy protikusu pantu, které neovlivňovalo zatížení. (Obr. 23_3)



Obr. 24 Zavazbení víka v 3DEXPIRIENCE

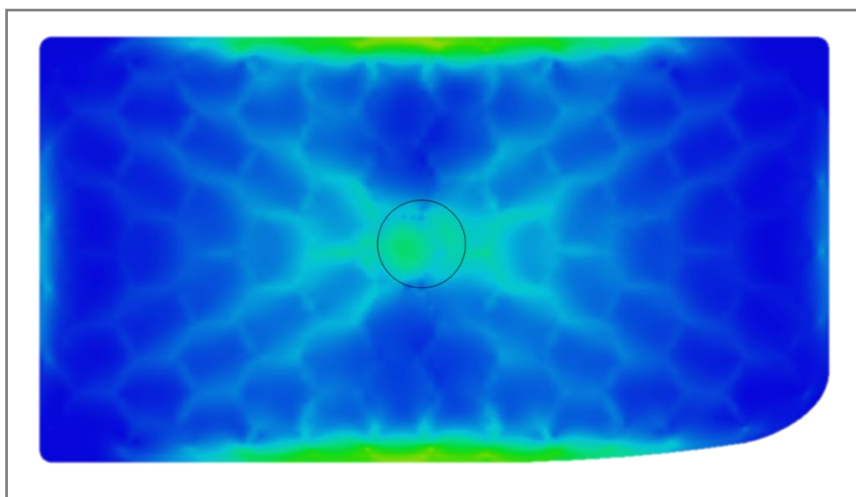


Obr. 25 Čtvercová a šestiúhelníková síť žeber

Kvůli vyztužení víka byly navrženy dvě sítě žeber (Obr. 24) se stejnými parametry, což byla šířka v kořeni žebra 1,2 mm, úkos 0,5° a délka, při které šířka bude 0,8 mm.

Tab. 6 Zatížení víka

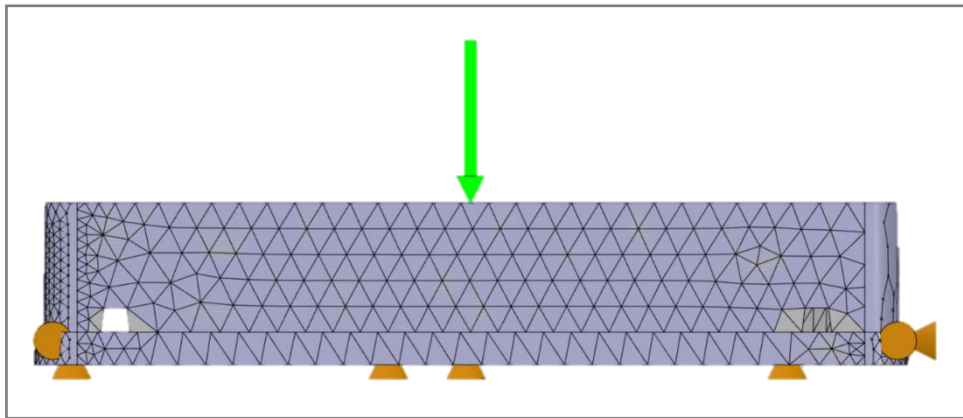
	MAXIMÁLNÍ NAPĚTÍ NA VÍKU [MPa]	MAXIMÁLNÍ NAPĚTÍ NA ŠPIČKÁCH ŽEBER [MPa]
BEZ ŽEBER	28,97	-
ŠESTIÚHELNÍKOVÁ	9,06	43,75
ČTVERCOVÁ	12,42	62,73



Obr. 26 Průběh napětí na víku s šesti úhelníkovou sítí žeber

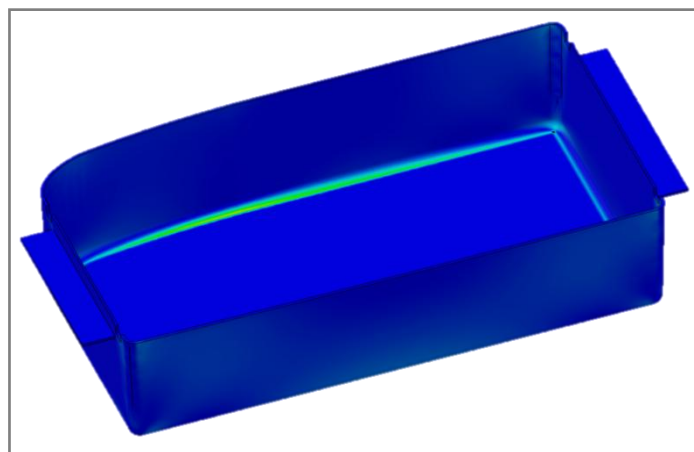
Vzhledem k výsledkům návrhu zatížení bude použita šestiúhelníková síť žeber, protože nejefektivněji pohlcuje napětí a tím eliminuje vznik plastických deformací v důsledku zatížení na víku boxu. Velikost napětí na špičkách žeber je nepatrně vyšší než fiktivní mez kluzu materiálu při teplotě $t=80^{\circ}\text{C}$, ale plastizace špiček žeber nijak

neovlivňuje funkčnost ani estetickou stránku a také je nepravděpodobné, aby se box v reálných podmínkách nahřál až na tuto teplotu.



Obr. 27 Zavazbení mezikusu v 3DEXPIRIENCE

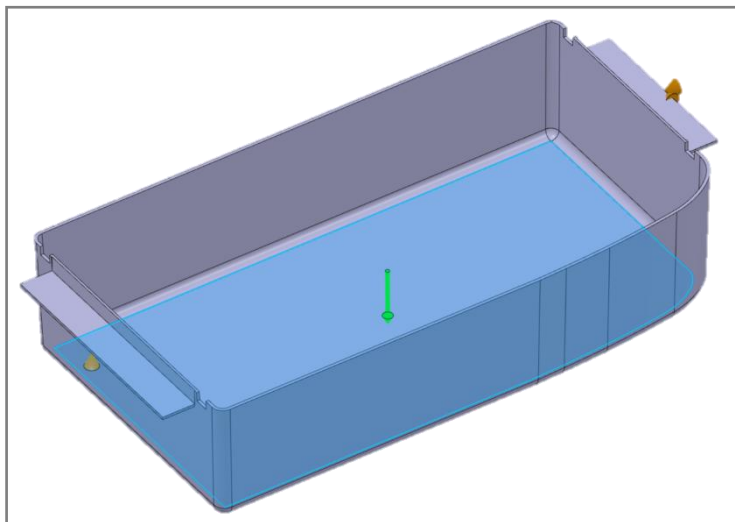
Mezikusy a dno bylo zatíženo plošnou silou 400N na dosedových plochách pro simulaci přenášení zatížení mezi jednotlivými díly. Spodní dosedová plocha v případě mezikusu a dno v případě víka byli zavazbeny opět ve směru osy Z. Kvůli statické určitosti byly vydrány dva náhodné body z těchto ploch a prvním byla dodána vazba ve směru osy X i Y a druhému pouze ve směru Y pro zabránění rotace. (Obr. 26) Největší napětí bylo v zaoblení dna a rovnalo se 3,5MPa, protože se zde k tlakovému zatížení přičítal i ohybový moment vznikající v důsledku stěny formované pod úhlem 2°. (Obr. 27) Ostatní napětí nepřekročila 0,2MPa.



Obr. 28 Průběh napětí na dnu

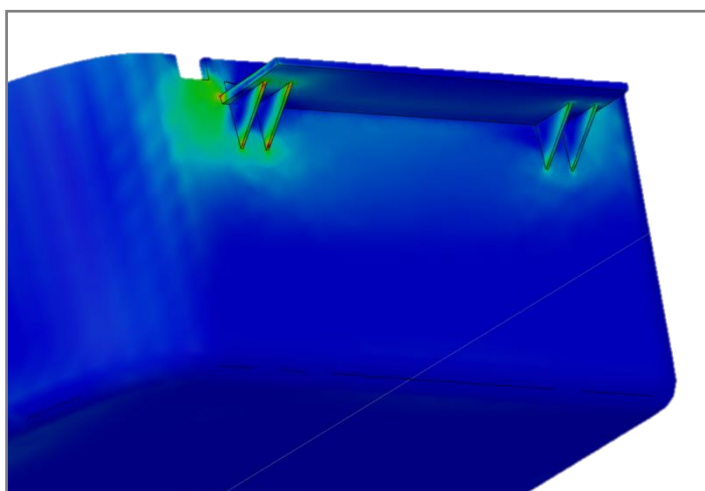
6.4.3 Výpočet zatížení úchytů dna

Maximální zatížení představuje dno naplněné vodou. K vlastní tíze byla tedy přidána zaokrouhlená zátěž 100N, která byla plošně rozložena. Zvednutí pomocí úchytů symbolizuje zamezení posuvu v zetovém směru vnějších spodních hran úchytů. Kvůli statické určitosti se na jednu hranu přidalo zamezení i v ose Y a X. (Obr. 28)



Obr. 29 Zavazbení dna v 3DEXPIRIENCE

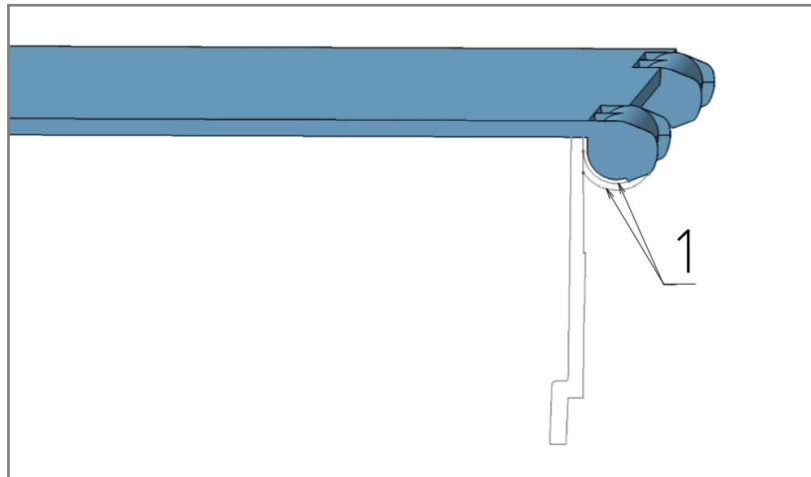
Pro zajištění stability a omezení možnosti vzniku deformace úchytů bylo dodáno vyžebrování po celé délce z horní strany a po dvou na každé straně ze spodní, aby nedocházelo k omezování uživatele při zvedání boxu. Napětí se po přidání žebek snížilo z původních 31,8MPa na 23,6MPa. Maximální napětí je na spodních žebrech. (Obr. 29)



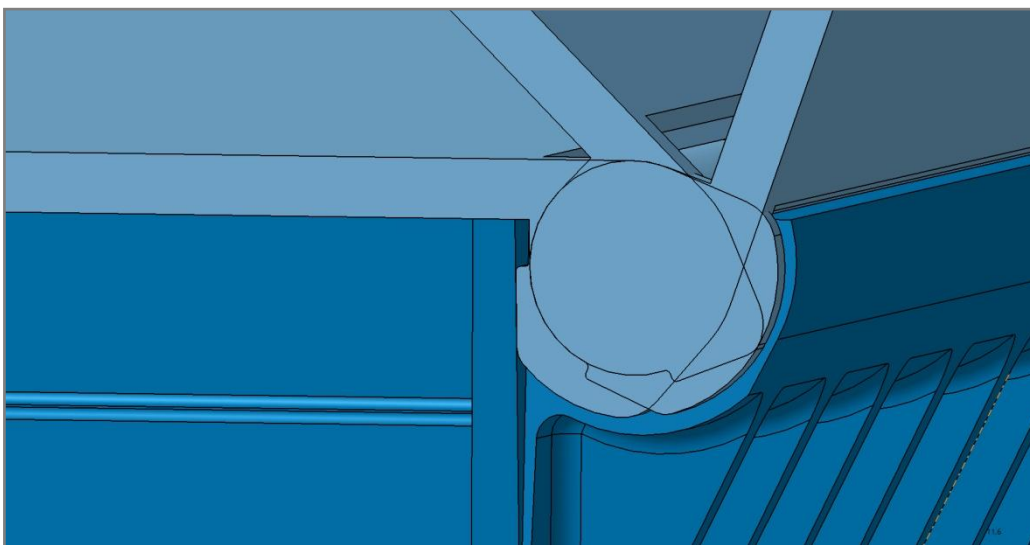
Obr. 30 Průběh napětí na úchytech dna

6.4.4 Ověření kinematiky

Vzhledem k nepoužití mechanismů stačí zaručit, aby byl pant se svým protikusem na víku vyroben s dostatečnou vůlí pro plynulost chodu. Demontovatelnost klipů je dána úhlem sklonu 15° plochy za hranou do sedu. Funkce zarážek byla ověřena schematickým znázorněním trajektorií jejich krajních bodů při rotaci víka. (Obr. 30)



Obr. 31 Ověření kinematiky zarážek



Obr. 32 Znázornění do sedu zarážky

7 DISKUZE

Vzhledem k neexistenci řešení tohoto problému musely být stanoveny potřebné výškové polohy boxu. Byla použita česká literatura a figuríny schválené Euro NCAP pro určení vývoje dětské končetiny a definování poloh nášlapné plochy

Navržené rozměry jsou primárně určeny pro vozy Škoda Octavia III, ale box by mohl být využit i pro jiná vozidla koncernu Volkswagen se stejným nebo větším podvozkem než má toto. (například Škoda Superb nebo Volkswagen Passat)

Konstrukce je uzpůsobena typu výroby, což je v tomto případě vysokotlaké vstřikování do kovové formy. Pro snížení investičních nákladů nejsou použita posuvná jádra a při navrhování byla snaha minimalizovat velikosti forem, proto jsou systémy drážek pro zajištění muzikusů formována i se samotnými sponami uvnitř dílů. Jako materiál byl zvolen běžně používaný plast s vlastnostmi dostatečnými pro zatížení boxu.

Pro samotné navrhování zátěžných stavů byly nejprve ověřeny velikosti a typy použitých prvků. Vzhledem k nutné shodě alespoň z 90% s řešením v uzavřeném tvaru nemohly být použity žádné lineární prvky pro nízkou přesnost výsledků. Ověření funkčnosti návrhu bylo provedeno skrze simulace zatížení dítětem v případě došlapu na víko nebo dna boxu, pokud je v něm něco přenášeno. Ze získaných výsledků byly vyřazené některé hodnoty mimo oblasti zájmu jako například ty od prvků na zarážkách víka, které nejsou simulovaným zatížením nijak ovlivňovány, ale i tak tam vznikalo, což bylo díky chybě diskretizace. Z ostatních dat bylo vybráno nejlepší řešení, což je v tomto případě šestiúhelníková síť žeber pro vyztužení víka. Vyžebrované jsou i úchyty vytvořené pro manipulaci s boxem.

8 ZÁVĚR

Cílem práce bylo nabídnout inovativní a jednoduché řešení, které by poskytlo podporu dětským končetinám během přepravy v dětských autosedačkách a tím předejít možným zdravotním komplikacím jako je zhoršený krevní oběh nebo utlačení nervů.

K vypracování návrhu bylo nejdříve nutné definovat ergonomicky správné sezení, ze kterého vyplynula nutnost výškové stavitelnosti opory, aby nedocházelo k vysoké flexi kyčelního kloubu. Z naměřených rozměrů dětských autosedaček a dat o vývoji dítěte byl stanoven věk, kdy dítě podporu končetin potřebuje. Samotné výškové polohy byly odečteny z modelu vozidla a figurín odpovídajícího věku dítěte.

Byly vypracovány dva koncepty řešení s tím, že byl pro následné zpracování vybrán koncept č. 2, tedy estetičtější řešení poskytující zákazníkovi větší komfort.

Výškové stavitelnosti bylo docíleno konstrukcí dvou mezikusů, které polohu boxu mění o 40mm nebo 80mm. Spojení jednotlivých dílů je zajištěno demontovatelnými klipy nebo sponami s uzpůsobením pro snadnější rozebíratelnost.

Optimalizace bylo docíleno pomocí navrhování zátěžných stavů pro jednotlivá řešení. Vzhledem k výsledkům bylo zvoleno vyžebrování víka šestiúhelníkovou sítí žeber kvůli eliminaci možnosti plastické deformace v důsledku zatížení víka stojícím dítětem. Zátěž byla definována na 400N, protože minimální únosnost by měla být 36kg vzhledem k parametrům autosedaček.

Řešením práce tedy vznikl multifunkční, výškově stavitelný box s minimální nosností 36kg, který zvyšuje komfort přepravovaných dětí a zároveň může být využíván pro ukládání potřeb pro dítě nebo jiných drobných předmětů. Návrh boxu byl vymodelován v sw CATIA V5. Součástí práce jsou výkresy jednotlivých dílů a sestavy.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ (LITERATURA, DLE NORMY ČSN ISO 690)

- [1] LEITERMANN, W., CHRISTLEM, J. *The 2nd-generation Audi Space Frame of the A2: A trendsetting all-aluminium car body concept in a compact class car 2000-05-0260*. SAE International. Technical paper. [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2000-05-0260/>
- [2] Der Audi A2. *The Audi Space Frame (ASF)*. Das Audi A2 Museum. [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.audia2museum.de/92.html>
- [3] SVOBODA, J.: *Using of new functional elements of furniture*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 1, pp. 271–278, dostupné z: https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2008056010271.pdf
- [4] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [5] VAN HOUCHE, J., A. SCHOUTEN, G. STEENACKERS, D. VANDERMEULEN, C. PATTYN a E. A. AUDENAERT. *Computer-based estimation of the hip joint reaction force and hip flexion angle in three different sitting configurations*. *Applied Ergonomics*. 2017, 63(1), 99-105. DOI: 10.1016/j.apergo.2017.04.008. ISSN 00036870.
- [6] Testado.cz. *Nejlepší autosedačky pro děti – tipy 2017*. [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://www.testado.cz/nejlepsi-autosedacky/?gclid=EA1aIQobChMI5ZS0-8u-2QIVhz8bCh1R2w3VEAAYAAEgK4C_D_BwE&utm_expid=116942230-1.qX9VHAqFS0G4hxzWI-14Tw.0&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.cz%2F
- [7] SlidePlayer. *Antropometrické body na těle na hlavě na uchu*. [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5943301/>
- [8] HAJNIŠ, Karel, Jaroslav BRŮŽEK a Vladimír BLAŽEK. *Růst českých a slovenských dětí*. Praha: Academia, 1989. Studie ČSAV.
- [9] CAMPUS. *Datasheet of ALTECH PA6 ECO 2025/509 GF25*. [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <https://www.campusplastics.com/campus/en/datasheet/ALTECH+PA6+ECO+2025509+GF25/ALBIS/5/3ec9cea3/SI?pos=1>
- [10] SHIGLEY, J.E., MISCHKE, C.R. a BUDYNAS, R.G. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd., 2010, VUTIUM, Brno. ISBN 978-80-214-2629-0
- [11] LINHART, L. *Příklady řešení staticky neurčitých nosníků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 45s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, PhD

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

m [kg]	-hmotnost
F [N]	-zátěžná síla
E [MPa]	-modul pružnosti
ρ [kg.m ⁻³]	-hustota
w [mm]	-průhyb
J [mm ⁴]	-kvadratický osový moment
l [mm]	-délka nosníku
a [mm]	-charakteristický rozměr nosníku
b [mm]	-charakteristický rozměr nosníku
A [cm]	-délka sedací plochy
B [cm]	-výška sedací plochy
$\sigma_{23,2}$ [MPa]	-fiktivní mez kluzu pro $t=23^{\circ}\text{C}$
$\sigma_{80,2}$ [MPa]	-fiktivní mez kluzu pro $t=80^{\circ}\text{C}$
\bar{X}	-průměrná hodnota parametru
sw	-software
Euro NCAP	-European New Car Assessment Programme

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	
Obr. 1 Space Floor Box	14
Obr. 2 Čtyřleté dítě v autosedačce	16
Obr. 3 Koncept č. 1, průřez bokorysem	17
Obr. 4 Koncept č. 1	18
Obr. 5 Koncept č. 2, průřez bokorysem	18
Obr. 6 Koncept č. 2	19
Obr. 7 Antropometrické body	21
Obr. 8 Šestileté dítě v autosedačce	22
Obr. 9 Dvanáctileté dítě s podsedákem	23
Obr. 10 Box v pozici v automobilu	23
Obr. 11 Řez sestaveným boxem	24
Obr. 12 Úchyty a klipy	24
Obr. 13 Spony formované uvnitř mezikusu	25
Obr. 14 Spona	25
Obr. 15 Spony spojující více mezikusů	26
Obr. 16 Formovací analýza pantu	26
Obr. 17 Protikus pantu na víku zobrazen v řezu	27
Obr. 18 Úchyty a klipy	27
Obr. 19 Osazení víka v řezu	28
Obr. 20 Dvojice žeber	28
Obr. 21 Nosník s charakteristickým průřezem	30
Obr. 22 Úloha nosníku v 3DEXPIRIENCE	31
Obr. 23 Zatížení víka v 3DEXPIRIENCE	32
Obr. 24 Zavazbení víka v 3DEXPIRIENCE	32
Obr. 25 Čtvercová a šestiúhelníková síť žeber	33
Obr. 26 Průběh napětí na víku s šesti úhelníkovou sítí žeber	33
Obr. 27 Zavazbení mezikusu v 3DEXPIRIENCE	34
Obr. 28 Průběh napětí na dnu	34
Obr. 29 Zavazbení dna v 3DEXPIRIENCE	35
Obr. 30 Průběh napětí na úchytech dna	35
Obr. 31 Ověření kinematiky zarážek	36
Obr. 32 Znázornění do sedu zarážky	36
Graf 1 Materiálová charakteristika	29

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Rozměry dětských autosedaček	21
Tab. 2	Vývoj délky stehna (projektivní vzdálenost bodů sy-ti)	22
Tab. 3	Materiálová charakteristika při $t=23^{\circ}\text{C}$	29
Tab. 4	Materiálová charakteristika při $t=80^{\circ}\text{C}$	29
Tab. 5	Porovnání použitých prvků	31
Tab. 6	Zatížení víka	33

13 SEZNAM PŘÍLOH

13

1. Výkres sestavy
2. Výkres dna
3. Výkres mezikusu
4. Výkres mezikusu s panty
5. Výkres víka
6. Model z CATIA V5