

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nábytku, designu a bydlení

Návrh konstrukce židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva

DIPLOMOVÁ PRÁCE

(Tato práce obsahuje samostatné přílohy.)

zadání práce

rub zadání práce

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh konstrukce židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva vypracoval samostatně a uvedl všechny informační prameny, které byly použity pro vypracování této diplomové práce. Souhlasím, aby byla moje bakalářská práce zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna je studijním účelům ve shodě s Vyhláškou rektora Mendelovy univerzity o archivaci elektronické podoby závěrečných prací.

Autor kvalifikační práce se dále zavazuje, že před sepsáním licenční smlouvy o využití autorských práv díla s jinou osobou (subjektem) si vyžádá písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuje se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla dle řádné kalkulace.

V Brně, dne.....

podpis studenta.....

Poděkování:

Děkuji ing. Zdeňku Holoušovi za rady a odborné vedení při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se skládá ze tří částí. V první části se tato práce zabývá historickým přehledem sedacího nábytku, jeho typologií a ergonomií, taktéž je obsahem první části práce rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva. Druhá část práce se zabývá vyhodnocením rešerše a návrhem vlastního konstrukčního řešení čtyřech variant židle z desky překližovaného typu a jejich pevnostním porovnáním za pomoci numerické simulace. Třetí část práce se zabývá tvorbou výkresové dokumentace čtyř variant židle z desky překližovaného typu a taktéž vypracováním kusovníku a THN materiálu těchto čtyřech variant.

Jméno: Jaroslav Šatánek

Název diplomové práce: Návrh konstrukce židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva

Klíčová slova: židle, konstrukce, velkoplošný materiál, deska překližovaného typu

Abstract

This master thesis consists of three parts. The thesis deals with historical overview of chairs, ergonomics of chairs and its typologies, also is contained research of chairs made by plywood in the first part of this thesis. The second part of this thesis deals with the evaluation of research and also deals with creation of structural design of four variant of chairs made by plywood and comparing their strenght with the help of numerical simulation. The third part of the thesis deals with the creation of drawings of four variant of chair made of plywood and also drawing up a piece lists and THN of direct material cost.

Name: Jaroslav Šatánek

Name of master thesis: Proposal for construction solution of chair made of large – scale material based on wood

Key words: chair, structural design, construction, large - scale material, plywood

OBSAH

| | |
|--|----|
| OBSAH | 7 |
| 1. ÚVOD | 10 |
| 2. CÍL PRÁCE..... | 11 |
| 3. METODIKA PRÁCE | 12 |
| 4. STRUČNÝ HISTORICKÝ PŘEHLED SEDACÍHO NÁBYTKU | 13 |
| 5. ERGONOMIE SEDACÍHO NÁBYTKU A PROBLEMATIKA S NÍ SPOJENÁ .. | 18 |
| 5.1. Ergonomie obecně..... | 18 |
| 5.2. Antropometrie | 18 |
| 5.3. Úvod do problematiky sezení..... | 19 |
| 5.4. Sezení a držení těla | 20 |
| 5.5. Nesprávná dynamika sezení na židli..... | 24 |
| 5.6. Změny ve svalovém a vazivovém systému | 27 |
| 5.7. Způsoby sezení..... | 28 |
| 5.7.1. Přední sezení | 28 |
| 5.7.2. Střední sezení | 28 |
| 5.7.3. Zadní sezení..... | 29 |
| 6. ZÁKLADNÍ ROZMĚRY A TYPOLOGIE SEDACÍHO NÁBYTKU..... | 30 |
| 6.1. Výška sezení..... | 30 |
| 6.2. Hloubka sedáku | 31 |
| 6.3. Vztah výšky a hloubky sezení | 31 |
| 6.4. Plocha sedadla | 32 |
| 6.5. Sklony sedáku a opěráku..... | 33 |
| 6.5.1. Sklon sedáku..... | 33 |
| 6.5.2. Sklon opěráku..... | 33 |
| 6.6. Tvar sedáku | 34 |
| 6.7. Tvar opěradla..... | 35 |
| 6.8. Bederní podpěrka | 35 |
| 6.9. Podpěrky rukou (područky) | 36 |
| 6.10. Základní rozměrové parametry židlí..... | 37 |
| 6.11. Šířkové parametry židlí | 38 |
| 6.12. Typologie židlí..... | 38 |
| 6.12.1. Židle z hlediska funkce:..... | 38 |

| | | |
|---------|--|----|
| 6.12.2. | Židle z hlediska umístění..... | 39 |
| 6.12.3. | Židle z hlediska konstrukce | 39 |
| 6.12.4. | Židle z hlediska délky použití..... | 39 |
| 6.12.5. | Židle z hlediska použitého materiálu a technologie | 39 |
| 7. | REŠERŠE ŽIDLÍ Z VELKOPLOŠNÉHO MATERIÁLU NA BÁZI DŘEVA | 41 |
| 7.1. | Židle Kök | 41 |
| 7.2. | Židle v kombinaci s knihovnou | 42 |
| 7.3. | Židle Android System | 43 |
| 7.4. | Židle Tangram Side Chair | 44 |
| 7.5. | Židle 2pac Chair | 44 |
| 7.6. | Židle z kolekce SketchChair | 45 |
| 7.7. | Židle Chairfix Junior | 46 |
| 7.8. | Židle Primo chair | 47 |
| 7.9. | Vyhodnocení rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva | 47 |
| 7.9.1. | Použitý materiál | 49 |
| 7.9.2. | Použité konstrukční spoje..... | 49 |
| 8. | VLASTNÍ NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ | 50 |
| 8.1. | Technický popis konstrukce jednotlivých variant židle | 51 |
| 8.1.1. | Varianta židle 1 | 51 |
| 8.1.2. | Varianta židle 2..... | 52 |
| 8.1.3. | Varianta židle 3..... | 53 |
| 8.1.4. | Varianta židle 4..... | 54 |
| 8.2. | Hmotnostní varianty židlí..... | 55 |
| 8.3. | Nejčastěji používané konstrukční spoje u židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva | 56 |
| 8.3.1. | Spoj přeplátování..... | 56 |
| 8.3.2. | Spoj za pomoci otevřeného čepu s přesahem..... | 57 |
| 8.3.3. | Spoj za pomoci uzavřených čepů..... | 57 |
| 8.3.4. | Spoj za pomoci otevřených čepů..... | 58 |
| 8.4. | Volba materiálu | 59 |
| 8.4.1. | Vlastnosti překližované desky Multiplex, Multifine DYAS® - Multifme, DYAS® - Multiplex..... | 59 |
| 8.5. | Technologie výroby | 60 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8.5.1. | Systematika přípravy a výroby na CNC strojích (CAD/CAM) | 60 |
| 8.6. | Mechanická zkouška | 62 |
| 8.6.1. | Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2)..... | 62 |
| 8.6.2. | Stanovení bodu zatížení sedadla a opěradla | 62 |
| 8.6.3. | Zátěžová šablona | 62 |
| 8.6.4. | Zatěžovací podložka sedadla | 64 |
| 8.6.5. | Zatěžovací podložka opěradla..... | 64 |
| 8.6.6. | Velikosti působících sil | 65 |
| 8.6.7. | Metodika řešení | 66 |
| 8.6.8. | Materiál modelů simulace | 68 |
| 8.6.9. | Metodika vyhodnocení výsledků a stanovení referenčního modelu .. | 68 |
| 8.7. | Výsledky numerické simulace mechanické zkoušky | 69 |
| 8.7.1. | Varianta židle 1 | 69 |
| 8.7.2. | Varianta židle 2..... | 71 |
| 8.7.3. | Varianta židle 3..... | 73 |
| 8.7.4. | Varianta židle 4..... | 75 |
| 8.8. | Stručné shrnutí výsledku numerické simulace mechanické zkoušky | 77 |
| 9. | DISKUSE | 78 |
| 10. | ZÁVĚR | 80 |
| 11. | SUMMARY | 81 |
| 12. | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 82 |
| 13. | SEZNAM OBRÁZKŮ | 86 |
| 14. | SEZNAM TABULEK A GRAFŮ | 89 |
| 15. | SEZNAM PŘÍLOH | 90 |

1. ÚVOD

V současné době lidé tráví sezením mnohem více času než v dobách minulých, tudíž považují židli za samozřejmost a nezbytnost. Židle provází člověka od počátků lidské civilizace. Původně lidé seděli na kamenech a jiných přírodních útvarech, ale už v dobách starověkého Řecka se setkáváme s archetypy židlí. Trůny byly v dřívějších dobách považovány za symbol společenského postavení a moci, přičemž se jedná o tvarovou modifikaci židle s prodlouženým opěradlem a područkami, předmět, který je v dnešní době považován za úplnou samozřejmost.

Židli byla věnována pozornost odedávna v duchu dobových výrobních technik a dostupných materiálů. Až do první poloviny 19. století byly vyráběny židle řezané a soustružené. Průmyslová výroba 19. století proměnila židli v masový produkt. Nemalá zásluha na této expanzi je připisována Michaelu Thonetovi, který zdokonalením technologie ohýbání dřevěného masivu, použitím pásnice a formy vytvořil revoluci ve výrobě židlí. Thonetova židle č. 14 s rákosovým výpletem, vyráběná technologií ohýbáním se stala jedním z nejznámějších nábytkových objektů všech dob.

Z historického vývoje sedacího nábytku je známo, že byly židle vyráběny v duchu dobových výrobních technik a dostupných materiálů. I když je možno datovat vznik dýhy, potažmo překližky již k roku 3000 před Kristem, je výroba židli z netvarovaných překližek poměrně mladá, výrobu takovýchto židlí přinesla ve větším měřítku až CNC obráběcí centra.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je návrh konstrukce čtyř variant jídelní bytové židle (univerzální) z velkoplošného materiálu na bázi dřeva. Materiálem z kterého bude konstrukce židle vycházet je deska překližovaného typu. Návrh konstrukce je vytvořen na základě materiálových možností desky překližovaného typu a řeší se židli vyrobených z desky překližovaného typu. Práce si také klade za cíl seznámit čtenáře se základními konstrukčními možnostmi tvorby židle z desky překližovaného typu a analyzuje pevnostní rozdílnost čtyř konstrukčních variant židle. V neposlední řadě je také cílem práce vytvoření výkresové dokumentace čtyřech variant židle a jejich kusovníku a THN přímých materiálů.

3. METODIKA PRÁCE

Metodika této diplomové práce je rozdělena do tří částí. V první části se tato práce zabývá stručným historickým přehledem sedacího nábytku, ergonomii, typologií a základními rozměry sedacího nábytku a sezením obecně a jeho vlivu na fyziologii člověka. Součástí první části metodiky této práce je taktéž rešerše sedacího nábytku vytvořeného z velkoplošného materiálu na bázi dřeva.

Druhá část této práce se zabývá vyhodnocením rešerše sedacího nábytku na bázi dřeva a vlastním konstrukčním návrhem. Konstrukční návrh se stává ze čtyř variant židle z desky překližovaného typu. U návrhů byla snaha použít rozdílné konstrukční řešení a různé konstrukční spoje, které lze při konstrukčních návrzích židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva použít. Dalším krokem druhé části práce bylo vytvořit počítačové modely všech čtyř variant židle a podrobit je pevnostní analýze za pomoci numerické simulace dle ČSN EN 1728 (91 0235) Nábytek bytový – Sedací nábytek – Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti. Konkrétně bude simulována zkouška: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2). Výsledky této pevnostní analýzy provedené za pomoci numerické simulace by měly poukázat na rozdílnou pevnost čtyř variant židle vyrobené z desky překližovaného typu.

Třetí část této práce se zabývá tvorbou výkresové dokumentace všech čtyř variant židle z desky překližovaného typu a taktéž vypracováním kusovníku a THN materiálu těchto čtyřech variant.

4. STRUČNÝ HISTORICKÝ PŘEHLED SEDACÍHO NÁBYTKU

Údajně sahá historický vývoj sedacího nábytku do období až 7500 před naším letopočtem. Je známo, že vysoce vyspělé civilizace starověkého Egypta a Mezopotámie vytvářely a používaly židle již v roce 2850 před naším letopočtem. Mnohem méně známe, jsou nálezy z jihovýchodní Evropy z neolitického období staré 7500 let před naším letopočtem. Sedící žena na obrázku 9 byla nalezena v Catal Huyuku v Turecku okolo roku 7000 před naším letopočtem.



Obrázek 1. Figurka sedící ženy [17]

Obrázek 1 ukazuje cca 5 centimetrovou figurku sedící ženy vytvořenou neolitickými lidmi bývalé Jugoslávie. Nikdo přesně neví, jak daleko do minulosti výroba židlí sahá. Nikde po celém světě na stěnách v jeskyních nebyla mezi malbami nikdy nalezena žádná malba židle, z toho vyplývá, že historie židlí může a nemusí sahát až do období Paleolitu 40 000 před naším letopočtem.

Nejstarší známé typy židlí jsou trůn a klismos (obr. 2). Trůny jsou známy z Mezopotámie, Egypta a Kréty. Starší dynastie starověkého Egypta vytvářely trůny s pravým úhlem mezi sedákem a opěrákem, ale postupem času začaly mladší dynastie starověkého Egypta (1362 před naším letopočtem) vyrábět trůny tvarované. Řecká židle klismos již měla nakloněný opěrák pro použití zejména

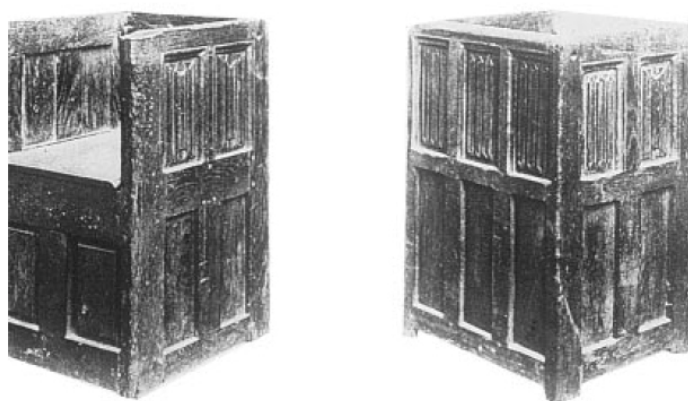
ženami v domácnosti. Dva typy židlí, trůny a židle klismos byly populární v Římě, ale Římané používali pro své aktivity daleko více postele než židle. Postele byly používány ke spánku, zábavě, čtení, psaní a dokonce i k stravování.



Obrázek 2. Židle klismos [18]

Mohlo by se zdát, že bylo používání židlí v této době velice omezeno, ale ve středověku se používání židlí znovu obnovilo, zpočátku sice jen jako způsob sezení pro vladaře. Z této doby existuje mnoho vyobrazení, která ukazují vladaře sedícího na židli, zatímco všichni okolo stojí nebo sedí na zemi.

Koncem tohoto období a začátkem Renesance vznikl v Evropě nový typ židle vycházející z truhly, která se objevovala v síních v období středověku. Tato truhla byla společná i pro feudální období a to z důvodu politické nestability, lidé byli nuceni stále se stěhovat a truhla jim poskytovala úložný prostor pro nezbytnější věci, které byly v případě stěhování přenášeny právě v truhle. Tyto truhly se později ukládaly ke zdem síní a lidé je používali k sezení. Tento nový druh „židle“ je v podstatě krabice s deskovitým opěrákem zad (obr. 3).

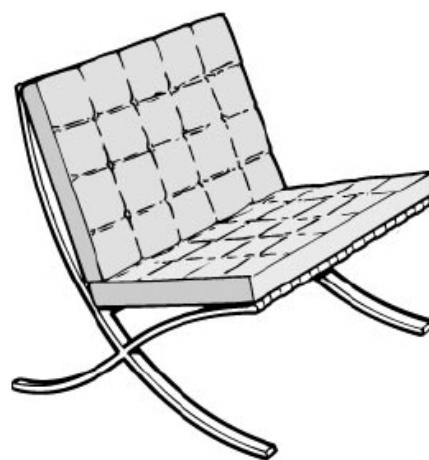


Obrázek 3. Truhla sloužící k sezení [17]

Nyní přeskočíme několik století z Renesance do 19. Století. V 19. století byly používány pružiny, čalounění a nábytek se vytvářel v historickém stylu. Poté přišly moderní nadčasové židle bez čalounění v podobě židlí od Thoneta, které byly vytvořeny z ohýbaného dřeva (obr. 4). Devatenácté století bylo stoletím experimentace s výrobními technologiemi a materiály. Ukázkou této experimentace je židle Barcelona od Ludwiga Miese van der Rohe (obr. 5). Nebo židle Ceska od Breuera, která je tvořena ohýbanými trubkami (obr. 6). Tyto židle jsou důkazem snahy skloubení různých materiálů, např. kůže, kov. Snaha kombinovat tradiční materiály jako třeba ratan a dřevo s novými průmyslovými materiály.

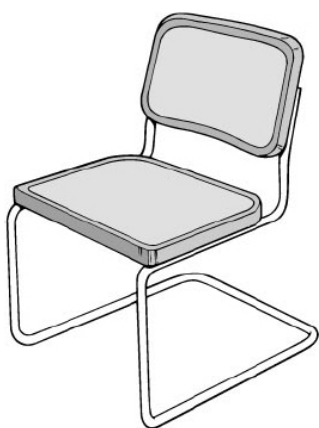


Obrázek 4. Thonetova židle č. 18 [17]

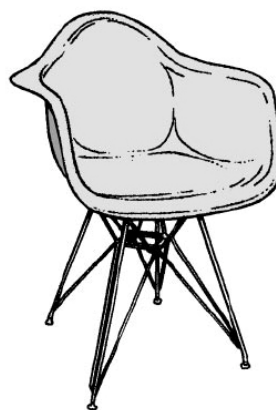


Obrázek 5. Křeslo Barcelona [17]

Z návrhů židlí dvacátého století je možno zpozorovat snahu designérů o vytvoření jak tvarově, tak materiálově zajímavých skulptur, které ale zcela neberou v potaz lidské tělo. Mnoho designérů dnešní doby se zabývá tvorbou židlí za použití různých technologií zpracování plastů, kovů, dřevěných lamel a samozřejmě kombinací vzniklých materiálů a tvarů. Mnoho designérů dnešní doby mají zřejmě v oblibě nábytkové umění dvacátého století, které používá nové technologie a materiály, ale neuvědomují si, že tyto inovace dvacátého století mají ve většině případů fyziologicky katastrofální následky. Židle dvacátého století svou konstrukcí způsobovaly sedícímu ze spodní strany stehem bolest v důsledku propadnutí se do židle nebo bylo obtížné z takovýchto židlí vstát. Příkladem takovéto židle, která je současnými designéry obdivována, je plastová židle od Eamese a Saarineny (obr. 7). Z technického hlediska je tato židle velice kvalitní, ale z hlediska fyziologického jsou zde zásadní nedostatky. Židle tohoto typu, jejíž sedák i opěrák je tvořen plastovou skořepinou, neposkytují dostatečný prostor pro hýždě. Zdraví neškodlivý posed na této židli není prakticky možný, pánev je tlačena směrem vpřed, sedící osoba má tendence sklouzávat ze židle. Fascinace novými materiály a tvary převážila snahu vytvořit židli beroucí v potaz fyziologii lidského těla. V současné době můžeme tyto nedostatky v konstrukci ve vztahu k lidskému tělu pozorovat na snaze současných designérů vytvořit židle stohovatelné nebo rozkladatelné na úkor jejich fyziologické použitelnosti.



Obrázek 6. Židle Ceska [17]



Obrázek 7. Židle od Eamese a Saarineny [17]

Z tohoto zkráceného přehledu lze vyvodit závěr, že se vývoj židlí nesl spíše v duchu inovací materiálů, hledání nových tvarů a kombinací materiálů na úkor fyziologické použitelnosti. Navrhovat židle okázalých tvarů na úkor použitelnosti z hlediska fyziologie nemuselo být ve dvacátém století zdraví nebezpečné, kdy se židle používala jen omezeně. Ale v současnosti, kdy lidé tráví na židli téměř celý den, je navrhovat takovéto židle fyziologicky nebezpečné.

5. ERGONOMIE SEDACÍHO NÁBYTKU A PROBLEMATIKA S NÍ SPOJENÁ

5.1. Ergonomie obecně

Pojem ergonomie byl uměle vytvořen a vznikl spojením dvou řeckých slov – ergon = práce a nomos = zákon, pravidlo. Vedle pojmu ergonomie existují i pojmy další, které nesou stejný význam, mezi tyto pojmy patří například Human Factors, Biotechnology, Human Engineering apod. Nicméně nejčastěji užívaným pojmem je pojem „Ergonomics = making work human“ (Ergonomie = polidštění práce). Tento pojem lze podle encyklopedie Industrial Health and Safety popsat jako, oblast vědeckých a technických znalostí ve vztahu k člověku a jeho práci, a jak jsou tyto znalosti využívány ke zlepšení vztahu mezi člověkem a jeho prací z hlediska zdravotního a taktéž i z hlediska produktivity práce.

Výstižná je taktéž definice ergonomie podle Grandjeana: „Ergonomics = fitting the task to the human“ (Ergonomie = přizpůsobení práce člověku). I když je pojem ergonomie jednotlivými autory definován poněkud odlišně, základní myšlenka je společná. Ergonomie zlepšuje podmínky práce bez špatného vlivu na lidské zdraví, v komfortním prostředí, při zvýšení efektivity pracovní činnosti. V roce 2000 byla Mezinárodní ergonomickou společností (IEA) navržena následující definice ergonomie:

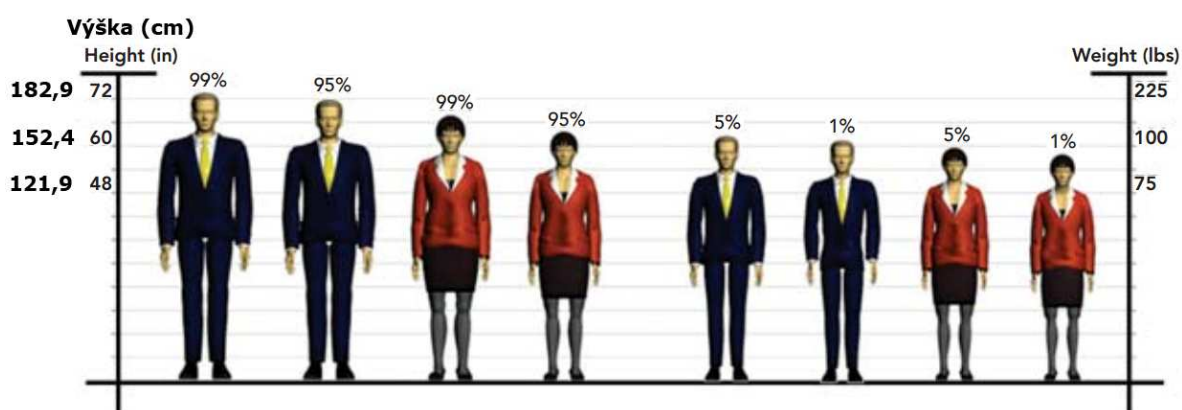
„Ergonomie je vědecká disciplína založená na porozumění interakcí člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost.“ [6]

5.2. Antropometrie

Antropometrie je vědní obor zabývající se měřením rozdílů velikosti lidského těla a jeho částí v populaci. Při navrhování výrobků je důležité mít na paměti rozmanitost velikostí a tvarů lidského těla. Při navrhování sedacího nábytku se vychází z rozměrů průměrné ženské postavy, kterým je sedací nábytek přizpůsoben. Tendencí lidské populace je růst, zvětšování rozměrů lidského těla. Z tohoto důvodu je přínosem vytváření antropometrických měření a statistik, jejichž výstupy jsou základem pro určování základních rozměrů sedacího nábytku.

Antropometrické rozměry lidského těla, jak mužského, tak ženského jsou rozděleny do skupin a seřazený podle velikosti. Skupiny jsou označený jako percentily. Nabývají hodnot 99 percentil, 95 percentil, 5 percentil, 1 percentil. Například 99 percentil znamená, že jen 1% respondentů je vzrůstem vyšší než všech ostatních 99 % respondentů. [16]

Obrázek 8 znázorňuje srovnání percentilů mužů a žen.



Obrázek 8. Rozložení výšky ženské a mužské postavy v populaci [16]

5.3. Úvod do problematiky sezení

Charakteristickým projevem současné civilizace je nedostatečná pohybová aktivita. Dává se do vztahu s ischemickou chorobou srdeční, obezitou, cukrovkou, hemoroidy, cévním onemocněním dolních končetin, bolestmi zad a dalšími zdravotními obtížemi. Dokonce se v této souvislosti hovoří o onemocněních z hypokineze (nedostatku pohybu). [6]

Současný trend technického rozvoje vede k tomu, že stále přibývá profesí se sedavým charakterem zaměstnání, doba strávená sezením se neustále zvyšuje, a to jak v práci, tak i během mimopracovní činnosti. Ve vyspělých průmyslových zemích sedí v práci až dvě třetiny lidí. Podle některých odhadů se dokonce uvádí, že celkový čas strávený sezením během pracovního života u kancelářské práce činí přibližně 80 000 hodin. Jestliže uvážíme, že v kanceláři sedíme přibližně 6 hodin denně, v dopravních prostředcích 1-1,5 hodiny, ve volném čase přibližně 3 hodiny denně, pak nás uvedené číslo ani nepřekvapí.

Z hlediska zatížení pohybového aparátu a páteře má dlouhodobé sezení řadu negativních důsledků, a to jak ve smyslu změn držení těla, přetížení

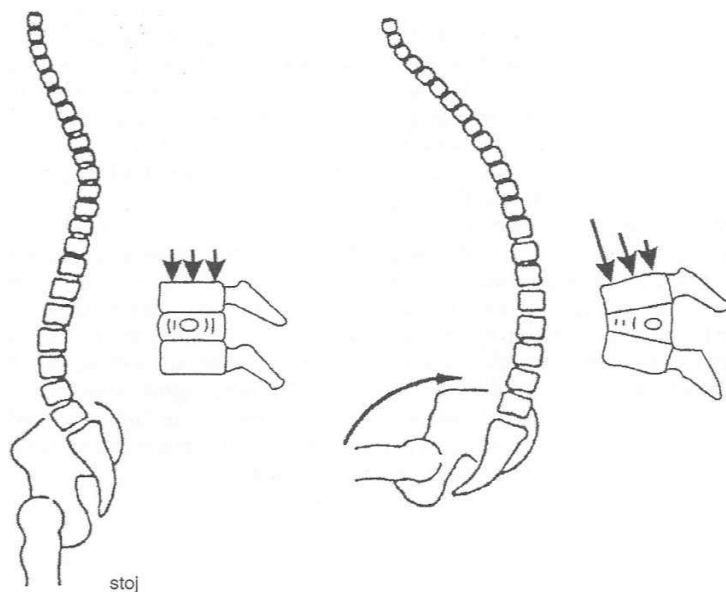
svalového a vazivového systému, ovlivnění tlaků na meziobratlové ploténky a z toho vyplývajících nejrůznějších potíží, např. bolestí v zádech. O tom, že sedavá zaměstnání lze dát do souvislosti s vyšším výskytem bolestí v zádech, svědčí řada epidemiologických studií. Tak např. Kelseyová uvádí, že ti, jež sedí více než polovinu pracovní doby po dobu nejméně pěti let, měli o 50-60 % zvýšené riziko výhřezu meziobratlové ploténky bederní páteře. [6]

I přes tyto negativní důsledky se pracovní poloha vsedě stále považuje za výhodnou ve srovnání s pracovní polohou vstoje. Je charakterizována nižším energetickým výdejem, nižší únavností, nižším zatížením dolních končetin, klade menší nároky na oběhový systém, zvláště na srdce, a ve srovnání s polohou vstoje umožňuje vyšší stabilitu a snazší vykonávání činností s nároky na jemnou koordinaci. Nicméně civilizačnímu a technickému trendu nelze uniknout, a proto je třeba hledat prostředky ke snížení rizika zdravotního poškození, zejména onemocnění páteře. V prevenci onemocnění páteře při práci vsedě se uplatňují jednak ergonomické požadavky na správnou pracovní židli a dále rehabilitační přístupy ve smyslu vhodného kompenzačního pohybového režimu, nácviku správného sezení apod. [6]

5.4. Sezení a držení těla

Vlivu sezení na pohybový systém, a to zejména na páteř, se věnuje velká pozornost.

Pro správné pochopení ergonomické, zdravotní a rehabilitační problematiky sezení je nezbytné v úvodu poukázat, jakým způsobem je páteř při sezení zatěžována. Na obrázku 9 je vyznačeno, co se stane s páteří při posazení (bez opory páteře), resp. jak se změní držení těla.



Obrázek 9. Držení páteře vstoje a vsedě [6]

Změny jsou následující:

- pánev se sklápí dozadu, mění se úhel v kyčelním kloubu - ze stoje, kde činí 180° . se v poloze vsedě zmenší na přibližně 90° (60° jde p řitom na vrub ohnutí v kyčelních kloubech, zbývající 30° je v d úsledku vyrovnání, resp. oploštění bederní lordózy),
- dochází k oploštění bederního úseku páteře – lordózy (obr. 10)
- v oblasti hrudní páteře se páteř vyklenuje dozadu – kyfóza (obr. 11)
- krční páteř se předsunuje dopředu. [6]



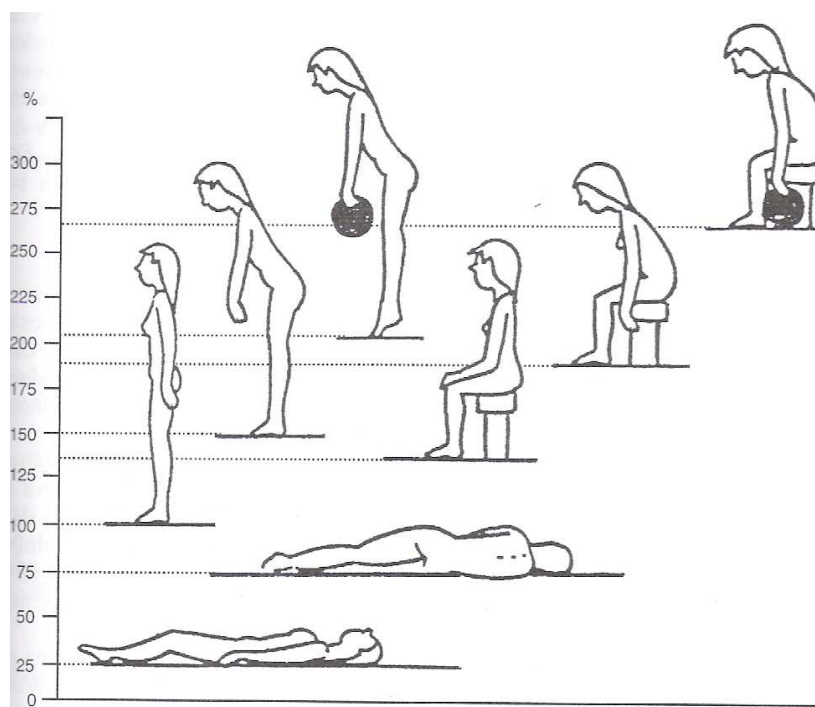
Obrázek 10. Lordóza [19]



Obrázek 11. Kyfóza [19]

Kulatá záda – kyfóza se dále vyznačuje předsunutým držením ramen, omezeným dýcháním, stlačením břišních orgánů a přetížením některých svalů a vazů.

Důsledkem oploštění bederního úseku páteře – lordózy dochází ke zvýšenému tlaku na meziobratlové ploténky bederní páteře. Dokazuje to např. Nachemsonova experimentální studie, která uvažuje 100 % tlak na třetí meziobratlovou ploténku v pozici vzpřímeného stoje, při sezení dochází ke zvýšení tlaku o 40 % (obr. 12). Dále je z obrázku patrná různá velikost tlaku na třetí meziobratlovou ploténku v rámci samotného způsobu posezení. [6]



Obrázek 12. Relativní tlak na třetí meziobratlovou ploténku bederní páteře podle polohy těla (podle Nachemsona) [6]

Při dlouhodobém sezení s kulatými zády dochází k poškození meziobratlových plotének bederní páteře vlivem nerovnoměrného tlaku na ploténku – na přední straně je ploténka namáhána vyšším tlakem než na zadní straně, čímž dochází k její deformaci do tvaru klínu. Tímto se jádro ploténky posouvá dozadu a může stlačovat nervové kořeny.

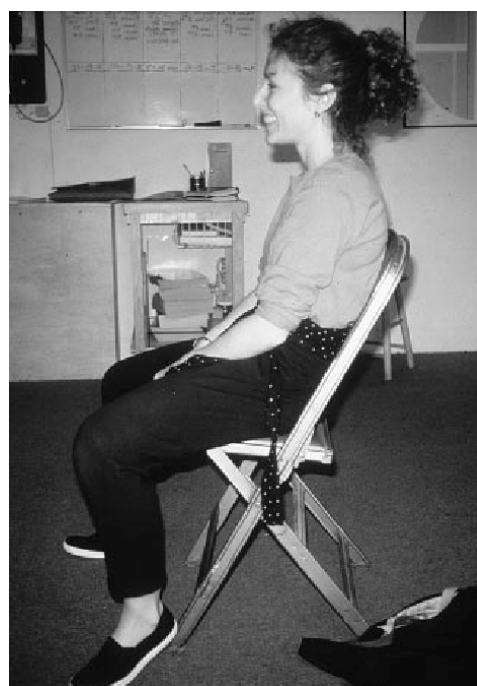
V souvislosti s kulatým držením trupu se můžou vyskytnout bolesti v oblasti spojení hrudní kosti se žebry a klíční kostí. Při vzpřímeném držení těla je páteř zatížena axiálně (ve vertikální ose). Při kulatém držení těla, projevujícím se předsunutým držením hlavy, ramen a krční páteře, kyfotickým držením hrudní páteře, dochází ke změně celkového rozložení sil na osový systém. Poměrně velká část hmotnosti je přenášena na hrudní kost. Páteř je pak namáhána v ohnutí trupu, nikoliv axiálně jak je tomu u vzpřímeného sedu. Na konkávní straně páteře vzniká tlak, na konvexní straně páteře vzniká tah, zejména v oblasti svalů zádových a šíjových. Tento nesprávný způsob držení těla způsobuje zkrácení přední strany trupu, především přímého břišního svalu. Současně dochází ke zvýšení napětí hrudního koše, což omezuje dýchání a to způsobuje vznik dýchání horního typu, čímž dochází k přetížení pomocných dýchacích svalů krčních a hrudních.

5.5. Nesprávná dynamika sezení na židli

Nesprávná dynamika sezení na židli a taktéž špatně zvolený design židle bude ilustrován na následujících obrázcích. Paradoxně, když si sedící osoba opírá záda (obr. 13), vzniká tím síla, která nevyhnutelně tlačí pánev vpřed a to způsobuje klouzání směrem vpřed a tím vzniká zásadní rozpor v touze sedícího člověka si vzpřímeně sednout a zároveň si opřít záda. Obrázek 14 poukazuje na to, když by chtěla sedící osoba zabránit sklouzávání směrem vpřed, vybízí se možnost dostat hlavu do pozice, kdy bude v přímce se sedákem. Pokud sedící osoba dostane hlavu do této pozice, dostane tím dopředu i horní část těla, následkem toho zvýší možnost vzniku nežádoucího zakřivení zad to tvaru písmene C.



Obrázek 13. Sed s opřenými zády [17]



Obrázek 14. Snaha zabránit sklouzávání [17]

Poslední možností jak zabránit sklouzávání ze židle směrem vpřed (obr. 15), je sednout si vzpřímeně na přední část sedáku židle (obr. 16).

Naneštěstí mnoho židlí, včetně židle na obrázku má značný sklon sedáku, který zabraňuje takovému typu posedu. Průměrného člověka vzpřímené sezení na přední části sedáku unaví a po chvíli si sedne tak aby měl opřená záda. A tento

cyklus se neustále opakuje. Tento argument o vrozené nestabilitě správného držení lidského těla v pozici sed je přesvědčivý, ale jen do určité míry. Protože neepsané kulturní předsudky na tomto staví. Posed ve vzpřímené poloze bez opření zad je únavný. Proč potřebujeme při sezení podporu zad? Protože máme slabé zádové svalstvo. Proč máme slabé zádové svalstvo? Protože si při sezení vybíráme polohy, při kterých si opíráme záda, tudíž nezapojujeme zádové svalstvo.

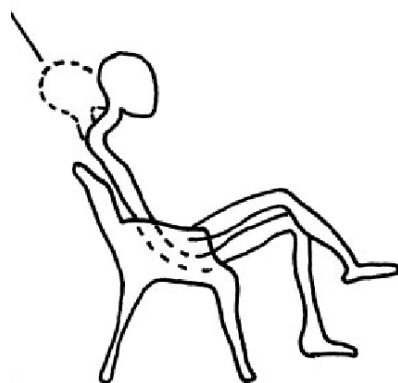


Obrázek 15. Sklouzávání ze židle [17]



Obrázek 16. Sed vzpřímený na přední části sedáku [17]

Nesprávné sezení na židli nejen oslabuje zádové svalstvo, ale také deformuje naše tělo. Například na obrázku 17 je židle z chodby AT&T v New Yorku z roku 1988. Pokud by muž, sedící na židli kopíroval celým svým tělem tvar opěráku židle, dostala by se jeho hlava až za hranici opěráku. Touto polohou hlavy by působila na krk sedícího značná síla, z tohoto je muž nucen naklonit hlavu směrem vpřed a tím ohýbá páteř. Muž na obrázku sedí na židli společensky přijatelným způsobem. Nicméně tímto způsobem sezením může s přibývajícím věkem vznikat kyfóza páteře.



Obrázek 17. Způsob sezení tzv. noha přes nohu [17]

Uživatelé židlí a designéři vytvořili několik způsobů jak zabránit pánvi ve sklouzávání ze židle směrem vpřed. Muž na obrázku 17 sedí způsobem, kdy má nohu přes nohu, aby zabránil pánvi ve sklouzávání ze židle směrem vpřed. Nicméně při návrhu židle mohl být zvolen sklon sedáku více horizontálně, ve snaze zabránit tendenci sklouzávání pánve směrem vpřed. Však za cenu toho, že židle poté působí negativně na kyčelní klouby. Ve snaze zabránit tomuto namáhání kyčelních kloubů bylo navrženo otevření spodní části opěráku, zvýšit jeho sklon a tím i rozšíření sedací plochy směrem vzad. Při posedu, který tato změna umožňovala, docházelo k problémům s krkem, který byl namáhán z důvodu nutnosti naklonění hlavy směrem dopředu při tomto posedu.

Samozřejmě existuje alternativa, která by tyto problémy řešila. Alternativou je protáhnutí opěradlové části až k hlavě, která poskytne hlavě podporu. Ale tímto protažením opěradlové části vzniká něco jiného než klasická židle. Pokud by měla být vytvořena klasická židle, bude se vždycky její tvůrce potýkat s problémem nestability lidského těla.

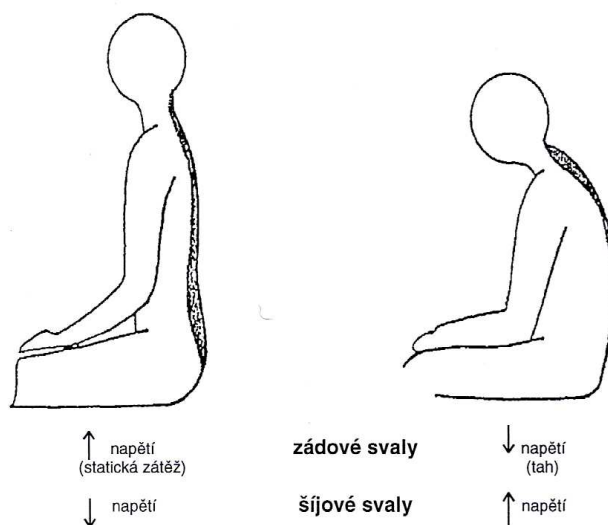
5.6. Změny ve svalovém a vazivovém systému

Dlouhodobé sezení způsobuje oslabování svalstva a celkově snížení fyzické zdatnosti. Slabé svalstvo neposkytuje kloubům a páteři dostatečnou oporu, což vede k větší náchylnosti k úrazům pohybového systému.

Projevem svalových změn je svalová dysbalance (nerovnováha), projevující se zkrácením a přetížením horních částí trapézových svalů, zdvihačů lopatek a svalů prsních. Taktéž může dojít ke zkrácení svalů na zadní straně stehen a ohybačů kyčlí, jež podporují flekční držení kyčelních kloubů, oslabený jsou pak nejčastěji svaly břišní a hýžděové.

Poloha sedu, zejména velikost vychýlení těžiště ze své původní polohy, má na aktivitu zádoových a šíjových svalů zásadní vliv.

Na obrázku 18 je znázorněna reakce zádoových a šíjových svalů na vzpřímenou polohu sedu a na sed s kulatými zády.



Obrázek 18. Aktivita zádoových a šíjových svalů při vzpřímeném a kulatém sedu (podle firmy SEDUS) [6]

Při vzpřímeném sedu dochází ke zvýšené aktivitě zádoového svalstva, zatímco při sedu s kulatými zády se zvyšuje aktivita šíjového svalstva. Nakloněním trupu směrem vpřed se aktivita zádoového svalstva zvýší, použitím zádoové opěrky a opřením paží zase naopak sníží.

Výška manipulační rovině v sedě ovlivňuje aktivitu svalů ramenního pletence. Zvýšením pracovní roviny dochází ke zvýšené aktivaci horní části

trapézových svalů při zvednutí ramen nebo k zvýšené aktivaci pažního svalu při zvýšené abdukci v rameni.

Dlouhodobé sezení s předkloněným trupem způsobuje přetížení vazivového systému, především v oblasti přechodu hrudní a bederní páteře. Dlouhodobý předklon hlavy způsobuje napínání vazů v oblasti hlavových kloubů.

5.7. Způsoby sezení

Člověk může sedět různými způsoby, důležité je však, aby člověk při dlouhodobém sezení měnil polohu sedu. Na obrázku 19 jsou znázorněny tři základní způsoby sezení. Jedná se o sezení přední, střední a zadní. [6]



Obrázek 19. Způsoby sezení [6]

5.7.1. Přední sezení

Při tomto způsobu sezení je trup nakloněn směrem dopředu. Zatížení trupu je na sedací plochu přenášeno směrem dopředu před hrboly sedacích kostí a na zadní stranu steh. Tento způsob sezení navozuje vzpřímené držení těla naklopením pánve dopředu, nicméně je možné v této poloze sedět i s kulatými zády. Nevýhodou tohoto způsobu sezení může být možnost sklouzávání hýždí a trupu směrem dopředu při nesprávném tvarování sedáku židle, což může způsobit přenesení zátěže na chodidla. [6]

5.7.2. Střední sezení

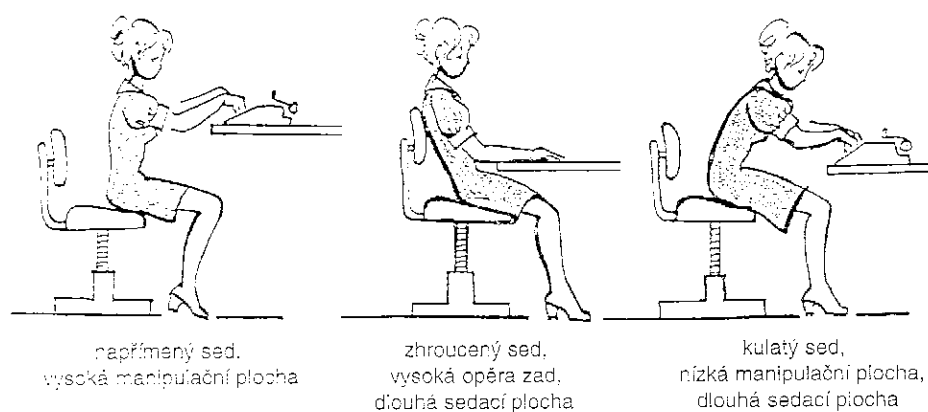
Při tomto způsobu sezení spočívá zatížení na čtverci tvořeném hrboly sedacích kostí a zadní ploše steh, přičemž nejvyšší tlak je na sedací plochu přenášeno hrboly sedacích kostí. Tento způsob sezení dovoluje jak vzpřímené

sezení, tak i sezení s kulatými zady. Ve vzpřímené poloze těla vsedě může docházet ke statické zátěži zádového svalstva. Tato poloha je při mnohých činnostech nepoužitelná a to z důvodu zorného úhlu, který je přibližně horizontální. Při mnohých činnostech je sedící osoba nucena předklonit krční páteř a tím způsobovat její přetěžování. [6]

5.7.3. Zadní sezení

Při tomto způsobu sezení je trup nakloněn dozadu v úhlu větším než 95° od vertikální osy. Tato poloha je považována za nejméně únavnou a s nejmenším tlakem na meziobratlové ploténky bederní páteře. Při nesprávném podepření pánve však vede k oploštění bederní lordózy, což je způsobeno překlopením pánve dozadu. Tato poloha může být jako pracovní poloha použita jen velmi omezeně.

V průběhu dlouhodobějšího sezení je dobré střídat výše uvedené polohy a podpořit tím dynamiku sezení. Na obrázku 20 jsou uvedeny tři příklady nesprávného sezení, které mohou být způsobeny ergonomickými nedostatky, ale i individuálními návyky. [6]



Obrázek 20. Příklady nesprávného sezení [6]

6. ZÁKLADNÍ ROZMĚRY A TYPOLOGIE SEDACÍHO NÁBYTKU

Základní otázkou rozměrů nábytkových předmětů je jejich poměr k tělesným rozměrům uživatele a rozměrový vztah k prostředí, ve kterém se budou používat.

Různorodost tělesných rozměrů uživatelů sedacího nábytku, jejich rozdílná pohyblivost způsobuje, že se těžko stanovují rozměry sedacího nábytku tak, aby vyhovovaly všem uživatelům. Při stanovení rozměrů sedacího nábytku je nutné vycházet z kompromisu mezi rozdílnou výškou mužské a ženské populace, z rychlého růstu výškových rozdílů u mladé generace, ale i z rozdílů v tělesných rozměrech jednotlivých sociálních skupin. Prostorové proporce bytů současné bytové výstavby a potřebná mobilnost by měly určovat rozměry sedacího nábytku vzhledem k bytovému prostoru. [12]

6.1. Výška sezení

Základním rozměrem pro tvorbu sedacího nábytku je výška sedací plochy. Při správné volbě výšky sedáku spočívá většina váhy lidského těla především na sedacích hrbolech.

Aby sedák poskytoval dobrou oporu, měla by být jeho výška o něco menší než délka nohy po koleno. Přesněji řečeno, vhodnou výšku určuje tzv. popliteální výška s připočítáním rozměru podpatku. (Popliteální je výška je výška dolního okraje stehna v podkolení při zohnuté noze v pravém úhlu). Tato výška v podstatě odpovídá výšce kolení štěrbiny od země při stání bez obuvi.

Takto stanovená výška má platnost především u typu židlí se vzpřímeným sezením. Jako horní hranice tohoto rozměru je výška zjištěná u ženské populace. Vyšší osoby můžou sedět na nižším sedacím nábytku a to bez výrazného nepohodlí. Naopak u nižších uživatelů dochází k nežádoucímu stlačení podkoleních cév okrajem sedáku a k výrazné nepohodlnosti přispívá to, že menší osoba nedosáhne nohama na zem. Nízké sedadlo, kde je sezení v částečném předklonu, tlačí stehna na břišní partii.

Výška židle se odvozuje z tělesných rozměrů průměrné ženské populace a je v úzké souvislosti s výškovými rozměry stolu.

Výška židle je v přímé závislosti na poloze, kterou umožňuje opěradlo sedacího nábytku sklonem opěradla.

U sedacího nábytku s většími sklony (křesla) sledujeme závislost výšky sedadla na sklon opěradla, aby nedocházelo ke zvyšování tlaku na spodní plochu stehen a aby bylo možné pohodlně sedat a vstávat. U tohoto typu sedacího nábytku (oddychový, popřípadě hovorový) není stanovena společná výška jako u židlí a rozdílnost výšek by měla umožňovat výběr podle individuálních potřeb (staří lidé, mládež).

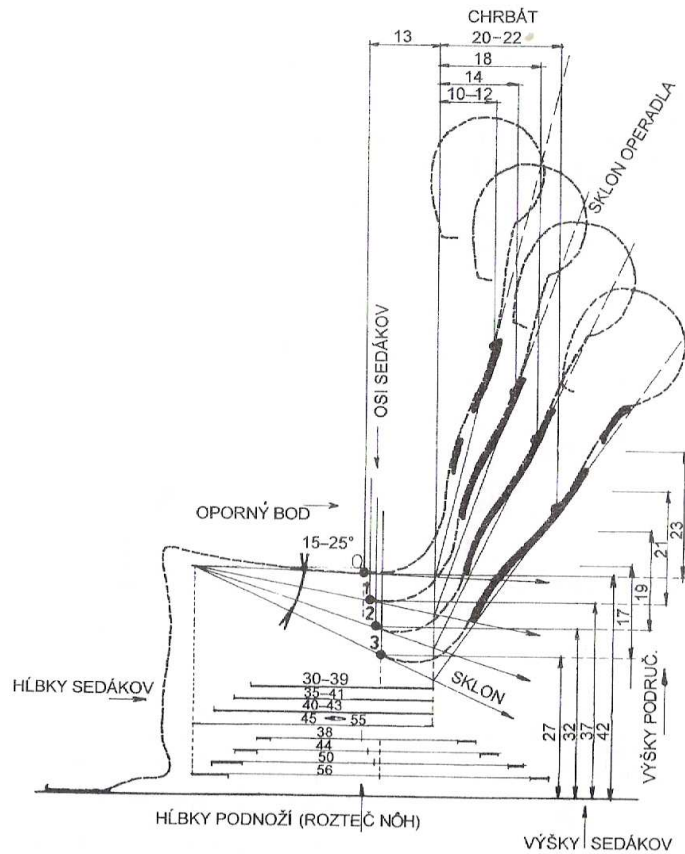
U čalouněného nábytku posuzujeme výškové hodnoty, které byly naměřeny po rovnoměrném zatížení 40 kg na přední části sedáku. [12]

6.2. Hloubka sedáku

Pohodlné sezení ovlivňuje kromě ostatních rozměrů především hloubka sedáku. Měla by být taková, aby po dosednutí a při plném opření zůstala mezera mezi plochou lýtkové části pod kolenem a hranou sedadla při položení chodidel celou plochou na zem. Při této poloze sezení nemá vznikat tlak na spodní plochu stehenní části nohy. [12]

6.3. Vztah výšky a hloubky sezení

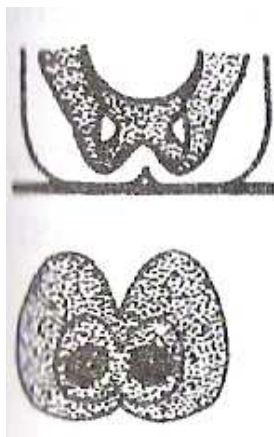
Na obrázku 21 je znázorněn vztah výšky a hloubky sezení u čtyř základních typů sedacího nábytku je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 21. Vztah výšky a hloubky sezení u čtyř základních typů sedacího nábytku [12]

6.4. Plocha sedadla

Hloubka sedadla musí umožňovat volný tělesný pohyb a současně dobré podepření váhy sedícího těla. Rozložení tělesné váhy při sezení na hrboly a sedací svalstvo je znázorněno na obrázku 22. Optimální rozměr vhodný pro hloubku sedadla, je odvozený z průměrné délky stehna ženské populace, spolu s minimální šířkou sedadla určenou vzdáleností hřebene pánevních kostí s připočtením 10 – 15 cm na tloušťku lidské kůže a oděvu, stanovuje výchozí podklady pro plochu sedadla. V zásadě je však plocha sedadla vytvářena plochou podepření sedacích hrbolů, které spolu s plochou potřebnou k zabezpečení pocitu jistoty při dosedání určuje konstanty platné pro všechny druhy sezení. [12]

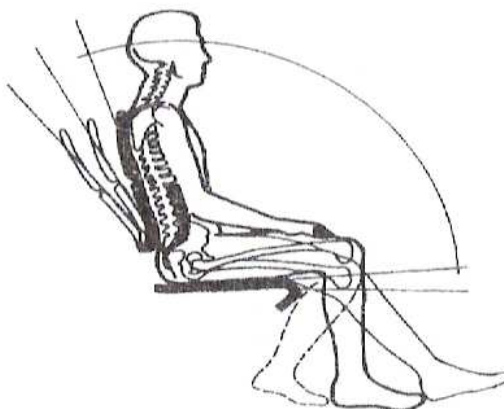


Obrázek 22. Rozložení tělesné hmotnosti při sezení na pánevních výčnělcích a sedacím svalstvu [12]

6.5. Sklony sedáku a opěráku

6.5.1. Sklon sedáku

Mezi sklonem sedáku a opěráku je vzájemný vztah (obr. 23) Mírný sklon sedadla k opěradlu zabraňuje klouzání těla dopředu. Při větším sklonu sedáku (křesla) se podstatná část tělesné váhy přenáší na zádové opěradlo. [12]



Obrázek 23. Vztah mezi sklonem sedáku a opěráku [12]

6.5.2. Sklon opěráku

Čím je sklon opěráku vyšší, tím více sedíme zaklonění a tím větší musí být sklon sedáku. U velkého sklonu opěráku jsou podepírány záda nejen v části bederní, ale i v části krční páteře. Na odpočinkových sedadlech bývá opřena i hlava. U větších sklonů těchto sedadel musí být opěrák v části hrudníku v příčném

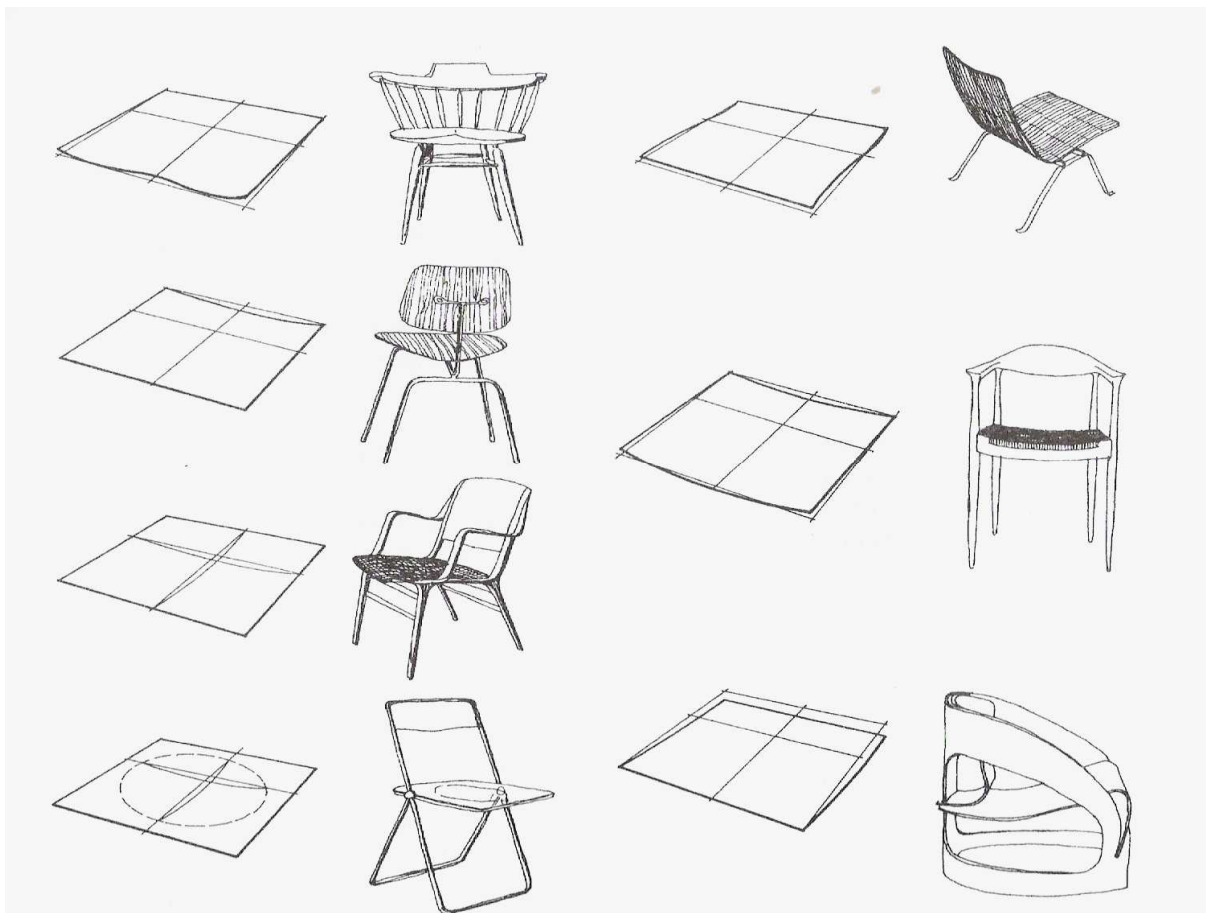
směru rovný, aby nevznikalo nežádoucí zakřivení páteře. Ve svislém směru má být opěradlo prohnuté v oblouku odpovídajícím přirozenému zakřivení páteře. [12]

6.6. Tvar sedáku

Tvar sedáku (obr. 24) je ovlivněn spolu s ostatními faktory druhem činnosti anebo oddychu, pro který je sedací nábytek určen.

Sedák by měl podepřít co největší plochu stehen tak, aby se zátěž přenášela na střední a přední plochu stehen a to při sezení v mírném předklonu, tak i při sezení v záklonu. Sedadlo by mělo svým sklonem, povrchem a tvarem bránit sklouznutí těla dopředu. U pracovní židle je možné pomocí tvaru vytvořit možnosti statického sezení, které odpovídá potřebné poloze. Menší univerzálnost u déle trvajících sezení zhoršuje komfort sezení.

Způsob přenášení váhy na sedadlo ovlivňuje pocit komfortu u čalouněné a nechalouněné židle. Pokud zůstane nosnou plochou těla část sedacích hrbolů a pokud neustoupí pružná část židle v těchto místech více jako o 2 cm, je pocit pohodlného sezení delší. [12]



Obrázek 24. Různé tvary sedáků [12]

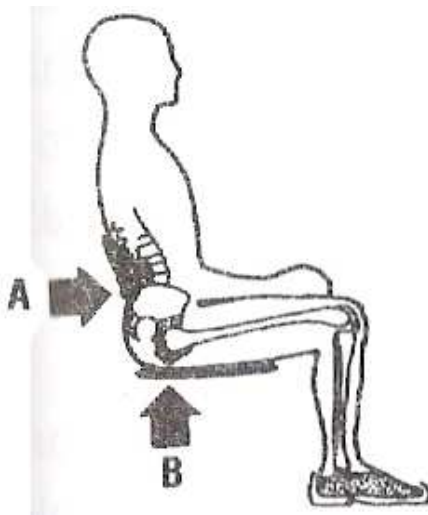
6.7. Tvar opěradla

Při vyšším sklonu přímá opěrák funkci podepření bederní části páteře, i jejích horních partií, ale i hlavy. V části hrudníku by měly být záda podepírány v příčném směru vodorovně, aby nevznikalo nežádoucí zakřivení zad. Ve svislém směru má být opěrák prohnut v oblouku odpovídajícím zakřivení zad. [12]

6.8. Bederní podpěrka

Při dlouhodobějším sezení by měly být záda opřeny v bederní části (obr. 1). Písmeno A na obrázku značí optimální bod bederní opěrky, písmeno B značí pozici sedacích kostí při sezení. Bederní opěrka má nejen funkci podepření, ale vyvolává taktéž pocit jistoty sezení a stabilizuje pánev v poloze sed. Vlastní výška bederní opěrky se teoreticky pohybuje od průměrné výšky spodního okraje lopatkových kostí (cca 18 cm). Bederní opěrka slouží k opření v části mezi druhým

a pátým obratlem. Pokud by měla bederní opěrka přijímat část váhy lidského těla, nemůže být svislá. Bederní opěrka by měla respektovat bederní prohnutí. [12]



Obrázek 25. Síly působící v různých částech těla sedícího člověka [12]

A – optimální bod bederního opření

B – podepření v místě pánevních výčnělků

6.9. Podpěrky rukou (područky)

Područky umožňují komfortnější sezení, usnadňují vstávání i sedání a zabezpečují trup před vychýlením do stran. Lokty jsou při sezení obvykle mimo područky a předloktí se s nimi dostává do styku asi uprostřed hloubky sedací plochy, kde je kříží v úhlu cca 45°.

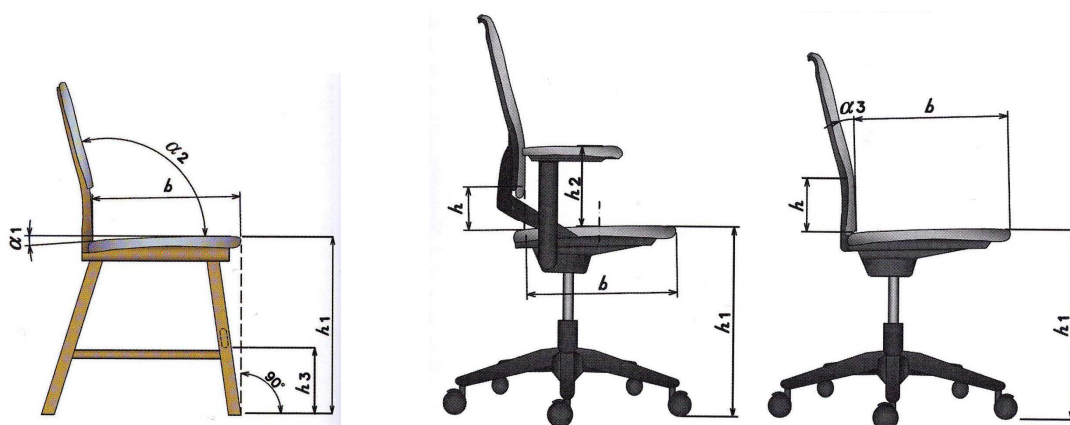
U čalouněného sedacího nábytku je možné předpokládat v tomto místě nejnamáhavější místo.

Výšku umístění područek stanovíme podle výšky loktů nad sedadlem a přidáme 3 cm. Tvarování mají být tak, aby umožňovaly pohodlné vstávání ze sedacího nábytku s větším sklonem opěráku a nižším sedákem, zpravidla u oddechových křesel, které jsou určeny pro starší nebo tělesně postižené osoby, pro které jsou vhodné větší výšky sedáku a menší sklony. [12]

6.10. Základní rozměrové parametry židlí

Základní parametry židlí jsou znázorněny na obrázku 26.

- b** hloubka sedadla: 340 – 490 mm (doporučená hloubka pro ženy: 340 – 390 mm a pro muže: 420 – 490 mm).
- h** výška bederní opěrky: 165 – 200 mm
- h1** výška sedací plochy nad podlahou 420 – 480 mm
- h2** výška horní strany loketníku nad sedací plochou: 180 – 240 mm (měří se je geometrickému středu sedáku)
- h3** vzdálenost od podlahy ke spodnímu okraji přední trnože nebo lubu: min. 300 mm
- $\alpha 1$** úhel sklonu sedadla k rovině podlahy 0 - 5°
- $\alpha 2$** úhel sklonu opěradla k rovině sedáku: max. 110°
- $\alpha 3$** úhel sklonu bederní opěrky k opěradlu: 0-6°[4]

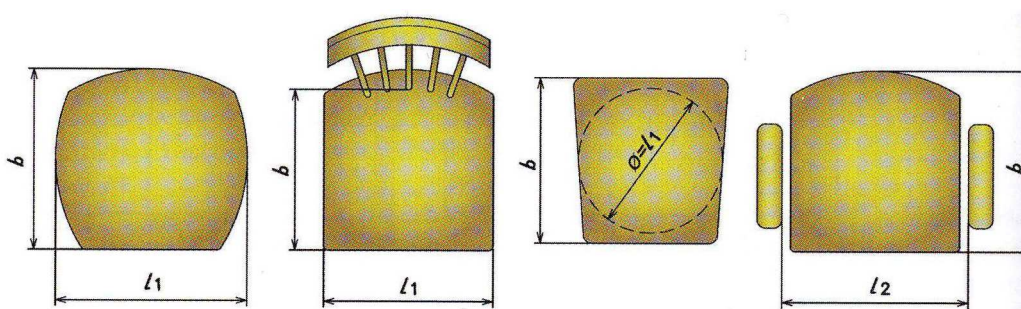


Obrázek 26. Základní rozměrové parametry židlí [4]

6.11. Šířkové parametry židlí

Základní šířkové parametry židlí jsou znázorněny na obrázku 6.

- L 1** šířka sedací plochy: min. 360 mm, optimum 380 – 400 mm, židle s loketním min. 390 mm
 - L 2** vnitřní vzdálenost mezi loketním: min. 420 mm
 - b** hloubka sedací plochy: 340 – 390 mm (rozměr vychází z ženské postavy)
- [4]



Obrázek 27. Základní šířkové parametry židlí [4]

6.12. Typologie židlí

Dělení židlí lze provést na základě různých kritérií. [4]

6.12.1. Židle z hlediska funkce:

- sezení pro 1 osobu = židle/ sezení pro více osob = lavice
- univerzální
- odpočivná – je opatřena loketním pro opření předloktí
- jídelní (bytová a restaurační) – slouží ke stolování v součinnosti s jídelním stolem
- barová – má zvýšený sedák ve vazbě na barový pult, musí být stabilní
- dětská – umožňuje sezení dítěte u jídelního stolu, má výškově stavitelný sedák s oporou chodidel, musí být stabilní, ale i lehce přemístitelná
- pracovní – manažerská, kancelářská, dílenská, kuchyňská, pevná nebo na kolečkách:
 - kancelářská: pracovní židle konstrukčně uzpůsobená pro primární použití v kancelářích jako pracovní pro dlouhodobější sezení

- kancelářská individuálně stavitelná: pohodlná pro dlouhodobější pracovní činnost, s nastavitelnými parametry (výška sedáku, sklon opěráku, atd.), zpravidla na kolečkách, tedy snadno pohyblivá všemi směry
- kancelářská pevná, je určená do zasedacích místností
- dílenská židle: dominantní je požadavek dobré konstrukce a snadné údržby
- kuchyňská židle: dominantní je požadavek snadné údržby [4]

6.12.2. Židle z hlediska umístění

- do interiéru (bytového nebo veřejného s vyšší zátěží)
- do exteriéru (zahradní židle): musí být odolná vůči počasí, vyrobena z materiálu příjemného na holé tělo [4]

6.12.3. Židle z hlediska konstrukce

- s opěrákem = židle / bez opěráku = stolička
- nečalouněná (hladká) / židle čalouněná
- s loketníky / bez loketníků
- stohovatelná (sklápěcí): používá se k rozkládacím stolům nebo v exteriéru, sklápěcí židle může být díky své labilitě nevhodná pro delší sezení
- ostatní [4]

6.12.4. Židle z hlediska délky použití

Krátkodobé používání židle klade jiné nároky na materiál a konstrukci vzhledem k problematice sezení než židle k dlouhodobému užívání, např. v kancelářích. Ve veřejných interiérech se předpokládá krátkodobější posezení s celkovou vyšší zátěží. [4]

6.12.5. Židle z hlediska použitého materiálu a technologie

- dřevěná – podle technologie se dělí na „řezanou“ – vyrobenou běžnou stolařskou technologií z masivního dřeva, „ohýbanou“ – vyrobenou ohýbáním (plastifikací) dílců především z bukového dřeva, „lamelovou“ –

vyrobenou z vrstvených dých tvrdých dřevin, přičemž na rozdíl od překližky jsou vlákna jednotlivých dých orientovaná jedním směrem

- kovová – převážná část konstrukce je vyrobena z kovových dílců, může být demontovatelná nebo pevná
- plastová – je vyrobena ze syntetických polymerů s využitím i v exteriérech
- z kompozitních materiálů (maximální odhmotnění)
- jiné, např. kožená, celočalouněná (s kovovou kostrou) [4]

7. REŠERŠE ŽIDLÍ Z VELKOPLOŠNÉHO MATERIÁLU NA BÁZI DŘEVA

V současné době se na českém komerčním trhu nevyskytuje žádná židle vyrobená výhradně jen z velkoplošného materiálu na bázi dřeva metodou frézování na CNC stroji. Na zahraničním trhu se několik prodejců vyskytuje. Nicméně židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva jsou převážně navrhovány v rámci designérských soutěží či různých nábytkářských projektů.

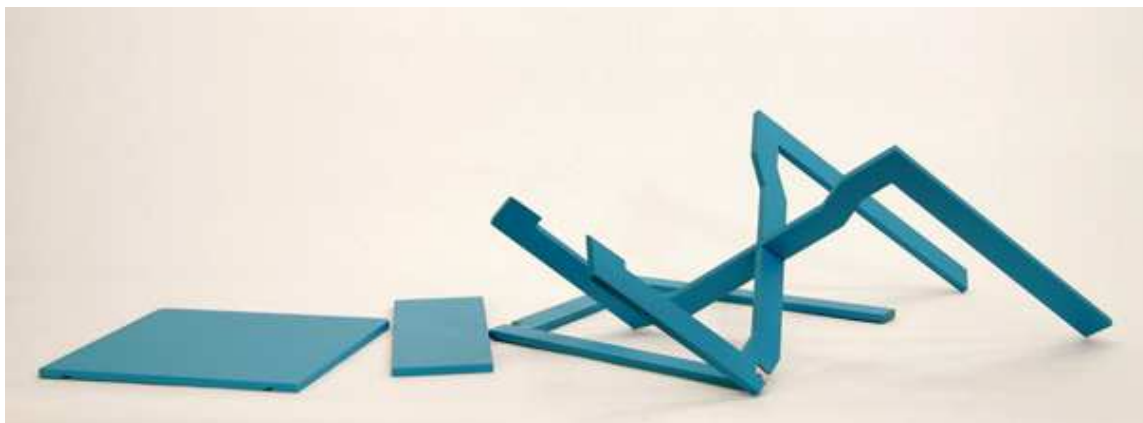
Tudíž rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva bude provedena nejen z židlí, které je možno zakoupit, ale i z židlí, které jsou navrhovány v rámci designérských soutěží či různých nábytkářských projektů.

7.1. Židle Kök

Židle Kök od designera Erdema Seleka (obr. 28 a obr. 29). Židle Kök je židlí inspirovanou modrou židlí, která si hledá základ ve Středozemní a Egejské kultuře. Tato židle je svou konstrukcí velice jednoduchá, jsou zde použity jednoduché konstrukční spoje bez použití lepidla. Při sednutí osoby na židli se pevnost konstrukce hmotností sedícího zvýší.



Obrázek 28. Židle Kök ve složeném stavu [20]



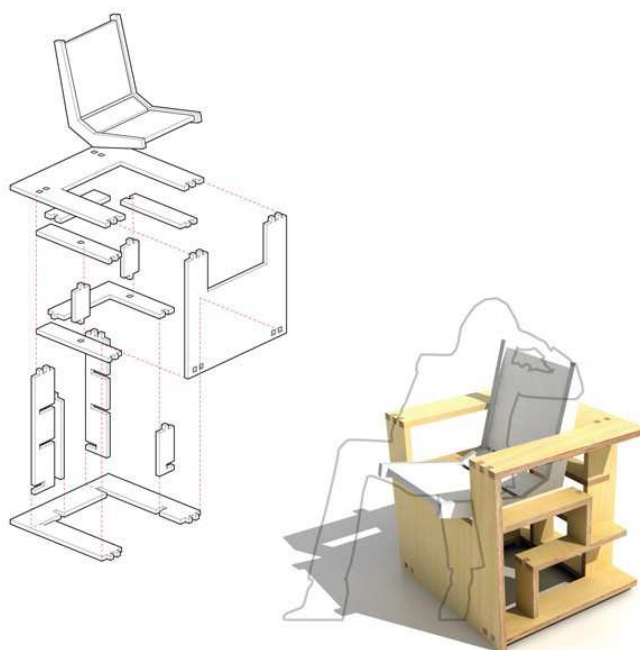
Obrázek 29. Židle Kök v částečně rozloženém stavu [20]

7.2. Židle v kombinaci s knihovnou

Židle v kombinaci s knihovnou od designéra Gaila Petera Bordena (obr. 30 a 31). Tato židle byla vytvořena ve snaze poskytnout uživateli komfort při čtení knih, které je možno do úložných prostor židle zároveň ukládat. Židle je jednoduché konstrukce, jsou zde použity tři základní spoje. Židle je vyrobena z desky překližovaného typu, je smontovatelná bez použití jakéhokoliv nářadí. Židle se skládá ze tří základních prvků: sedací část, která má nastavitelný úhel sklonu, rám židle, který je spojen za pomoci ozubu a čepů a polic, které jsou spojeny vzájemnými výřezy.



Obrázek 30. Židle v kombinaci s knihovnou [21]



Obrázek 31. Části židle v kombinaci s knihovnou [21]

7.3. Židle Android System

Židle Android System od designera Konstantina Atchkowa (obr. 32). Tato židle je vyrobena z břízové desky překližovaného typu za pomoci CNC obráběcího centra, je smontovatelná bez použití lepidla a jakéhokoliv nářadí.



Obrázek 32. Židle Android Systém [22]

7.4. Židle Tangram Side Chair

Tato židle (obr. 33) byla navržena skupinou designérů, tvořenou těmito designéry: Leonardo Massarelli, Márcio Giannelli a Flávio Barão Di Samo.

Konstrukčním materiálem této židle je OSB deska. Židle je velmi jednoduché konstrukce, kde je podnož tvořena dvěma částmi vzájemně spojenými konstrukčním spojem přeplátováním. Sedák a opěrák je s podnoží spojen za pomoci vrutů.



Obrázek 33. Tangram Side Chair [23]

7.5. Židle 2pac Chair

Tato židle (obr. 34) vznikla v britském studiu nesoucím název Rawstudio. Toto studio bylo založeno Nickem Rawcliffem v roce 2004.

Židle je tvořena pouze jedním materiálem a to deskou překližovaného typu. Na židli je zajímavé, že je tvořena pouze dvěma různými dílci, odtud název 2pac Chair. Podnož a zároveň nosná část opěráku je tvořena jedním typem dílce. Sedák, opěrák a trnož je tvořena dílci druhého typu. Konstrukční spoje jsou řešeny přeplátováním.



Obrázek 34. Židele 2pac Chair [24]

7.6. Židle z kolekce SketchChair

Židle z kolekce SketchChair (obr. 35) od designérského studia Diatom, židle byla navržena designéry Gregem Saulem a Tiagoem Rorkeem.

Nosným materiálem této konstrukce je deska překližovaného typu. Konstrukčními spoji jsou u této židle přeplátování.



Obrázek 35. Židle z kolekce SketchChair [25]

7.7. Židle Chairfix Junior

Designérem této židle je Ben Wilson. Židle (obr. 36) je určena dětem za účelem nejen sezení, ale taktéž za účelem probuzení technického a kreativního myšlení děti. Při doručení židle má dítě možnost si židli samo složit. Materiálem této židle je deska překližovaného typu. Jednotlivé prvky konstrukce jsou vzájemně spojeny za pomoci spoje, v této práci nazývaného, spoj za pomoci čepu s přesahem.



Obrázek 36. Židle Chairfix Junior [26]

7.8. Židle Primo chair

Konstrukčním materiálem této židle (obr. 37) je deska překližovaného typu tloušťky 18 mm. Jednotlivé komponenty židle jsou spojeny za pomoci konstrukčního spoje, v této práci nazývaného, jako spoj za pomoci rovných čepů, ovšem s většími rozestupy mezi jednotlivými čepy. Designérem této židle je Petyo Ivanov Denev.



Obrázek 37. Židle Primo chair [27]

7.9. Vyhodnocení rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva

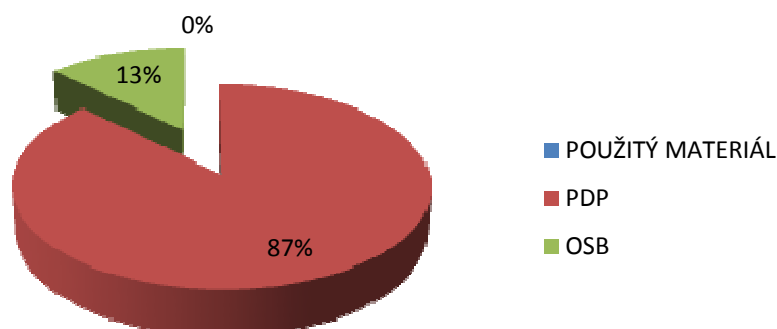
Vyhodnocení rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva bylo provedeno na základě dvou předních konstrukčních kritérií. Jedna se, o vyhodnocení na základě použitého materiálu a konstrukčních spojů. Data týkající se vyhodnocení byla seřazena do tabulky 1. Tabulka je koncipována na dvě základní kritéria, kterými jsou použitý materiál a použité konstrukční spoje. Použité konstrukční spoje se samozřejmě, vyskytují u jednotlivých artiklů rešerše v různých kombinacích, nicméně východiskem rešerše bylo označit spoj, který se vyskytuje v konstrukčních řešeních židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva nejčastěji.

| ŽIDLE | POUŽITÝ MATERIÁL | | POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ SPOJE | | | | | |
|-------------------------------|------------------|-----|---------------------------|---------------|---------------|--------------------------|-------|-------|
| | PDP | OSB | PŘEPLÁTOVÁNÍ | UZAVŘENÉ ČEPY | OTEVŘENÉ ČEPY | OTEVŘENÉ ČEPY S PŘESAHEM | SVLAK | VRUTY |
| Židle Kök | X | | X | | | | X | |
| Židle v kombinaci s knihovnou | X | | X | X | X | | | |
| Židle Android System | X | | | X | | | | |
| Židle Tangram Side Chair | | X | X | | | | | X |
| Židle 2pac Chair | X | | X | | | | | |
| Židle z kolekce SketchChair | X | | X | | | | | |
| Židle Chairfix Junior | X | | | | | X | | |
| Židle Primo chair | X | | | X | | | | |

tabulka 1. Data pro vyhodnocení řešerše [autor práce]

7.9.1. Použitý materiál

Nejčastějším a téměř jediným používaným materiálem je deska překližovaného typu, popřípadě může být použita OSB deska.

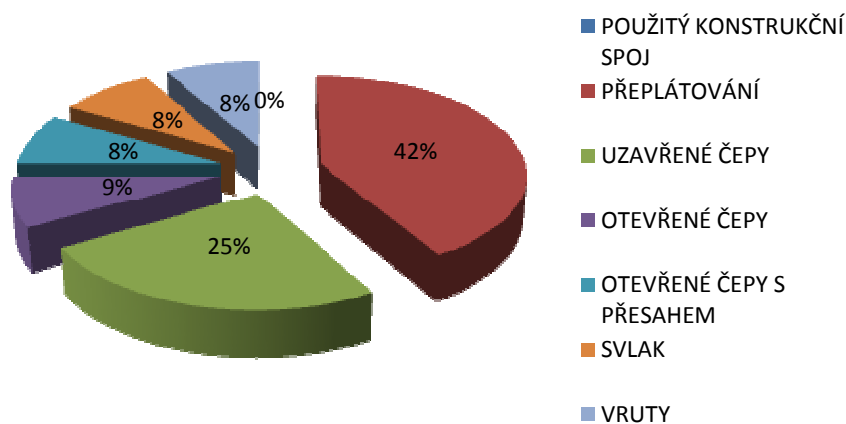


Graf 1. Grafické znázornění používaných materiálů [autor práce]

Z grafu je evidentní, že nejvíce používaným materiálem pro tvorbu židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva je jednoznačně deska překližovaného typu.

7.9.2. Použité konstrukční spoje

Konstrukční spoje, které byly předmětem rešerše, jsou: přeplátování, uzavřené čepy, otevřené čepy, otevřené čepy s přesahem, svlak a vruty. Použité konstrukční spoje se samozřejmě, vyskytují u jednotlivých artiklů rešerše v různých kombinacích, nicméně východiskem rešerše bylo označit spoj, který se vyskytuje v konstrukčních řešeních židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva nejčastěji.



Graf 2. Grafické znázornění použitých konstrukčních spojů [autor práce]

8. VLASTNÍ NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Vlastní konstrukční návrh židle je proveden na základě konstrukčních možností desky překližovaného typu, ergonomických požadavků a rešerše židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva. Konstrukční řešení se stává ze čtyř variant židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva, konkrétně desky překližovaného typu. U těchto čtyř variant byla snaha použít rozdílné konstrukční spoje používané v konstrukčních řešeních židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva.

V kapitole vlastní návrh konstrukčního řešení bude dále podrobněji rozpracována problematika týkající se technického popisu konstrukce jednotlivých variant židle, technického popisu základních používaných spojů, volby materiálu a mechanické zkoušky provedené pomocí numerické simulace.

8.1. Technický popis konstrukce jednotlivých variant židle

8.1.1. Varianta židle 1

Varianta židle 1 (obr. 38) je tvořena třemi různými díly. Konstruktivním materiálem židle je pouze jeden materiál, deska překližovaného typu tloušťky 20 mm. Nosná konstrukce je tvořena dvěma boky, které tvoří nohy, luby, područky i opěradlovou část. Tyto boky jsou spojeny se sedadlem a opěradlem za pomoci konstrukčního spoje uzavřenými čepy. Čepy jsou vytvořeny na sedadle a dlaby jsou vytvořeny na bocích. Při sezení dochází ke značnému namáhání konstrukčních spojů.



Obrázek 38. Varianta židle 1 [autor práce]

1. bok
2. sedadlo
3. opěradlo

8.1.2. Varianta židle 2

Varianta židle 2 (obr. 39) je tvořena pěti různými díly. Konstruktivním materiálem židle je také deska překližovaného typu tloušťky 20 mm. Nosná konstrukce je tvořena dvěma boky, které tvoří nohy, luby i opěradlovou část. Tyto boky jsou spojeny se sedadlem a opěradlem za pomoci konstrukčního spoje uzavřenými čepy. Čepy jsou vytvořeny na bocích a dlaby jsou vytvořeny na sedadle a opěradle. Při sezení nedochází k značnému namáhání konstrukčních spojů. Celá konstrukce je zpevněna trnožemi, které jsou s konstrukcí spojeny za pomoci konstrukčního spoje za pomoci čepu s přesahem.

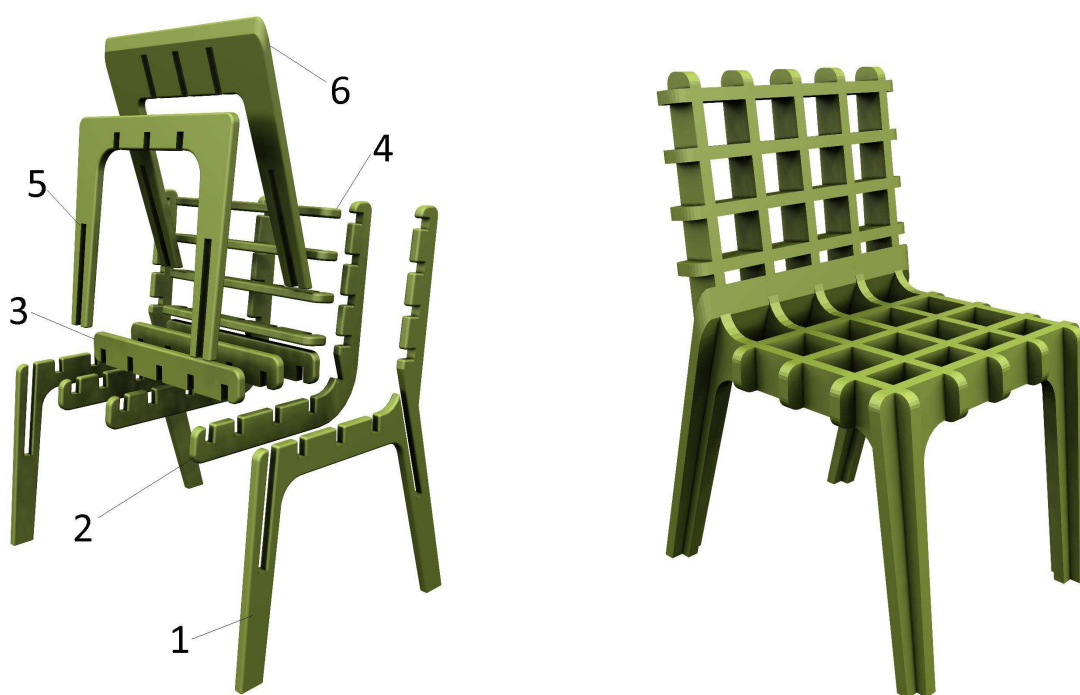


Obrázek 39. Varianta židle 2 [autor práce]

1. bok
2. sedadlo
3. opěradlo
4. přední lub
5. zadní trnož

8.1.3. Varianta židle 3

Varianta židle 3 (obr. 40) je tvořena šesti různými díly. Konstrukčním materiálem židle je takéž deska překližovaného typu tloušťky 20 mm. Nosná konstrukce je tvořena dvěma boky, které tvoří nohy, luby i opěradlovou část, sedadlovou a opěradlovou částí, která je v jednom kuse, sedadlovou částí, opěradlovou částí a zpevňujícími částmi předních a zadních noh. Všechny tyto části jsou vzájemně spojeny konstrukčním spojem přeplátováním.



Obrázek 40. Varianta židle 3 [autor práce]

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. bok | 4. opěradlová část |
| 2. sedadlová a opěradlová část | 5. část předních noh |
| 3. sedadlová část | 6. část zadních noh |

8.1.4. Varianta židle 4

Varianta židle 4 (obr. 41) je tvořena pouze dvěma různými díly. Konstruktivním materiálem židle je také deska překližovaného typu tloušťky 20 mm. Nosná konstrukce je tvořena dvěma boky, které tvoří nohy, luby i opěradlovou část. Sedadlo a opěradlo je tvořeno hranolovitými částmi, které jsou v horní části ergonomicky tvarovány prohnutím, vytvořeným odřezáním části materiálu pod velkým rádiem. Části sedadla a opěradla jsou identické. Boky jsou spojeny s částmi sedadla a opěradla za pomoci konstrukčního spoje přeplátování.



Obrázek 41. Varianta židle 4 [autor práce]

1. bok
2. sedadlová i opěradlová část

8.2. Hmotnostní varianty židlí

Následující tabulka zobrazuje možné hmotnostní varianty, kterých lze dosáhnout změnou tloušťky překližované desky použité v konstrukci jednotlivých variant. Hmotnostní varianty židlí jsou vytvořeny konkrétně na základě překližovaných desek Multiplex, Multifine DYAS® - Multifme, DYAS® - Multiplex, pro tloušťky desek 15, 18 a 20 mm

| Tloušťka desky [mm] | Hmotnost varianty [kg] | | | |
|---------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 | Varianta 4 |
| 15 mm | 5,33 | 4,81 | 8,10 | 3,91 |
| 18 mm | 6,60 | 5,96 | 9,75 | 4,90 |
| 20 mm | 7,94 | 7,17 | 11,74 | 5,90 |

tabulka 2. Hmotnostní varianty

8.3. Nejčastěji používané konstrukční spoje u židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva

V této kapitole bude pojednáno o základních typech konstrukčních spojů, které lze při tvorbě konstrukce židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva použít. Tvorba spojů vychází z možností technologie CNC obráběcích center.

8.3.1. Spoj přeplátování

Spoj přeplátování je vytvořen vyfrézováním kvádrovitého otvoru do boční plochy spojovaných elementů, které si tvoří v podstatě navzájem protikusy.

Komplikace při tvorbě toho spoje za pomoci CNC obráběcího centra nastává při tvorbě pravoúhlého otvoru spoje z důvodu radii nástroje CNC obráběcího centra, který neumožňuje vyfrézovat pravoúhlý otvor, z tohoto důvodu dochází k částečnému profrézování za hranici roviny otvoru spoje a vzniká tím zářez půlkruhového tvaru (obr. 42).



Obrázek 42. Spoj přeplátováním [autor práce]

8.3.2. Spoj za pomoci otevřeného čepu s přesahem

Tento spoj vzniká vytvořením kvádrotvého otvoru do boční plochy jednoho ze spojovaných dílců. Protikus tomuto otvoru tvoří vyfrézování dvou kvádrotvých otvorů naproti sobě v dílci druhém (obr. 43).



Obrázek 43. spoj za pomoci otevřeného čepu s přesahem [autor práce]

8.3.3. Spoj za pomoci uzavřených čepů

Při tvorbě tohoto spoje za pomoci CNC obráběcího centra dochází k zaoblení rohů dlabů spoje, čepy, které tvoří protikus, by měly mít také zaoblené hrany pod stejným poloměrem.



Obrázek 44. Spoj za pomoci uzavřených čepů [autor práce]

8.3.4. Spoj za pomoci otevřených čepů

Spoj za pomoci otevřených čepů vzniká vyfrézováním kvádrovitých otvorů v bočních plochách dílců.

Pravouhlost spoje je u tohoto spoje řešena stejným způsobem jak u spoje přeplátováním.



Obrázek 45. Spoj za pomoci otevřených čepů [autor práce]

8.4. Volba materiálu

Z velkoplošných materiálů na bázi dřeva se jevila jako nejlepší možnost použít desku překližovaného typu.

Definice překližované desky: deska se vzájemně slepenými vrstvami, přičemž směr vláken sousedních vrstev je na sebe kolmý. Ve všeobecnosti jsou vnější a vnitřní vrstvy na obou stranách vzhledem ke střední, případně středové, vrstvě symetricky uspořádány. [29]

8.4.1. Vlastnosti překližované desky Multiplex, Multifine DYAS® - Multifine, DYAS® - Multiplex

Překližované desky MULTIPLEX a MULTIFINE jsou celobukové překližky složené z mnoha vrstev dýh, které jsou spojeny lepidlem. Pro své vynikající pevnostní vlastnosti jsou používány především na slévárenské modely, pracovní desky stolů, schodiště a pevnostně namáhané díly v nábytkářském průmyslu.

Jsou zdravotně nezávadné, vyhovují třídě úniku formaldehydu A (E 1) dle ČSN EN 1084 Překližované desky.

Tloušťka: 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 5 mm (jiné tloušťky po dohodě výrobce odběratelem)

Formát: 2 200 x 1 250 mm, 2 500 x 1 25 mm, 2 500 x 1 500 mm (podélné nebo příčné provedení, jiné formáty dle poptávky zákazníka) Tolerance: + 0,2 mm, - 0,5 mm, ± 3% tloušťky (dle DIN 4078 Překližované desky. Přednostní rozměry.)

Jakost: dle PN 1 - DY / 93 Překližky MULTIPLEX, MULTIFINE

Lepení: Třída lepení 3 (AW 100) - dle ČSN EN 314-2 Jsou určeny pro nechráněné venkovní prostředí dle ČSN EN 636.

Třída lepení 2 (A 100) - ČSN EN 314-2 Jsou určeny pro chráněné venkovní prostředí dle ČSN EN 636.

Třída lepení 1 (IF 20) - CSN EN 314-2 Jsou určeny pro vnitřní použití dle CSN EN 636. Vlhkost: 5 - 15 % (v době dodávky) Konstrukce:

Multifine - všechny dýhy 1,5 mm

Multiplex - povrchová dýha 1,5 mm, vnitřní dýhy 2,2 a 2,6 mm Compact - všechny vrstvy, včetně vnitřních bez otevřených trhlin a děr [29]

Orientační hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností překližovaných desek MULTIPLEX a MULTIFINE jsou uvedeny v tabulce 2. [29]

| tloušťka (mm) | vrstev | plošná hmotnost (kg/m ²) | objemová hmotnost (kg/m ³) | pevnost v ohybu (směr vláken vrchní dýhy) | |
|------------------|--------|--|--|--|----------------------|
| | | | | podélný | příčný |
| 15 | 11x | 11,3 | 751 | 75 N.mm ² | 60 N.mm ² |
| 18 | 15x | 13,9 | 774 | | |
| 20 | 17x | 16,8 | 838 | | |
| 25 | 19x | 19,1 | 767 | | |
| 30 | 23x | 23,3 | 776 | | |
| 35 | 27x | 26,9 | 791 | | |
| 40 | 31x | 31,4 | 784 | | |
| 50 | 39x | 39,4 | 789 | | |

tabulka 3. Hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností překližovaných desek

8.5. Technologie výroby

Vzhledem k použitému materiálu a tvarové plošnosti všech dílců je vhodnou technologií pro tvorbu židlí z překližované desky technologie za pomoci CNC obráběcího centra.

8.5.1. Systematika přípravy a výroby na CNC strojích (CAD/CAM)

Příprava výroby na CNC stroji se dá rozdělit na dva samostatné, ale navazující soubory operací. Prvním velkým souborem operací je CAD (Computer-aided design). Vytvoření výrobního výkresu je prvním krokem k výrobě na CNC stroji.

Po vytvoření výkresu převedeme narýsovaná data ze systému CAD do systému CAM (Computer-aided manufacturing), ten je většinou již součástí nebo nádstavbou CAD programu. Jako základní převodní standard se používá export souboru s příponou DXF.

V CAMovské části dojde ke spojení jednotlivých nakreslených entit, tak aby vznikla dráha (křivka) po které se bude pohybovat nástroj. Dále jsou k jednotlivým křivkám přiděleny nástroje a stanovena závislost nástroje ke křivce (zda bude

nástroj kopírovat svým středem, zprava či zleva a v jaké hloubce). Dále jsou definovány hodnoty rychlostí posuvu a otáčky nástroje.

Po přidělení nástrojů následuje seřazení jednotlivých operací neboli optimalizace. Ta v dnešní době probíhá většinou automaticky a obsluha ji pouze potvrzuje. Je velice důležitá, a to jak z technologického pohledu správné návaznosti operací tak z časového hlediska. Správná optimalizace může výrazně zkrátit čas výroby. [28]

Přehled operací od vytváření G kódu až k samotné výrobě [28]

- vytvoření výkresu CAD
- export výkresu do formátu DXF
- načtení výkresu do CAM rozhraní
- sešití jednotlivých entit a určení směru obrábění
- přidělení nástrojů k jednotlivým entitám a definice závislosti nástroje a křivky
- optimalizace neboli seřazení jednotlivých operací
- postprocessing (převedení do strojového NC kódu – G kódu) a kontrola G kódu
- upevnění výrobku
- simulace obrábění
- obrobení prvního kusu a jeho kontrola, popřípadě úprava G kódu
- Samotná výroba

8.6. Mechanická zkouška

V této práci budou hodnoceny čtyři různé varianty židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva. Zkouška bude provedena na základě normy ČSN EN 1728 (91 0235) Nábytek bytový – Sedací nábytek – Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti. Konkrétně bude provedena zkouška: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2). Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla všech čtyřech variant proběhne za pomoci numerické simulace programem Ansys.

8.6.1. Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2)

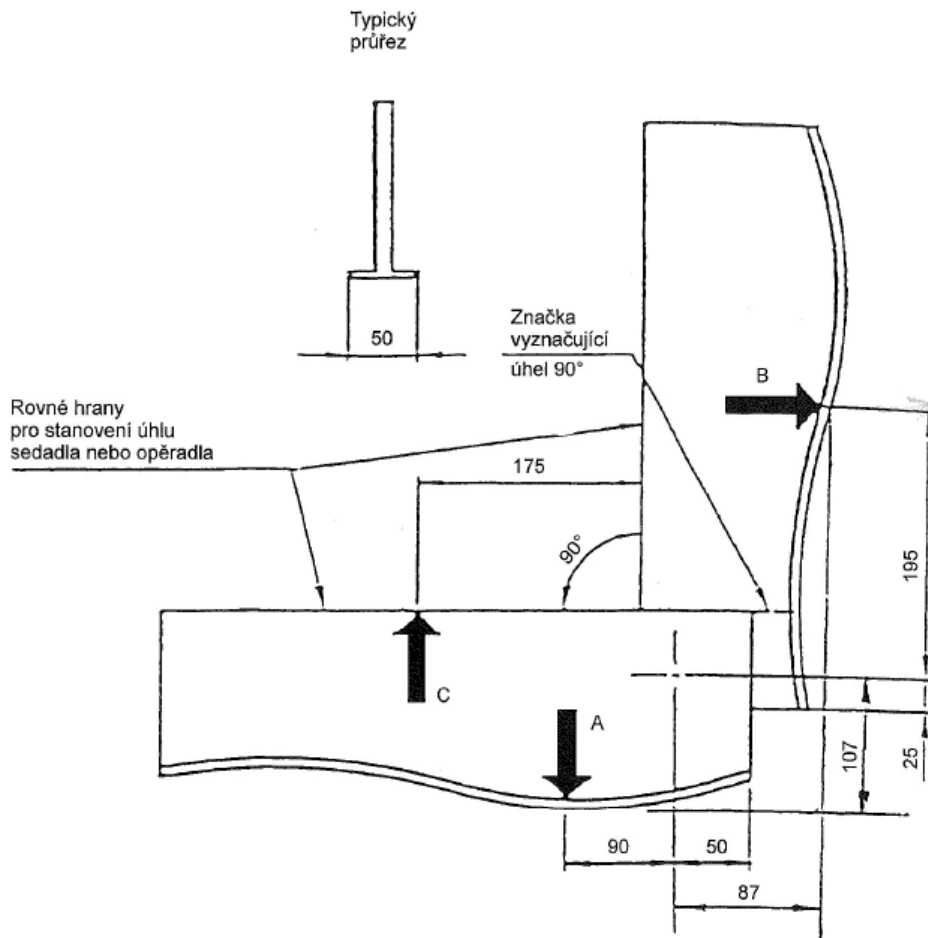
Umístění zatěžovací podložky sedadla a zatěžovací podložky opěradla nebo dvojitého zatěžovacího zařízení sedadel do místa zatížení sedadla je dáno zatěžovou šablonou. [15]

8.6.2. Stanovení bodu zatížení sedadla a opěradla

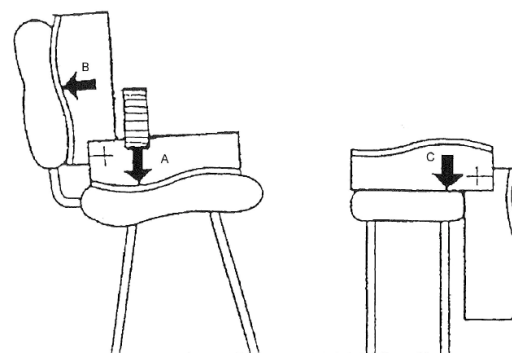
Body zatížení sedadla a opěradla musí být stanoveny pomocí zátěžové šablony. V některých případech nebude možné stanovit body zatížení pomocí šablony. V těchto případech se jako bod zatížení použije bod vzdálený 175 mm od průsečnice sedadla s opěradlem směrem vpřed na sedadle a bod ve vzdálenosti 300 mm od průsečnice sedadla s opěradlem směrem nahoru na opěradle. [15]

8.6.3. Zátěžová šablona

Zátěžová šablona (obr. 46 a 47) se skládá ze dvou tvarovaných částí, které jsou spolu spojeny na jednom konci čepem. Obrisy tvarovaných povrchů jsou navrženy tak, aby dosedaly do čalounění. Pro tento účel má rameno zátěže sedáku celkovou hmotnost 20 kg, která působí v bodu zátěže sedáku. [15]



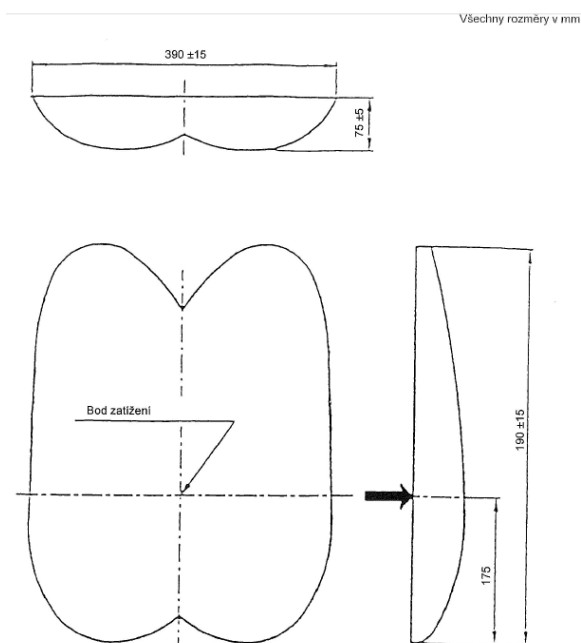
Obrázek 46. Zátěžová šablona [15]



Obrázek 47. Poloha zátěžové šablony [15]

8.6.4. Zatěžovací podložka sedadla

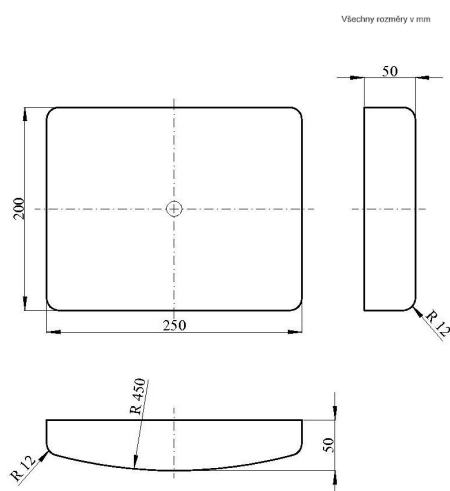
Zatěžovací podložka sedadla je přirozeně tvarované pevné vnikové těleso s tvrdým, hladkým povrchem, jehož celkové rozměry a mezní úchytky jsou uvedeny na obrázku 48. [15]



Obrázek 48. Zatěžovací podložka šablony [15]

8.6.5. Zatěžovací podložka opěradla

Zatěžovací podložka opěradla je pevný pravoúhlý předmět 200 mm vysoký a 250 mm široký, jeho povrch vzhledem k šířce je vypuklý obloukem o poloměru 450 mm s poloměrem zaoblení všech předních hran 12 mm (obr. 49). [15]



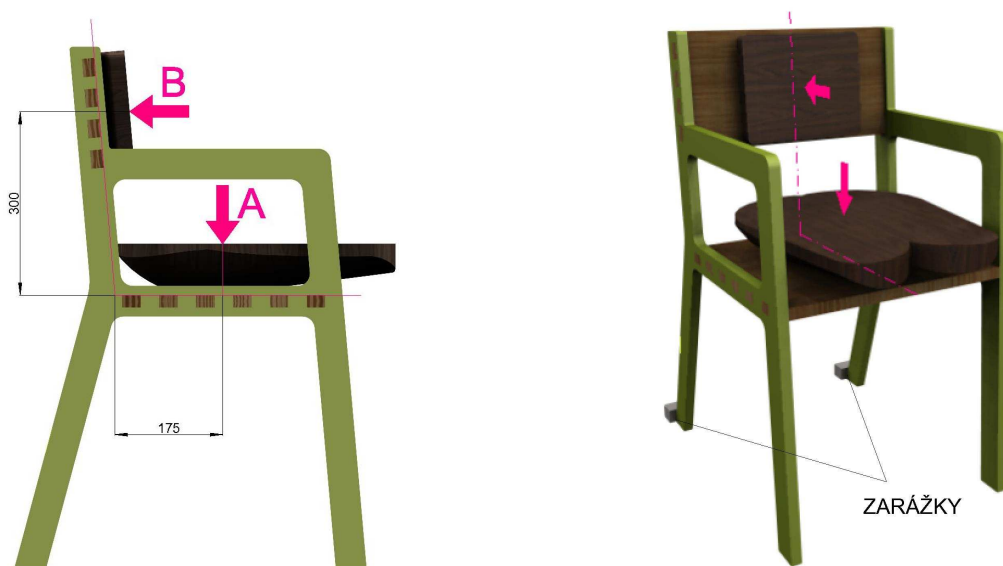
Obrázek 49. Zatěžovací podložka opěradla [15]

8.6.6. Velikosti působících sil

Pohybu vzorku dozadu se zabrání umístěním zarážek za zadní nohy, kluzáky nebo kolečka. V případě že vzorek má opěradlo, je střed zatěžovací podložky opěradla umístěn buď v místě zatížení opěradla stanoveného zatěžovací šablonou, nebo 100 mm od horní hrany opěradla, podle toho, který bod je níže.

Dané zatěžovací síly (síla 1300 N na sedadlo) se nechají působit ve svislém směru přes podložku na sedadlo v místě zatěžovacích bodů. (obr. 50)

V průběhu působení tohoto svislého zatížení se nechá působit příslušné zatížení (síla 450 N) přes podložku i na opěradlo ve směru kolmém k plně zatíženému sedadlu. [15]



Obrázek 50. Schéma působení sil při statické zatěžovací zkoušce sedadla a opěradla [autor práce]

V případě, že má vzorek tendenci se převrhnout, je nutné snížit zatížení opěradla na hodnotu, která právě zabrání převržení vzad. Statické zatížení opěradla nesmí být sníženo pod 410 N. Pokud, má vzorek tendenci se převážít i při této síle, síla působící na sedadlo se zvyšuje tak dlouho, až je tato tendence překonána. Použité síly se zaznamenávají. Nejprve se odstraní zatížení opěradla a potom sedadla. Zkouška se opakuje v 10 cyklech. [15]

8.6.7. Metodika řešení

Metodika řešení v sobě zahrnuje vytvoření čtyř počítačových modelů variant židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva a dvou počítačových modelů zkušebních pomůcek. Zatěžovací podložky sedadla a zatěžovací podložky opěradla. Tyto modely budou vytvořeny v programu TurboCAD a poté podrobeny v programu Ansys numerické simulaci zkoušky pevnosti dle ČSN EN 1728 (91 0235) Nábytek bytový – Sedací nábytek – Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti. Konkrétně bude simulována zkouška: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2).

Modely simulace

Následující obrázky znázorňují 4 varianty modelů židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva (obr. 51 – 54)



Obrázek 51. Varianta 1 [autor práce]



Obrázek 52. Varianta 2
[autor práce]



Obrázek 53. Varianta 3 [autor práce]



Obrázek 54. Varianta 4
[autor práce]

Následující obrázky znázorňují technické zařízení nezbytné k provedení zkoušky: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla. Obrázek 55 znázorňuje model zatěžovací podložky sedadla. Obrázek 56 znázorňuje model zatěžovací podložky opěradla.



Obrázek 55. Zatěžovací podložka sedadla
[autor práce]



Obrázek 56. Zatěžovací podložka
opěradla [autor práce]

8.6.8. Materiál modelů simulace

Vzhledem k účelu simulace, kterou se tato část práce zabývá, není stěžejní částí nastavení materiálů modelů simulace, ale nastavení a zachování stejné metodiky provedení zkoušky: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2).

Absolutní hodnoty výsledků numerické simulace nebudou interpretovány jako výsledky, které by měly vypovídat o skutečných hodnotách veličin při reálné zkoušce, ale budou sloužit pouze k porovnání chování při statické zatěžovací zkoušce sedadla a opěradla jednotlivých variant židle.

Pro všechny čtyři modely židlí byl nastaven materiál s modulem pružnosti 10 GPa, což přibližně odpovídá modulu pružnosti desky překližovaného typu a pro zkušební pomůcky, zatěžovací podložku sedadla a zatěžovací podložku opěradla byl nastaven materiál rostlého dřeva dubu. Ve skutečnosti je materiálem všech čtyřech variant židle deska překližovaného typu, ale jak už bylo výše zmíněno, výsledky simulace budou sloužit pouze k porovnání chování jednotlivých variant židle, nikoliv k interpretaci výsledků, které by měly vypovídat o realitě.

8.6.9. Metodika vyhodnocení výsledků a stanovení referenčního modelu

Výsledky, kterými se bude tato část práce zabývat, jsou hodnoty rozložení napětí v kostře (napětí Von Mises) a posunutí.

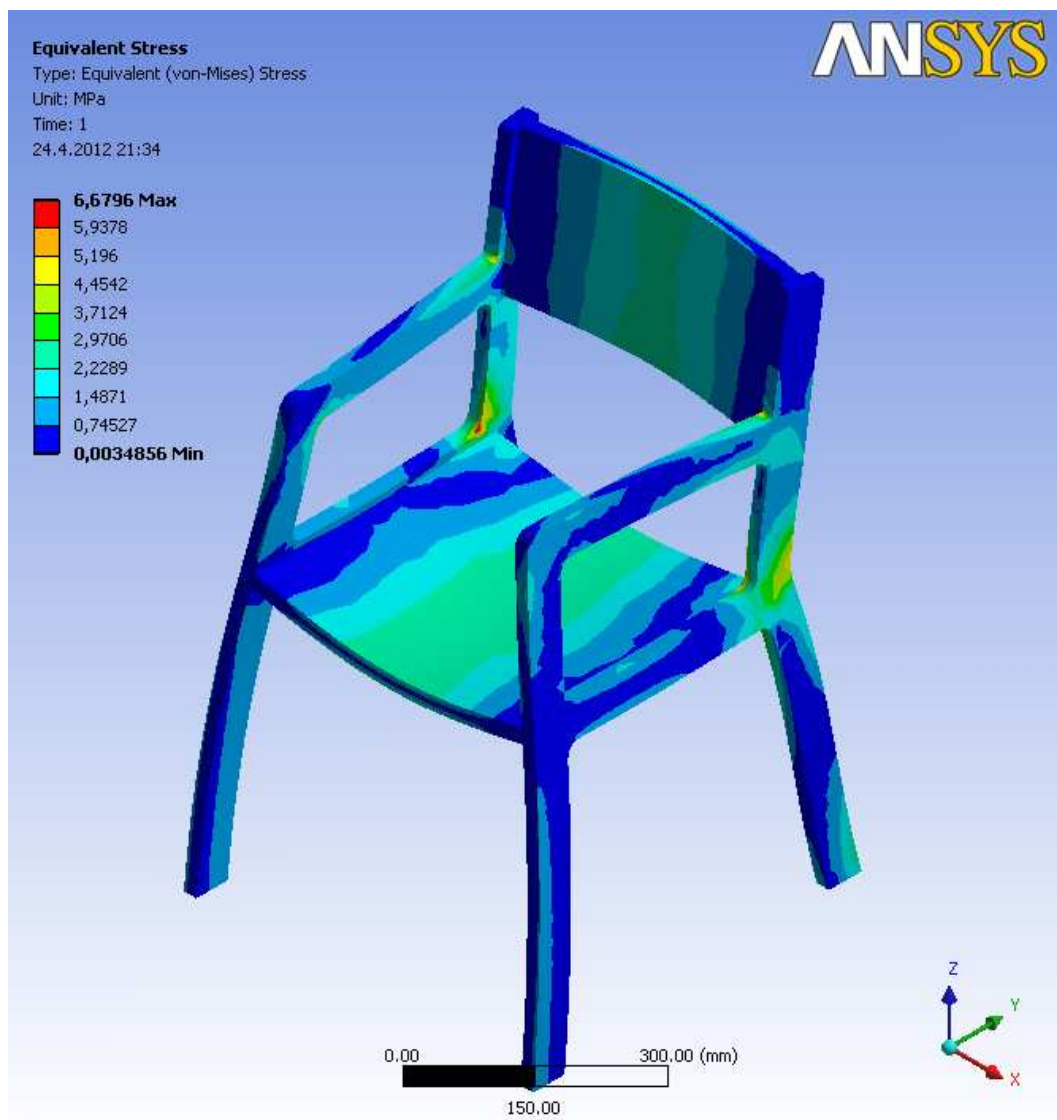
Na základě těchto výsledků bude stanoven referenční model, jedna ze čtyř variant. Referenční model bude ten model, který bude vykazovat nejvyšší hodnoty napětí Von Mises a posunutí. Těmto nejvyšším hodnotám bude přiřazena hodnota jedna a o hodnoty výsledků třech zbylých variant budou přepočítány a následně s referenčním modelem porovnány, vyhodnoceny a seřazeny od varianty s nejvyššími hodnotami napětí Von Mises a posunutí po variantu s nejnižšími hodnotami napětí Von Mises a posunutí. Čili od varianty s nejnižší pevností konstrukce po variantu s nejvyšší pevností konstrukce.

8.7. Výsledky numerické simulace mechanické zkoušky

U všech čtyř variant bude hodnocena pevnost a tuhost konstrukce. Pevnost konstrukce bude hodnocena za pomoci napětí (von Mises) a tuhost bude hodnocena za pomoci posunutí.

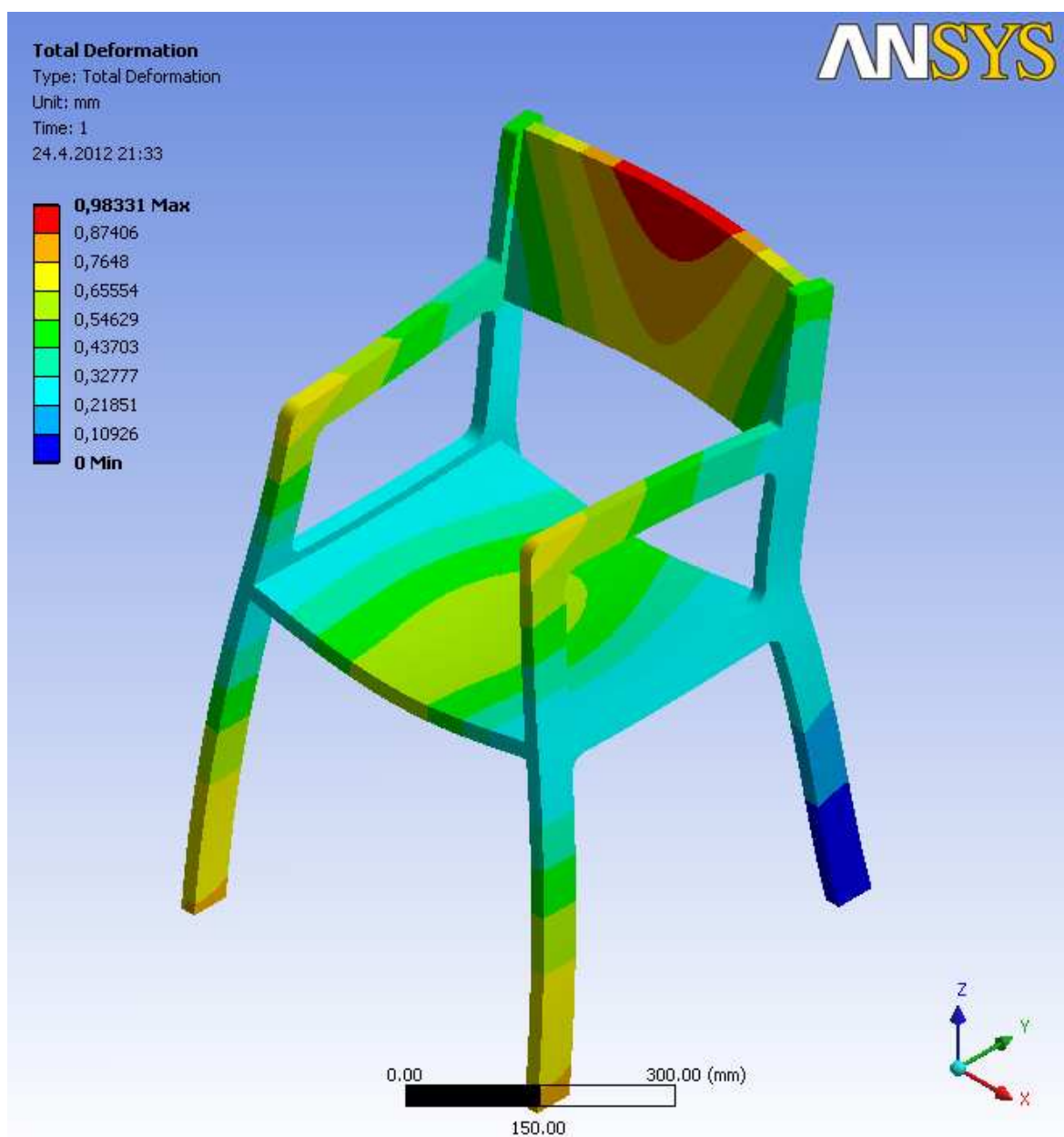
8.7.1. Varianta židle 1

Z obrázku 57 je patrné, že největší napětí vykazují místa, ve kterých přechází bok konstrukce ze sedákové části a části područek do části zadních noh a opěráku.



Obrázek 57. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 1
[autor práce]

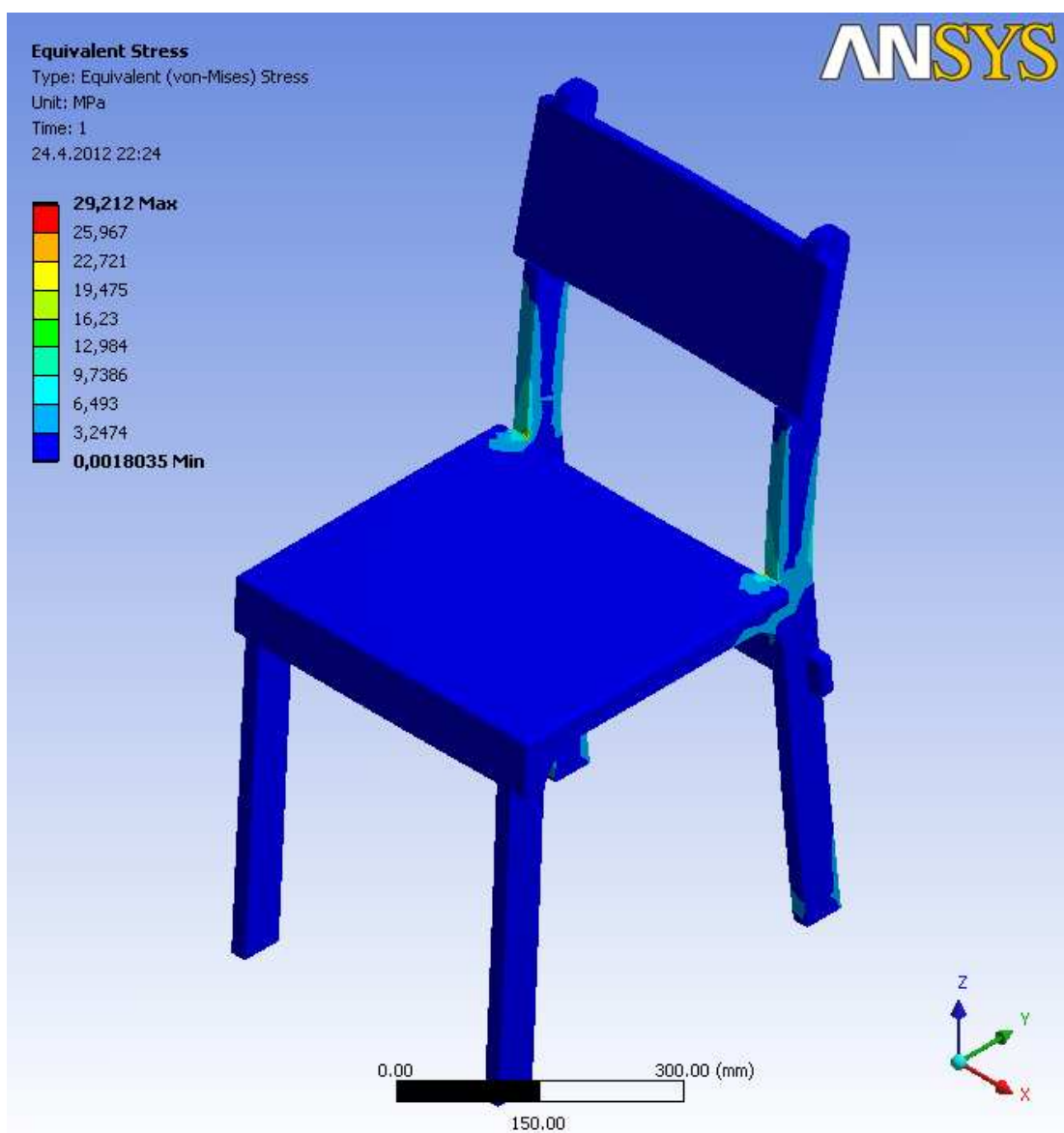
K největšímu posunutí dochází v místě horní části opěráku



Obrázek 58. Znáznornění posunutí u varianty židle 1 [autor práce]

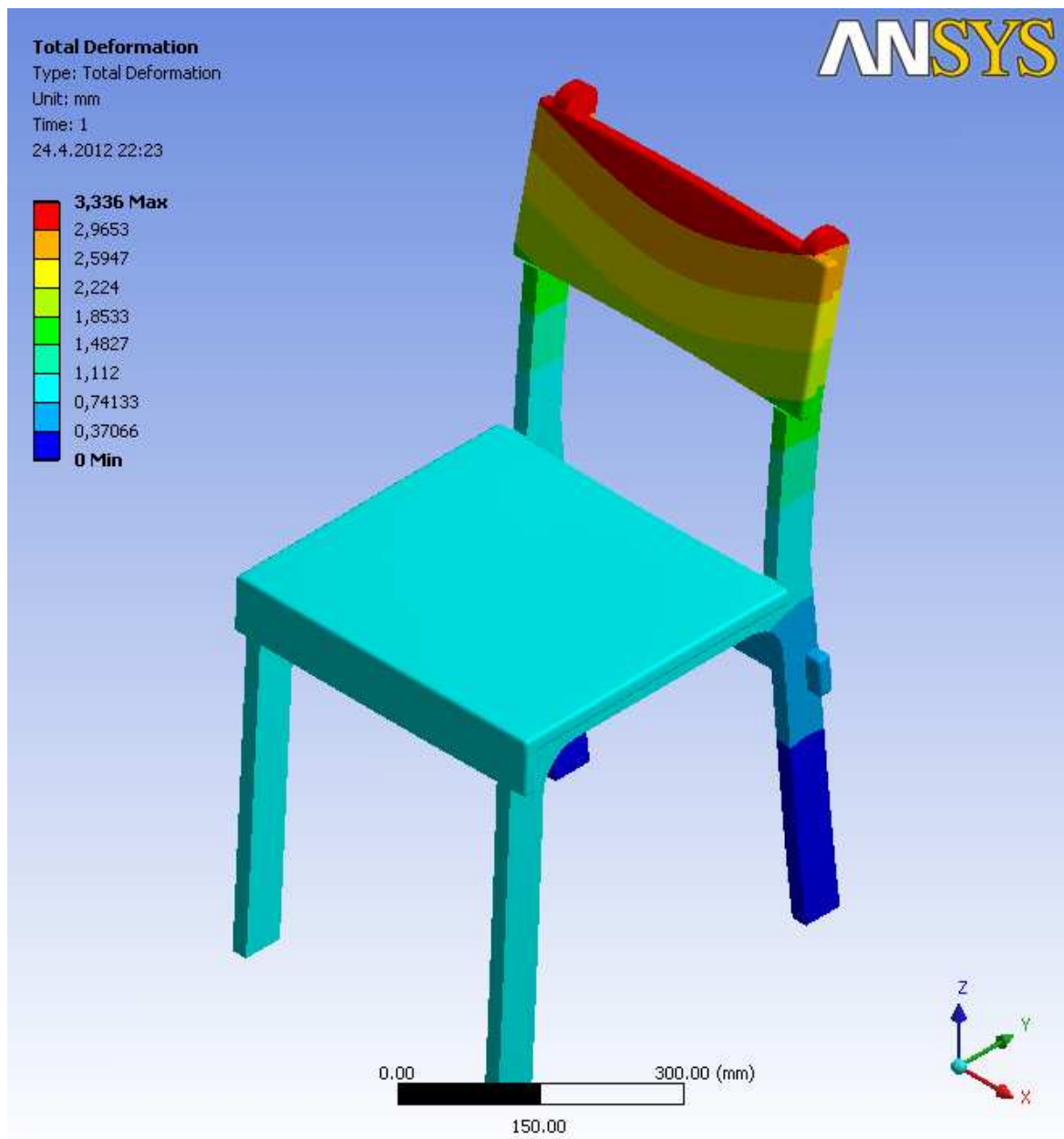
8.7.2. Varianta židle 2

U varianty židle 2 dochází k vzniku vůbec největšího napětí ve srovnání se zbylými třemi variantami. K největšímu napětí dochází v oblasti přechodu noh do opěradlové části, kde je konstrukce více oslabena ve srovnání s konstrukčně podobnou variantou 4, toto největší napětí je taktéž způsobeno ostrým přechodem (bez zaoblení) opěradlové části do části sedadlové. Zatímco napětí v sedáku je minimální, což je dle mého názoru způsobeno trnožemi, které zpevňují konstrukci židle.



Obrázek 59. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 2
[autor práce]

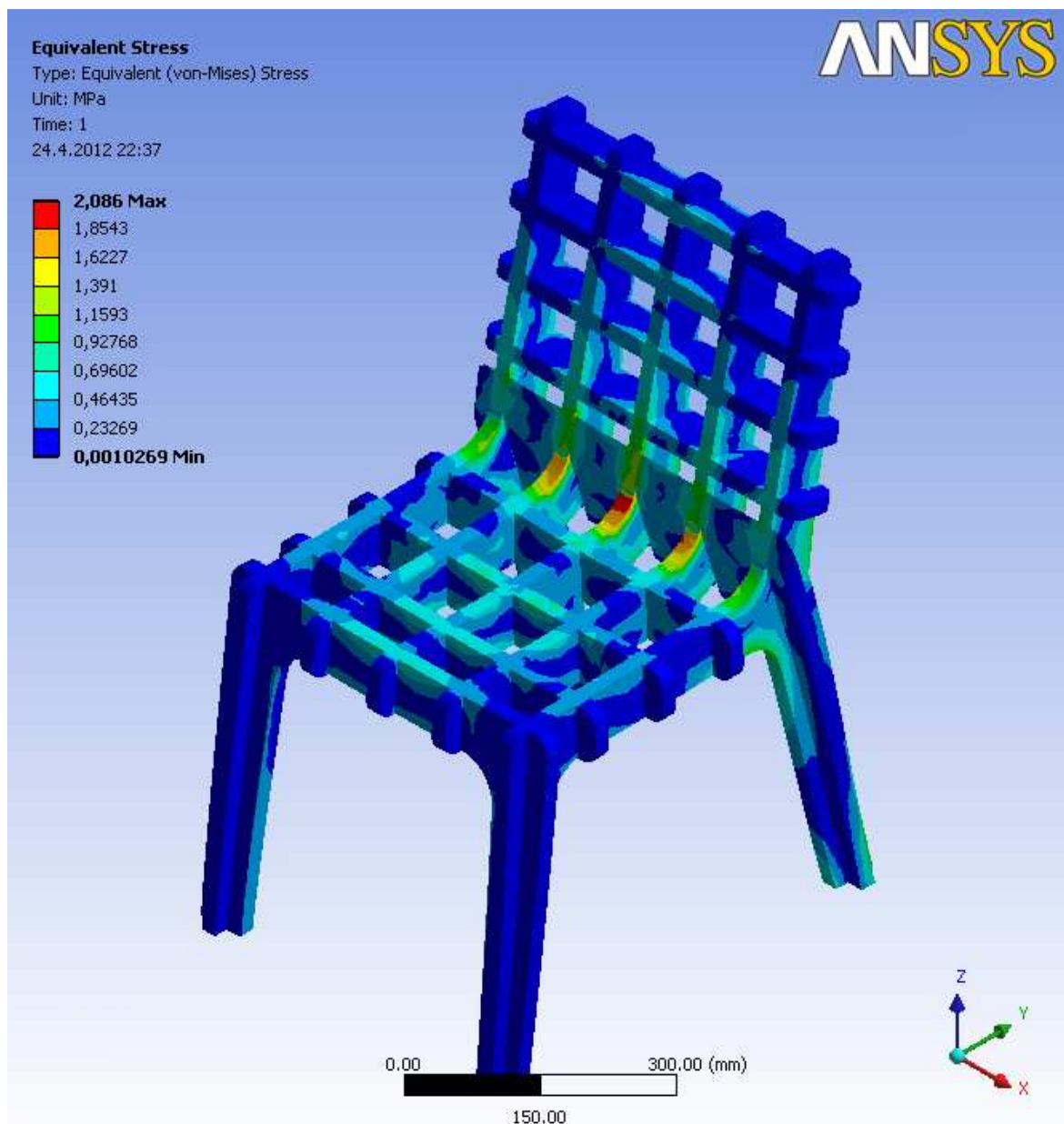
U varianty židle 2 dochází taktéž k největšímu posunutí v oblasti horní části opěráku, což je způsobeno velkým ramenem, tvořeným opěradlovou částí, na něž působí síla.



Obrázek 60. Znáznornění posunutí u varianty židle 2 [autor práce]

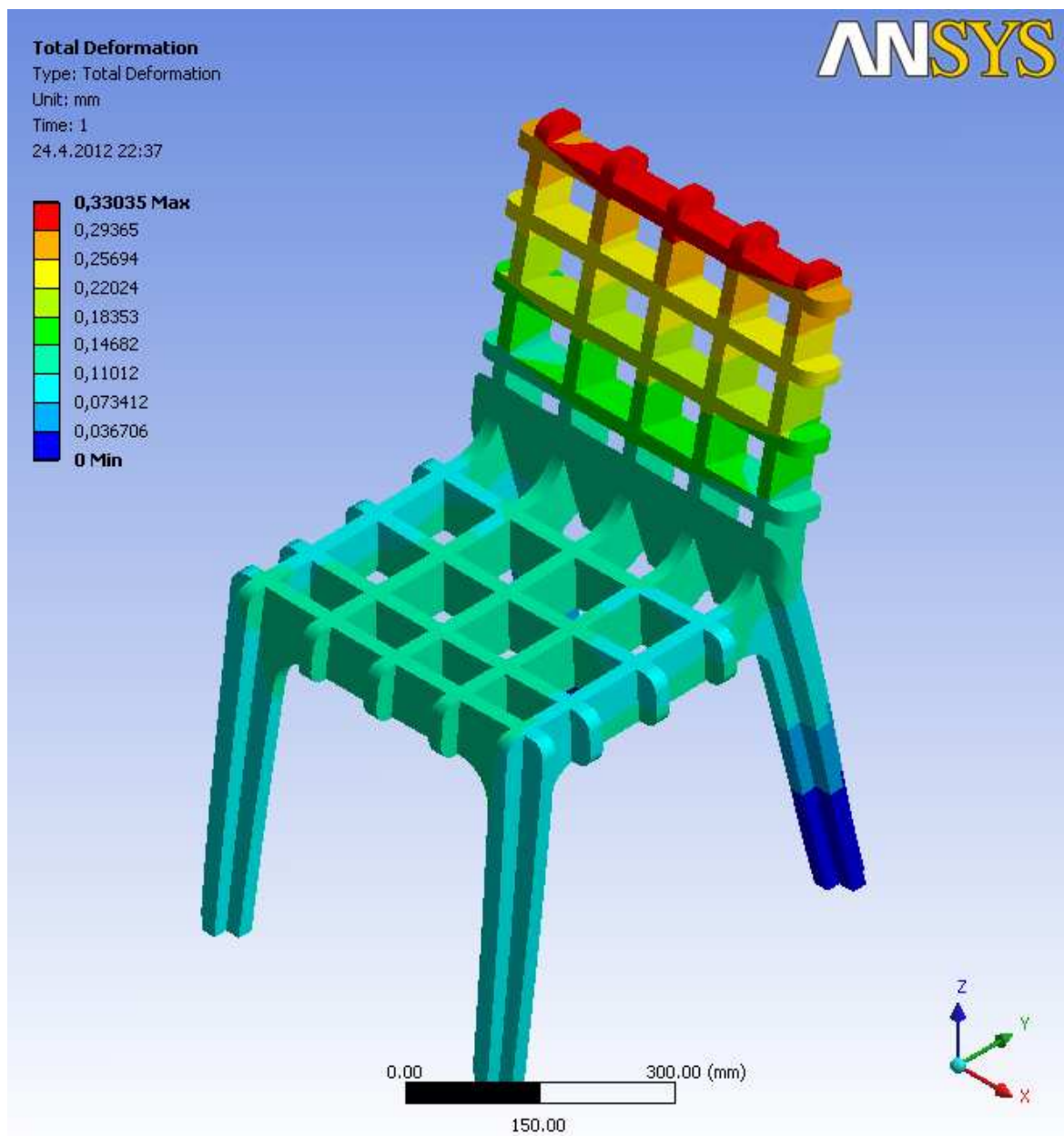
8.7.3. Varianta židle 3

Varianta židle 3 je, co se týče pevnosti a tuhosti, variantou vykazující nejlepší výsledky. Toho je ovšem dosaženo na úkor materiálové objemnosti a celkové hmotnosti židle.



Obrázek 61. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 3
[autor práce]

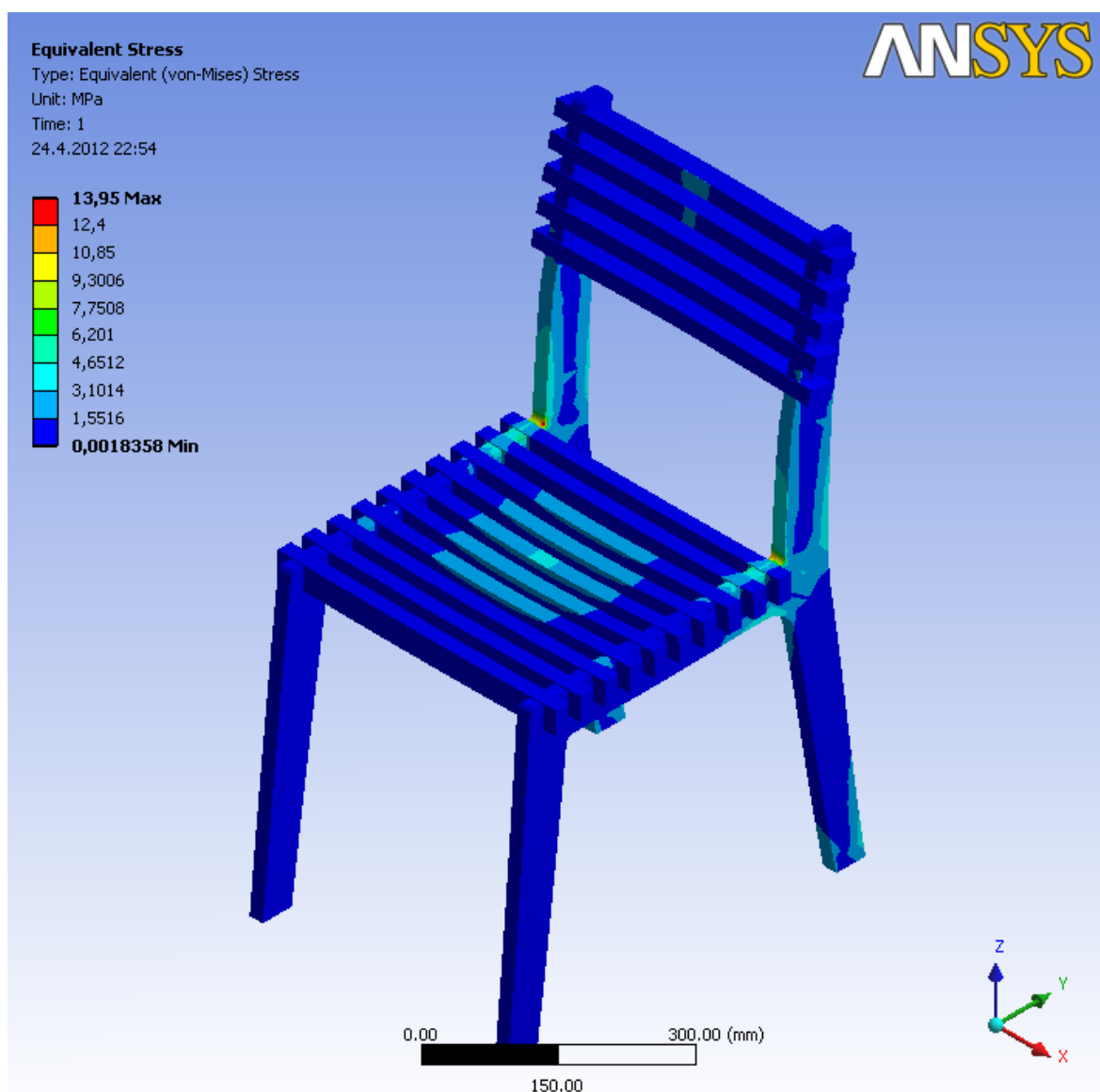
Taktéž i varianta židle 3 vykazuje největší posunutí v oblasti horní části opěráku. Ale hodnota posunutí je ve srovnání s ostatními variantami zanedbatelná.



Obrázek 62. Znázornění posunutí u varianty židle 3 [autor práce]

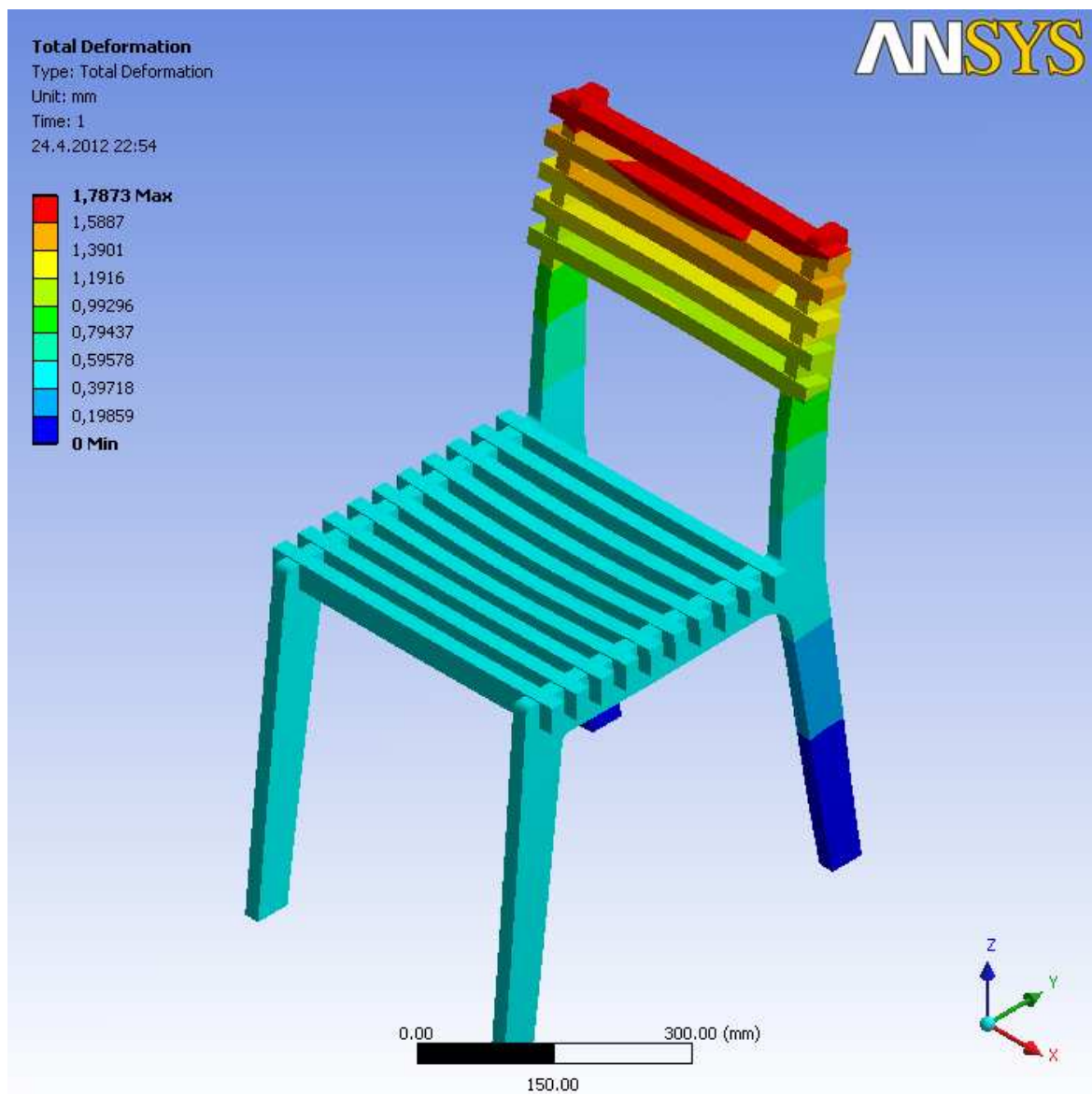
8.7.4. Varianta židle 4

Varianta židle 4 je konstrukčně podobná variantě židle 2, tudíž vykazuje taktéž největší hodnotu napětí v oblasti, kde přechází sedadlová část do opěradlové části. Ale napětí zde není tak velké, židle je v této části robustnější než varianta židle 2 a taktéž je v místě přechodu opěradlové části do sedadlové části zaoblena rádie 5 mm.



Obrázek 63. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 4
[autor práce]

U varianty židle 4 dochází taktéž k největšímu posunutí v oblasti horní části opěráku, což je způsobeno velkým ramenem, tvořeným opěradlovou částí, na něž působí síla.



Obrázek 64. Znáznornění posunutí u varianty židle 4 [autor práce]

8.8. Stručné shrnutí výsledku numerické simulace mechanické zkoušky

Tabulka 3 uvádí stručný přehled výsledků. Výsledky v tabulce se týkají maximálního napětí a maximálního posunutí. Hodnoty maximálního napětí (von Mises) byly upraveny, nebyly brány v potaz maximální hodnoty, které nevypovídají o realitě. Maximální hodnoty jsou způsobeny nedostatky nastavení simulace, které by bylo nad rámec této diplomové práce. Pro srovnání jednotlivých variant byly brány hodnoty na obrázcích označené barvou přecházející z modré do zelené. Hodnoty posunutí nebyly nijak přizpůsobovány. Hodnoty s názvem porovnání napětí a posunutí variant, vychází ze srovnání modelu, který dosáhl nejvyšších hodnot napětí a posunutí s modely ostatními. Model, který dosáhl nejvyšších hodnot napětí a posunutí byl zvolen referenčním modelem a byla mu přidělena hodnota 1. Maximální hodnoty napětí i posunutí zbylých modelů byly přepočítány ve vztahu k referenčnímu modelu. Tudíž hodnoty v tabulce označované jako porovnání napětí a posunutí variant značí, kolikrát menší jsou maximální hodnoty napětí a posunutí zbylých nereferečních modelů.

| Varianta | Maximální napětí (von Mises) [MPa] | Maximální posunutí [mm] | Porovnání napětí variant | Porovnání posunutí variant |
|------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Varianta 1 | 3 | 0,98 | 3,33 | 3,41 |
| Varianta 2 | 10 | 3,34 | 1 | 1 |
| Varianta 3 | 0,8 | 0,33 | 12,5 | 10,12 |
| Varianta 4 | 5 | 1,79 | 2 | 1,87 |

tabulka 3. Stručný přehled výsledků

9. DISKUSE

Změnou hledající si počátek v průmyslové revoluci 19. století tráví lidé sezením mnohem více času než v dobách minulých, ať už při cestování za zaměstnáním v autě, či v hromadné městské dopravě, při práci v zaměstnání a většinou i při trávení volného času. Tudíž je židle považována za samozřejmost a nezbytnost. Židle provází člověka od počátků lidské civilizace. Původně lidé seděli na kamenech a jiných přírodních útvarech, ale už v dobách starověkého Řecka se setkáváme s archetypy židlí. Nicméně v těchto dávných dobách byla židle používána jen příležitostně, tudíž na ní nebyly kladeny takové nároky jako v současnosti, kdy na židli tráví lidé i třetinu celého dne.

Každý konstrukční návrh sedacího nábytku by měl vycházet s požadavků na něj kladených. Především by měly být brán ohled na bezpečnost židle, konstrukce by měla vycházet z ergonomických požadavků a taktéž z možností a vlastností zvoleného konstrukčního materiálu.

Z rešerše provedené v této diplomové práci není patrná existence žádného tuzemského prodejce, který by svým sortimentem nabízel židli výhradně z velkoplošného materiálu na bázi dřeva. Rešerše našla existenci prodejců zahraničního obchodu, ale pouze v omezeném měřítku. Židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva zatím vznikají více jako prototypy v rámci různých designérských soutěží, ve veřejném prodeji se vyskytují velice omezeně. Materiál, který obsadil první příčku, co se týče nejčastěji používaného materiálů, je překližovaná deska, která svými vlastnostmi představuje nejideálnější materiál na bázi dřeva. Mezi nejpoužívanější spoje patří přeplátování a uzavřené čepy. Spoje se vyskytují u jednotlivých konstrukcí samozřejmě i v různých kombinacích.

Obecně se v konstrukčních návrzích židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva vyskytují tyto spoje: spoj přeplátování, spoj za pomoci otevřených čepů s přesahem, spoj za pomoci uzavřených čepů, spoj za pomoci otevřených čepů. Tyto spoje mají specifické dotvarování, které vzniká použitou technologií výroby. Primárně je na výrobu židlí z velkoplošného materiálu na bázi dřeva použita technologie za pomoci CNC obráběcích center.

Čtyři konstrukční varianty židle, které byly v této práci vytvořeny, si kladly za cíl použít různé konstrukční řešení a různé konstrukční spoje. Na základě této konstrukční rozdílnosti byla provedena numerická simulace pevnosti a tuhosti,

kteřá měla poukázat na rozdílnost konstrukcí. Výsledky numerické simulace poukázaly na skutečnost rozdílností chování jednotlivých konstrukcí při statické zkoušce numerické simulace dle ČSN EN 1728 (91 0235) Nábytek bytový – Sedací nábytek – Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti. Maximální hodnoty napětí (von Mises) nebyly brány v úvahu, tyto nereálné hodnoty vznikly nedostatky v nastavení simulace, jejíž dokonalé nastavení, by bylo nad rámec této diplomové práce. Nicméně všechny absolutní hodnoty pevností analýzy numerické simulace by měly být brány s nadhledem. Simulace slouží výhradně k porovnání pevnostního chování jednotlivých konstrukčních variant, její absolutní hodnoty nevyovídají o skutečných hodnotách napětí a posunutí, které by v konstrukcích vznikly při skutečném provedení zkoušky.

Výkresová dokumentace, jež je přílohou práce, byla zpracována klasickým způsobem, je zamýšleno vyrábět všechny čtyři varianty židle za pomoci CNC obráběcího centra, kde se postup výroby řeší vytvořením modelu v CAD poté je exportován do formátu DXF a následně načtena do CAM rozhraní.

10. ZÁVĚR

Náplní této diplomové práce byl návrh konstrukce židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva.

Návrh konstrukce židle vychází z požadavků kladených na bytový sedací nábytek. Návrh vychází taktéž z ergonomie, řešerše sedacího nábytku z velkoplošného materiálu na bázi dřeva a v neposlední řadě z materiálových možností překližované desky, která byla zvolena konstrukčním materiálem.

Samotný návrh židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva obsahuje návrh čtyř variant židle z desky překližovaného typu. U návrhů byla snaha volit rozdílné konstrukční řešení a různé konstrukční spoje, které lze při konstrukčních návrzích židle z velkoplošného materiálu na bázi dřeva použít. Součástí práce bylo podrobit tyto čtyři varianty pevnostní analýze za pomoci numerické simulace dle ČSN EN 1728 (91 0235) Nábytek bytový – Sedací nábytek – Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti. Konkrétně byla simulována zkouška: Statická zatěžovací zkouška sedadla a opěradla (6.2). Výsledky této numerické simulace pevností zkoušky byly posléze vyhodnoceny a okomentovány.

Součástí této práce je taktéž tvorba výkresové dokumentace všech čtyř variant židle z desky překližovaného typu a taktéž vypracování kusovníku a THN materiálu těchto čtyřech variant.

Pro zjištění skutečné použitelnosti židlí by bylo vhodné vytvořit prototypy v měřítku 1:1 a podrobit je příslušným zkouškám, které by mechanické chování získané numerickou simulací potvrdily nebo vyvrátily.

11. SUMMARY

The content of this master thesis was the proposal of structural design of chair made of large – scale material based on wood.

The structural design of the chair is based on requirements for residential seating furniture. The proposal of structural design is also based on ergonomics, search of chairs made of large – scale material based on wood, last but not least is structural proposal based on possibilities of plywood, which was chosen as construction material.

The proposal of structural design consists of four variants of chair. There was an effort to select different structural design and different structural joints, that can be used for construction of chairs made of plywood. Next part of the work was to subject following four variants of chair for stress analysis using numerice simulation according to EN 1728 (910235) Domestic furniture. Seating. Test methods for the determination of strength and durability. Specifically, the simulated test: Static load test seat and backrest (6.2). The results of numerice simulation were then evaluated and commented.

Part of this work is also to create drawings of all four variants of chair made of plywood and creation of THN of direct materials of all four chair variants.

To determinate the actual lability of chairs would be appropriate to create prototypes in 1:1 scale and subject them to appropriate tests, that would mechanical properities of constructions obtained by numerice simulations confirm or refute.

12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] NUTSCH, W. a kol. *Příručka pro truhláře*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2006. 615 s. ISBN 80-86706-14-1.
- [2] HOLOUŠ, Z. Kusovník, základní dokument výroby. [online]. 2009. URL: <http://user.mendelu.cz/holous/kusovnik.pdf>.
- [3] HOLOUŠ, Z. Konstrukce koster a požadavky na sedací nábytek. [online]. 2009. URL: <http://user.mendelu.cz/holous/kapsn.pdf>.
- [4] KANICKÁ, Ludvika a HOLOUŠ, Zdeněk. *Nábytek: typologie, základy tvorby*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 159 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3746-1.
- [5] HOLOUŠ, Z. KOTÁSKOVÁ, P. -- MÁCHOVÁ, E. *Odborné kreslení pro UO Truhlář*. Praha: INFORMATORIUM, 2008. 178 s. ISBN 978-80-7333-069-9.
- [6] GILBERTOVÁ, S. MATOUŠEK, O. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. 239 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [7] CRANZ, G. *The chair: rethinking culture, body, and design*. 1. vyd. New York: W. W. Norton, 2000. 288 s. ISBN 0-393-04655-9.
- [8] ASHBY, M. *Materials selection in mechanical design*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, c1999, 502 s. ISBN 07-506-4357-9.
- [9] BRADFORD, P. PRETE, B. *Chair*. New York: Thomas Y. Crowell Publishers ISBN 0-690-01783-9
- [10] ČSN 91 3610. *Výkresy v dřevozpracujícím průmyslu*. 2008.
- [11] ČSN EN 12520. *Pevnost, trvanlivost a bezpečnost. Požadavky pro domácí sedací nábytek*. 2010.

- [12] POŠTŮLKOVÁ, Ľudmila. *Typologia zariadení bytu človek - priestor - nábytok*. 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007, 174 s. ISBN 978-80-2281797-4.
- [13] DLABAL, S. aj. *Nábytek – člověk - bydlení*. Praha: Ústav bytové a oděvní kultury, 1976.
- [14] DLABAL, S. *Nábytkové umění*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-655-2.
- [15] ČSN EN 1728. *Nábytek bytový - Sedací nábytek - Zkušební metody pro stanovení pevnosti a trvanlivosti*. 2001.
- [16] OPENSHAW, Scott. *Ergonomics and Design A Reference Guide*. 2006. [online]. [vid. 2012-03-12, 12:56]. Dostupné z: <http://www.allsteeloffice.com/NR/rdonlyres/3B6AC489-FC78-4B78-895A-0A5D8A9E888A/0/ErgoHandbook.pdf>
- [17] CRANZ, H. *The Alexander Technique in the World of design: posture and the common chair*. 2000. [online]. [vid. 2012-02-12, 18:53]. Dostupné z: <http://alexandertechnique.com/resources/JBMT-alex.pdf>
- [18] KLISMOS CHAIR: [online]. Housebeautiful.com, [vid. 2012-03-12, 18:53]. Dostupné z: <http://www.housebeautiful.com/shopping/decorating-trends/klismos-chairs-0707#slide-1>
- [19] LORDÓZA, KYFÓZA: [online]. prirodni-matrace.cz, [vid. 2012-02-24, 16:23]. Dostupné z: <http://www.prirodni-matrace.cz/nazory-lekaru/kyfoza>
- [20] ŽIDLE K KÖK: [online]. yankodesign.com, [vid. 2012-01-14, 7:02]. Dostupné z: <http://www.yankodesign.com/2010/07/21/erdem-selek/>

- [21] CHAIR BOOKCASE BOOKCASE CHAIR: [online]. yankodesign.cz [vid. 2012-01-23, 12:22]. Dostupné z: http://store.yankodesign.com/chair-bookcase-bookcase-chair-gail-peter-borden?__SID=U
- [22] ANDROID SYSTEM: [online]. yankodesign.cz, [vid. 2012-03-15, 15:54], Dostupné z: <http://www.yankodesign.com/2010/06/11/slide-that-chair-together/>
- [23] BYARS, Mel. *New chairs: design, technology, and materials*. London: Laurence King publ, 2006. ISBN 18-566-9413-5.
- [24] 2PAC CHAIR: [online]. treehugger.com, [vid. 2012-02-18, 16:15], Dostupné z: <http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/all-eyes-on-the-2pac-chair-by-rawstudio.html>
- [25] SKETCH CHAIR: [online]. diatom.cc, [vid. 2012-02-17, 17:35], Dostupné z: <http://diatom.cc/sketchchair>
- [26] CHAIRFIX JUNIOR: [online]. interiordesignsense.com, [vid. 2012-02-15, 19:42], Dostupné z: <http://interiordesignsense.com/tag/decorating-furniture/page/19/>
- [27] PRIMOCHAIR: [online]. pichaus.com, [vid. 2012-03-25, 20:45], Dostupné z: <http://pichaus.com/flat-pack-seat-chair-seating>
- [28] KRÁL, Pavel a Jan ŠRAJER. *CNC obráběcí centra*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, 79 s. ISBN 978-80-7375-163-0.
- [29] KRÁL, Pavel a Jaroslav HRÁZSKÝ. *Kompozitní materiály na bázi dřeva*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 206 s. ISBN 80-7157-878-9.

- [30] PANERO, Julius a Martin ZELNIK. *Human dimension: a source book of design reference standards*. New York: Whitney Library of Design, 1979, 320 s. ISBN 08-230-7271-1.
- [31] TILLEY, Alvin R. *The measure of man and woman: human factors in design*. Rev. ed. New York: Wiley, c2002, 98 s. ISBN 04-710-9955-4.
- [32] *Člověk a židle – 2. Mezinárodní sympozium průmyslového návrhu*. Gottwaldov: Dům umění, 1970. 76 s.
- [33] TRÁVNÍK, A. *Výroba nábytku III*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. ISBN 80-7157-755-3.

13. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 8. Figurka sedící ženy

Obrázek 9. Židle klismos

Obrázek 10. Truhla sloužící k sezení

Obrázek 11. Thonetova židle č. 18

Obrázek 12. Křeslo Barcelona

Obrázek 13. Židle Ceska

Obrázek 14. Židle od Eamese a Saarineny

Obrázek 8. Rozložení výšky ženské a mužské postavy v populaci

Obrázek 9. Držení páteře vstaje a vsedě

Obrázek 10. Lordóza

Obrázek 11. Kyfóza

Obrázek 12. Relativní tlak na třetí meziobratlovou ploténku bederní páteře podle polohy těla (podle Nachemsona)

Obrázek 13. Sed s opřenými zády

Obrázek 14. Snaha zabránit sklouzávání

Obrázek 15. Sklouzávání ze židle

Obrázek 16. Sed vzpřímený na přední části sedáku

Obrázek 17. Způsob sezení tzv. noha přes nohu

Obrázek 18. Aktivita zádových a šijových svalů při vzpřímeném a kulatém sedu (podle firmy SEDUS)

Obrázek 19. Způsoby sezení

Obrázek 20. Příklady nesprávného sezení

Obrázek 21. Vztah výšky a hloubky sezení u čtyř základních typů sedacího nábytku

Obrázek 22. Rozložení tělesné hmotnosti při sezení na pánevních výčnělcích a sedacím svalstvu

Obrázek 23. Vztah mezi sklonem sedáku a opěráku

Obrázek 24. Různé tvary sedáků

Obrázek 25. Síly působící v různých částech těla sedícího člověka

Obrázek 26. Základní rozměrové parametry židlí

Obrázek 27. Základní šířkové parametry židlí

Obrázek 28. Židle Kōk ve složeném stavu

- Obrázek 29. Židle Kők v částečně rozloženém stavu
- Obrázek 30. Židle v kombinaci s knihovnou
- Obrázek 31. Části židle v kombinaci s knihovnou
- Obrázek 32. Židle Android Systém
- Obrázek 33. Tangram Side Chair
- Obrázek 34. Židele 2pac Chair
- Obrázek 35. Židle z kolekce SketchChair
- Obrázek 36. Židle Chairfix Junior
- Obrázek 37. Židle Primo chair
- Obrázek 38. Varianta židle 1
- Obrázek 39. Varianta židle 2
- Obrázek 40. Varianta židle 3
- Obrázek 41. Varianta židle 4
- Obrázek 42. Spoj přeplátováním
- Obrázek 43. spoj za pomoci otevřeného čepu s přesahem
- Obrázek 44. Spoj za pomoci uzavřených čepů
- Obrázek 45. Spoj za pomoci otevřených čepů
- Obrázek 46. Zátěžová šablona
- Obrázek 47. Poloha zátěžové šablony
- Obrázek 48. Zatěžovací podložka šablony
- Obrázek 49. Zatěžovací podložka opěradla
- Obrázek 50. Schéma působení sil při statické zatěžovací zkoušce sedadla a opěradla
- Obrázek 51. Varianta 1
- Obrázek 52. Varianta 2
- Obrázek 53. Varianta 3
- Obrázek 54. Varianta 4
- Obrázek 55. Zatěžovací podložka sedadla
- Obrázek 56. Zatěžovací podložka opěradla
- Obrázek 57. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 1
- Obrázek 58. Znázornění posunutí u varianty židle 1
- Obrázek 59. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle
- Obrázek 60. Znázornění posunutí u varianty židle 2

Obrázek 61. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 3

Obrázek 62. Znáznornění posunutí u varianty židle 3

Obrázek 63. Rozložení napětí (von Mises) v konstrukci varianty židle 4

Obrázek 64. Znáznornění posunutí u varianty židle 4

14. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

tabulka 1. Data pro vyhodnocení rešerše

tabulka 2. Hmotnostní varianty

tabulka 3. Hodnoty fyzikálních a mechanických vlastností překližovaných desek

Graf 1. Grafické znázornění používaných materiálů

Graf 2. Grafické znázornění použitých konstrukčních spojů

15. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Výkresová dokumentace čtyř variant židle

Příloha 2. Kusovníky čtyř variant židle

Příloha 3. THN přímých materiálu čtyř variant židle