



Diplomová práce

# Nábytek pro vzdělávací instituce

Furniture for educational institutions

Autor: **BcA. Vít Bednář**

Studijní program: Design (N212)

Studijní obor: Design

Vedoucí: MgA. Jan Jaroš

Praha, červen 2023

© Vít Bednář

Ústav designu

Fakulta architektury

České vysoké učení technické v Praze, 2023

*Klíčová slova: školní nábytek, židle, stůl, vzdělávací instituce, základní škola, ergonomie*

*Key words: school furniture, chair, desk, educational institution, primary school, ergonomics*

## Poděkování

V první řadě děkuji MgA. Janu Jarošovi a Akad. mal. Miroslavu Bednáři za vedení této diplomové práce, ale i za vše ostatní, co mne, nejen o designu, stihli v rámci celého studia naučit.

Srdečně děkuji panu Ing. Jiřímu Škopkovi a Ing. Štěpánu Kubašovi za poskytnutou příležitost podílet se na vývoji ve spolupráci s firmou Santal. Touto cestou bych rád poděkoval i Ing. Tomáši Imrichovi a Ing. Martinu Tröstelovi za pomoc s odbornými konzultacemi a výrobou prototypů.

V neposlední řadě patří velký dík doc. Ing. Davidu Cirklovi, PhD., prof. RNDr. Matěji Danielovi, Ph.D, Ing. Michaele Gleichové a BcA. Kryštofu Jinkovi za pomoc s průběžnou analýzou, vývojem a testováním.

Na závěr bych rád upřímně poděkoval všem dosud nejmenovaným, kteří se na mé práci jakýmkoli způsobem podíleli.

Největší poděkování však patří mojí rodině a především pak Lucce, která mi byla vždy současně největším kritikem i rádcem.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA ARCHITEKTURY**

**AUTOR, DIPLOMANT:**

AR 2022/2023, LS

**NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

(ČJ) NÁBYTEK PRO VZDĚLÁVACÍ INSTITUCE

(AJ) FURNITURE FOR EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**JAZYK PRÁCE: ČEŠTINA**

**Vedoucí práce:**

**MgA. Jan Jaroš**

**Ústav: 15150 Ústav designu**

**Oponent práce:**

Ing. Bohumil Novotný

**Klíčová slova**  
(česká):

školní nábytek, židle, stůl, vzdělávací instituce, základní škola, ergonomie

**Anotace**  
(česká):

Návrh kolekce školního nábytku pro základní a střední školy se zaměřením na dílčí ergonomické parametry, týkající se kvality poseru v rámci běžných školních vyučovacích aktivit. Teoretická část se zabývá analýzou současného stavu školního nábytku z pohledu designu a jeho vlivu na výkon a zdraví žáků. Finálním řešením je komplexní kolekce školního sezení sestávající z židlí a stolů pro třídní výuku.

**Anotace** (anglická):

Design of a school furniture collection for primary and secondary schools with a focus on ergonomic parameters related to the quality of the poser in the context of routine school teaching activities. The theoretical part deals with the analysis of the current situation of school furniture in terms of design and its impact on the performance and health of students. The final solution is a comprehensive collection of school seating consisting of chairs and tables for classroom education.

## Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 23/5/2023

podpis autora-diplomanta

*Tento dokument je nedílnou a povinnou součástí diplomové práce / portfolia a CD.*



České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury

## 2/ ZADÁNÍ diplomové práce

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: VIT BEDNÁŘ

datum narození: 28. 9. 1997

akademický rok / semestr: 2022 / 2023 - LETNÍ SEMESTR

obor: DESIGN

ústav: ÚSTAV DESIGNU 15150

vedoucí diplomové práce: Mgr. JAN JAROŠ

téma diplomové práce: NÁBYTEK PRO VZDĚLÁVACÍ INSTITUCE  
viz přihláška na DP

zadání diplomové práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

NÁVRAH KOLEKCE NÁBYTKU PRO VZDĚLÁVACÍ INSTITUCE. ŘEŠENÍ  
PŘEDLOŽENÉ ŘEŠENÍ PRO ZÁKLADNÍ ŠKOLY.

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

ANALYTICKÁ ČÁST (REPERE, VÝSTUP ANALÝZY), FORMULACE VÍZE, PROVĚŘOVÁNÍ  
VARIANT, SYNTEZA (VÝLEDNÝ NÁVRAH), ZÁVĚR (REPERE).

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítko zpracování

RETOUK DOKUMENTACE DE PARAMETRŮ FA ČVUT

PLAAT, VILBEROVÁ DOKUMENTACE, MODEL V MĚŘÍTKU 1:1

4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

Datum a podpis studenta 27. 2. 2023 

Datum a podpis vedoucího DP 27. 2. 2023 

Datum a podpis děkana FA ČVUT



registrováno studijním oddělením dne

1. 5. 2023



## **Anotace (CZ)**

Návrh kolekce školního nábytku pro základní a střední školy se zaměřením na dílčí ergonomické parametry, týkající se kvality posezu v rámci běžných školních vyučovacích aktivit. Teoretická část se zabývá analýzou současného stavu školního nábytku z pohledu designu a jeho vlivu na výkon a zdraví žáků. Finálním řešením je komplexní kolekce školního sezení sestávající z židlí a stolů pro třídní výuku.

## **Annotation (EN)**

Design of a school furniture collection for primary and secondary schools with a focus on ergonomic parameters related to the quality of the poser in the context of routine school teaching activities. The theoretical part deals with the analysis of the current situation of school furniture in terms of design and its impact on the performance and health of students. The final solution is a comprehensive collection of school seating consisting of chairs and tables for classroom education.

# Obsah

<b>1 ÚVOD/ MOTIVACE</b> .....	<b>10</b>
1.1 Úvod do problematiky a cíle projektu .....	10
1.2 Vlastní motivace a osobní přístup k dané problematice .....	11
1.3 Metodika práce, předmět výzkumu.....	11
<b>2 Analytická část</b> .....	<b>13</b>
2.1 Podpůrně pohybový aparát .....	13
2.1.1 Svalová soustava .....	13
2.1.2 Anatomie a funkce páteře.....	13
2.1.3 Mladší školní věk a podpůrně pohybový aparát.....	14
2.2 Držení těla.....	15
2.2.1 Správné držení těla.....	15
2.2.2 Vadné držení těla .....	16
2.2.3 Způsoby sezení.....	17
2.2.3.1 Přední, střední a zadní sezení.....	17
2.2.3.2 Alternativní typy sezení.....	18
2.2.3.3 Školní sezení.....	19
2.3 Ergonomie .....	19
2.3.1 Antropometrie a její úloha v ergonomii.....	20
2.3.2 Ergonomie školního sezení.....	21
2.3.2.1 Školní židle.....	21
2.3.2.2 Školní lavice .....	22
2.4 Vliv sezení na pohybový systém .....	22
2.4.1 Sezení a držení těla .....	23
2.4.2 Školní nábytek a držení těla .....	23
2.4.3 Tělesný diskomfort a poranění.....	24
2.5 Zdroje zátěže ve škole .....	25
2.5.1 Denní režim ve vzdělávacích institucích.....	25
2.5.2 Statická zátěž.....	26
2.6 Nábytek pro vzdělávací instituce.....	26
2.6.1 Typologie školního nábytku.....	26
2.6.2 Historie .....	27
2.6.3 Současný stav.....	29
2.7 Legislativa a normy .....	31
2.7.1 Výchozí normy pro sedací nábytek .....	31
2.7.1.1 Velikostní typy a druhy nábytku pro vzdělávací instituce.....	32
2.7.1.2 Základní rozměrové parametry.....	32

2.7.2 Doplnující regionální normy .....	32
2.8 Vlastní výzkum a pozorování.....	33
2.8.1 Metodika .....	33
2.8.1.1 Použité metody sběru dat.....	33
2.8.1.2 Charakteristika zkoumaného souboru .....	34
2.8.2 Reálné situace ve třídách.....	35
2.8.3 Vliv dynamického sezení na výkon žáků .....	39
2.9 SANTAL spol. s r.o. ....	40
<b>3 VÝSTUP ANALÝZY, FORMULACE VIZE .....</b>	<b>42</b>
3.1 Poznatky z analýzy a vlastního výzkumu.....	42
3.1.1 Definice problematiky.....	42
3.1.2 Klíčové body návrhu.....	43
3.2 Cílová skupina .....	44
3.3 Formulace vize.....	45
3.3.1 Koncepční řešení.....	45
3.4 Definice strategie vývoje .....	46
<b>4 PROCES NAVRHOVÁNÍ.....</b>	<b>47</b>
4.1 Židle .....	49
4.1 Stůl .....	52
<b>5 PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ.....</b>	<b>55</b>
5.1 Testování fyzických prototypů.....	55
5.2 Ověření konceptu .....	57
5.2.1 Metodika měření.....	57
5.2.1.1 Použité metody sběru dat .....	58
5.2.2 Výsledky měření.....	59
5.3 Sumarizace funkčnosti konceptu .....	59
<b>6 VÝSLEDNÝ NÁVRH .....</b>	<b>63</b>
6.1 Materiály .....	64
6.2 Technologie výroby .....	65
6.2.1 Nosné konstrukce .....	65
6.2.2 Opěradla a stolové desky.....	66
6.3 Vizualizace.....	67
<b>7 TECHNICKÁ DOKUMENTACE.....</b>	<b>79</b>
<b>8 ZÁVĚR A REFLEXE .....</b>	<b>83</b>
8.2 Porovnání s původním záměrem .....	84
8.3 Potencionální pokračování projektu .....	85
<b>9 TEXTOVÉ ZDROJE - LITERATURA.....</b>	<b>86</b>
<b>10 OBRAZOVÉ ZDROJE.....</b>	<b>89</b>
<b>11 SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>91</b>

# 1 ÚVOD/ MOTIVACE

## 1.1 Úvod do problematiky a cíle projektu

Průměrné dítě stráví mezi šestým a osmnáctým rokem, tedy v období největšího fyzického vývoje, ve vzdělávacích institucích různého typu odhadem zhruba 14 000 hodin. V tomto časovém období se tedy jedná přibližně o čtvrtinu jejich života, přičemž drtivá většina z tohoto času je ve školním prostředí trávená v poloze v sedě, ve školní lavici. Jedná se tak o nezanedbatelné období, které má výrazný vliv na budoucí zdravotní stav člověka.

Onemocnění podpůrně pohybového aparátu je v dnešní době jedním z nejčastějších chronických onemocnění dospělých osob a jsou druhou nejčastější příčinou dlouhodobé pracovní neschopnosti. Tyto onemocnění, ve značném množství případů, vznikají vlivem nesprávného zatížení pohybového aparátu, kdy dochází k rozvoji svalových dysbalancí postupně vedoucích k nesprávnému držení těla. Preventivní opatření je třeba za tímto účelem zavádět již v dětství, kdy řada těchto onemocnění vzniká. Výrazný nárůst pozorujeme zejména u dětí mladšího školního věku, kdy dochází takřka skokově k záměně spontánní pohybové aktivity za dlouhodobé statické zátěží v rámci školního vyučování [Kratěnová, Žejglicová, Malý a Filipová, 2008].

Souběžně s nedostatečnou kompenzací dlouhodobého sezení má na vznik vadného držení těla značný podíl také ergonomicky nevyhovující školní nábytek [Filipová, 2009]. Obecná koncepce vzdělávání je v současné době stále orientována hlavně na frontální styl výuky. Ten z jeho podstaty minimalizuje pohyb v průběhu vyučování a podněcuje studenty k dlouhodobému vzpřímenému statickému sedu. Za tímto účelem je navrhován i aktuálně využívaný konvenční školní nábytek, který žáky ve zmíněném způsobu statického sedu podporuje a neumožňuje potřebnou dynamiku sedu a pravidelnou změnu poloh, která je zcela zásadní pro správný a zdravý tělesný vývoj dětí.

Cílem projektu bylo v první části podrobně zmapovat současný stav školního nábytku a z pohledu designu vyhodnotit jeho stávající nedostatky. V druhé části následně přijít s vlastním řešením dané problematiky, která získané poznatky z první části práce zohlední. Výsledný produkt přitom musí současně splňovat veškeré tuzemské legislativní požadavky a obecně musí být připraven pro pozdější sériovou výrobu a uvedení na trh společností Santal spol. s r.o.

Základní pojmy, týkající se problematiky školního nábytku, správného držení těla a dlouhodobého statického sezení jsou podrobně popsány v teoretické části práce, která současně obsahuje i výsledky vlastního měření prezentované formou

tabulek a grafů. Výzkumná zjištění a vlastní řešení projektu byly průběžně konzultovány s odborníky na jednotlivá témata. Výsledný produkt vznikl ve spolupráci se společností Santal spol. s r.o. s cílem projekt následně překlopit do reálné praxe.

## **1.2 Vlastní motivace a osobní přístup k dané problematice**

Úvodním podnětem k sepsání práce byla retrospektivní vzpomínka na tristní situaci estetiky školního nábytku jako celku. Ten se, bez hlubších znalostí týkajících se legislativních, finančních a výrobních omezení, jeví z perspektivy designu jako nepochopitelně amatérský, banální a esteticky nekvalitní. Obecně ve většině případů působí jako produkt, kterému se za poslední roky vyhýbá jakýkoli designový vývoj. Tento podnět se postupně přetavil v širší zájem o dané téma, které se s každým krokem projevovalo komplexněji.

Všeobecně se jedná o velmi rozsáhlou problematiku, která je do značné míry zmapovaná pouze teoreticky. Existují rozsáhlé studie zaměřující se na problematiku školního sezení, nedostatečné kompenzace statického zatížení a v neposlední řadě i vlivu dlouhodobého sezení na výkon jednotlivce. Samotný design školního nábytku v kombinaci s principy třídního vzdělávání tak může za určitých okolností působit preventivně a v konečném důsledku ovlivnit budoucí stav pohybového aparátu jedince v dospělosti.

Aktuální situace na poli produktů však nenabízí příliš kvalitní řešení, které by se danou problematikou hlouběji zabývaly. Na trhu s dostupnými produkty tak stále nalezneme převážně klasické kompenzační pomůcky jako sedací klíny a balanční míče, přičemž ani jeden z těchto produktů není pro reálné použití v rámci výuky zcela vhodný. Ve školách je z tohoto důvodu vídáme jen zřídka. Současně v poslední době, minimálně v portfoliích firem, stále častěji narážíme na "ergonomicky kvalitnější" dynamické židle, které by údajně měly být pro žáky zdravotně výhodnější, jejich skutečný přínos v tomto směru je však minimálně spekulativní.

Komplexnost tématu logicky vybízela k přistoupení k dané problematice v širším kontextu. Ambicí projektu se za tímto účelem stalo přijít s řešením školního sezení, které je uživatelsky vhodné, ergonomicky kvalitní a v průběhu vývoje jsou jednotlivá rozhodnutí podložena reálnými daty. Finální produkt by tak měl být alternativou k současnému stavu, avšak alternativou funkční a reálně použitelnou, nikoliv utopickou.

## **1.3 Metodika práce, předmět výzkumu**

S ohledem na charakter práce bylo naprosto nezbytným předpokladem pro vytvoření smysluplného finálního konceptu, přijít s postupným vývojovým procesem,

který na sebe bude v jednotlivých, po sobě jdoucích krocích logicky navazovat. Celý proces je založen na kontextových faktorech a datech, které slouží jako podklad a současně jako limity stanovené pro průběžné koncepční řešení.

Úvodní část práce se zabývá obecnou analýzou problematiky školního nábytku. Definuje typologii nábytkového segmentu a detailně popisuje jednotlivé způsoby jeho použití. Současně je proveden rozbor různých typů sezení v souvislosti se školní výukou, jejich ergonomie a obecný vliv na pohybový aparát. V neposlední řadě je zde uveden stručný přehled historie školního sezení a porovnání se současným stavem.

Předmětem výzkumu je detailní porozumění způsobu použití školního nábytku v rámci vyučovacích hodin. Primárním cílem výzkumu bylo jednoznačně definovat a ověřit hypotézy vzešlé z úvodní analytické části. Na základě vlastního pozorování, měření a testování na základních školách, bylo postupně sesbíráno velké množství dat, které byly v následném kroku interpretovány v podobě tabulek a grafů. Fyzická účast ve školním vyučování současně přinesla velmi cenné informace týkající se chování žáků v průběhu vyučování, způsobu výuky a využívání jednotlivých kusů školního nábytku jako takového. V tomto kroku bylo stěžejní získat komplexní představu o zamýšleném fungování navrhovaného konceptu a připravit si tak definiční soubor požadavků pro pokračující vývojovou fázi.

Cílem posledního kroku práce je samotný návrh řešení, které zohlední východiska a informace získané v předchozích fázích projektu. Tato část zahrnuje nelineární vývojový proces, v jehož průběhu jsou jednotlivé kroky kriticky konfrontovány s realitou a definovanými mantinely. Na vlastní řešení je nahlíženo s odstupem a konkrétní poznatky jsou zpětně zapracovány v následných verzích konceptu. Jednotlivé pracovní verze jsou dle možností rozpracovány do prototypů, které jsou metodicky analyzovány a testovány s cílem získat relevantní data pro vyhodnocení a ověření vzniklých řešení. Na základě těchto dat a obecných poznatků vzniklých v průběhu vývoje je finalizován produkt, který splňuje úvodní specifikované zadání.

## 2 Analytická část

Důsledné zpracování analytické části bylo zcela klíčové pro další uchopení projektu a definování problematiky spojené se školním sezením. Následující kapitoly proto rozebírají jednotlivé aspekty spojené s aktivitami žáků ve školním prostředí, stejně jako současný a historický stav nábytku pro vzdělávací instituce.

### 2.1 Podpůrně pohybový aparát

Vzpřímený postoj člověka a jednotlivé pohybové či postojové úkony zabezpečuje takzvaný podpůrně pohybový systém. Ten můžeme z definice rozdělit na pasivní a aktivní složku. Pasivní složku tvoří kosti mající nosnou funkci těla. Naopak aktivní složka je tvořena svalovou soustavou, která udržuje tělo v jednotlivých polohách a současně zajišťuje jeho aktivní pohyb [Čermák, 2008].

#### 2.1.1 Svalová soustava

Lidské tělo disponuje třemi typy svaloviny – hladkou, srdeční a příčně pruhovanou, přičemž poslední jmenovaná zajišťuje vzpřímenou polohu těla a pohyby jeho částí. V součtu tvoří veškerá svalovina přibližně 40 % celkové hmotnosti lidského těla [Elišková, 2006]. Příčně pruhované svaly dále dělíme na dvě kategorie – posturální a fázické. Liší se od sebe funkcí a typem stahu. Svaly fázické mají prudký stah a uplatňují se především při rychlém pohybu částí těla. Zároveň se tento typ svalů velmi rychle unavuje a má proto sklon k postupnému ochabování. Naopak posturální svalstvo má stah pomalý, s dlouhotrvajícím napětím, a uplatňuje se primárně při statickém postavení částí těla a celkové postavy. Narozdíl od svalů fyzických mají svaly posturální sklon ke zkracování [Čermák, 2008].

#### 2.1.2 Anatomie a funkce páteře

Lidská páteř zabezpečuje několik funkcí zároveň. Společně se svalovým korzetem páteře se podílí na vzpřímeném držení těla, jeho pohybu a v neposlední řadě tvoří důležitou ochranu části nervového systému [Šrámek, 2011].

Páteř tvoří u dospělého člověka jednu třetinu jeho tělesné výšky. Celkově se skládá z 33 až 34 kostěných obratlů, z toho 7 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových, srostlých v kost křížovou a 4-5 kostrčních, pevně spojených v kostrč. Jednotlivé obratle jsou spojené chrupavčitou ploténkou a meziobratlovými klouby. Výjimkou je spojení prvního obratle s lebkou, a prvního a druhého krční obratle.



Jednotlivé obratle mají kosterní výběžky, na které jsou upnuté vazy a svaly, které spolu se vzdálenějšími svalovými skupinami zajišťují správný pohyb a skloubení celé páteře. Ta má nosnou funkci celého trupu a za tímto účelem se jednotlivé obratle směrem k pánvi zvětšují. Nejmohutnější jsou pak bederní obratle páteře nad křížovou kostí, na které je vyvíjen největší tlak [Elišková, 2006].

Páteř je zakřivena ve dvou rovinách – sagitální a frontální. V sagitální rovině pozorujeme krční a bederní lordózu (prohnutí vpřed) a hrudní a křížovou kyfózu (prohnutí vzad) [Elišková, 2006]. Tento profil zakřivení je způsobeným hmotností útrobu a tahem jednotlivého svalstva trupu, které se uplatňují při udržování vzpřímeného držení těla.

Vývoj a růst páteře je nerovnoměrný a pomalý proces, který, společně s růstem celého těla, kulminuje mezi desátým a sedmáctým rokem. K největším růstovým změnám přitom dochází v oblasti bederní páteře [Dylevský, 2000 prostřednictvím Sedláčková, 2012].

Ze správného zakřivení páteře lze logicky odvodit i zakřivení vadná. Ty se mohou nacházet jak ve frontální, tak i v sagitální rovině. Ve frontální disproporcii hovoříme o skolióze a v sagitální rovině potom o plochých, prohnutých anebo kulatých zádech [Elišková, 2006].

### **2.1.3 Mladší školní věk a podpůrně pohybový aparát**

Mladší školní věk je dle Baškové [2009] období od začátku povinné školní docházky do období prvních náznaků pohlavního zrání, tedy zhruba mezi šestým a jedenáctým rokem života.

Pro toto období vývoje dětí je charakteristický motorický neklid a zhoršená koordinace pohybů. Děti se v návaznosti na zvýšenou rychlost růstu učí ovládat své končetiny a vyrovnávají se s růstem dlouhých kostí. V důsledku tohoto rychlého růstu a s ním spojené oslabení nervové soustavy, mají děti zvýšenou únavnost a tím pádem vyšší potřebuje pohybové aktivity. Kostra ani korzet ještě nejsou zcela vyvinuty a postupně se také vyvíjí zakřivení páteře. Kolem šestého roku se taktéž začíná vyrovnávat nepoměr ve vývoji svalů a začínají se na rozdíl od předškolního věku, kdy se vyvíjí více velké svaly, vyvíjet i svaly malé a tím pádem i jemná motorika [Krejčí a Bäumeltoová, 1999].

Neúplně vyvinutý podpůrně pohybový aparát je logicky náchylnější ke vzniku vlastních deformit a vad, které mohou postupem času přerůst do závažnějších onemocnění. K těmto deformitám ve školním prostředí přispívá nečastěji dlouhé sezení, nošení těžkých školních aktovek a nedostatečná pohybová aktivita v průběhu dne [Rašev, 1992].

## 2.2 Držení těla

Vzpřímené držení těla a pohyb po dvou končetinách je charakteristický znak člověka, na jehož udržování se podílí podpůrně pohybový aparát. Páteř a obecně stavba lidského těla je vystavená ve svislém směru proti působení gravitace, přičemž při udržování správného držení postavy by mělo docházet k minimálnímu vynakládání energie [Čermák, 2008].

Dle Bartošové [1991] je držení těla a chůze, tvořící základ lidské motoriky, individuálně odlišné a každý jedinec si stereotypy pohybu a vzpřímeného držení těla osvojuje samostatně a postupně. Jedná se o dynamický jev vyvíjený po celou dobu života, závisející na vnitřních a vnějších podmínkách, přičemž podle Srdečného [1978 prostřednictvím Peňázová, 2016] může momentální držení těla ovlivnit například i duševní zdraví dítěte. V průběhu života se tak mění tělesná proporcionalita a vzniká specifické zakřivení páteře i tvar hrudníku [Haladová, 2005].

### 2.2.1 Správné držení těla

Za správné držení těla můžeme považovat stav, kdy je účinek gravitace plně kompenzován a žádná ze složek podpůrně pohybového aparátu nejeví zjevné známky funkčního selhání či oslabení [Matoušová, 1995]. Hnízdil, Šavlík a Chválková [2005] definují správné držení těla jako "vzpřímený postoj, souměrný rozvoj svalstva, přirozené zakřivení páteře v podobě krční a bederní lordózy, hrudní kyfózy a přiměřené svalové napětí".

Vzhledem ke skutečnosti, že pojem správné držení těla podléhá individuálním rozdílům, je dle Čermáka [2008] nemožné stanovit všeobecně platnou normu. Zavedí tedy termín zvaný ideální postoj, který můžeme považovat za určitý obecný standard správného držení těla. Ten popisuje shodně s Pernicovou [1993, prostřednictvím Sedláčková, 2012] jako: "Stoj s hlavou vzpřímenou, krkem vytaženým vzhůru a bradou svírající s krkem úhel 90°. Hrudní kost směřuje vzhůru a vpřed, ramena jsou rozložena do šířky a spuštěna dolů, paže volně u těla, palce směřují vpřed, lopatky jsou stažené dozadu a dol. Pánev je podsazená, břišní a hýžděové svaly v přirozeném napětí. Dolní končetiny jsou v rovné ose, kolena i kotníky se lehce dotýkají, chodidla stojí rovnoběžně s prsty rovnoměrně rozloženými po podložce."

Na držení těla má navíc značný vliv poloha pánve. V důsledku funkce pánve jakožto nosného rámu páteře má jakákoli její změna polohy přímý vliv na páteřní křivku. Správnou polohu pánve zabezpečují dvě skupiny svalů. První skupinu tvoří svaly břišní, které vytahují přední okraj pánve vzhůru, a svaly hýžděové, za kyčelními klouby stahující pánev dolů. Druhou skupině poté svaly bederní, které vytahují zadní okraj pánve vzhůru, a bederokyčelní na straně druhé, jejichž úkolem je pá-

nev i páteř stahovat dopředu dolů. První skupina svalů pánev zdvihá neboli podsa-  
zuje. Úkolem druhé skupiny je pak pánev naopak překlápět, což zvětšuje její sklon  
[Čermák, 2008].

Při vzpřímeném sedu by měla být pánev taktéž překlopena lehce vpřed, při-  
čemž zakřivení páteře popsané výše by mělo zůstat v této poloze zachováno.  
Hrudník zůstává otevřený a ramena volně spuštěná. Důležité je současně postave-  
ní dolních končetin. Ty by měly být rozkročeny svírajíc úhel větší než 45° a poloha  
výškové roviny kyčlí v ideálním případě o něco vyšší než rovina kolen [Muchová  
a Tománková, 2010].

### **2.2.2 Vadné držení těla**

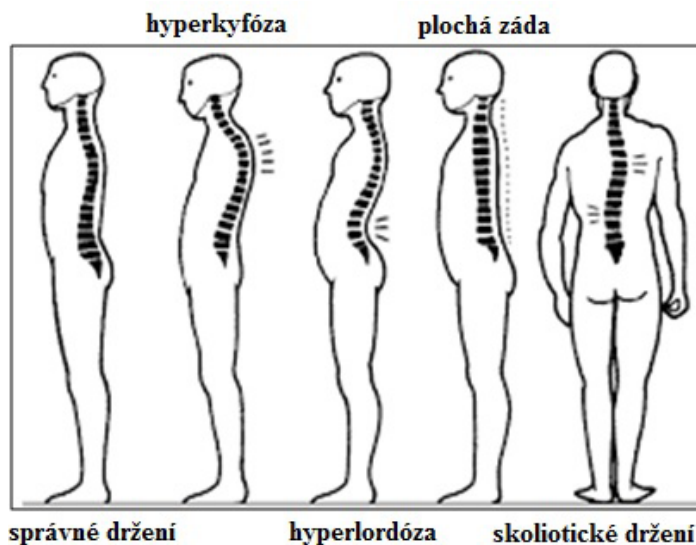
Vadné držení těla je definováno jako porucha posturální funkce pohybového  
systému, kdy dochází k odchýlení od fyziologického stavu [Hnízdil, 2005]. Dochází  
tedy k oslabení pohybového systému, který není nadále schopný plnit svou běž-  
nou posturální funkci. Vadné držení těla je viditelné na první pohled a to změnou  
postoje a tvaru těla či jeho částí. Nejvíce patrné je zpravidla na zakřivení páteře,  
kterou v návaznosti na charakter a lokalizaci vady nazýváme jako kyfotické, lor-  
dotické či skoliotické [Čermák, 2005]. Současně ho obvykle doprovázejí i další pří-  
znaky typu posturálních bolestí v důsledku přetížení zastupujících svalů křečovým  
stahem. Ve většině případů je tento stav způsoben dysbalancí mezi posturálním  
a fázickým svalstvem. Posturální svaly mají sklon ke zkracování se a naopak fázické  
k postupnému funkčnímu ochabování. Dojde-li ke stavu, kdy výkon posturálního  
svalu převažuje nad svalem fázickým, začne docházet k pokřivenému držení těla  
v příslušné oblasti páteře [Tichý, 2000].

Přestože se vadné držení těla v posledních letech vyskytuje čím dál častěji  
i u dětí v předškolním věku, nejvýraznější vzestup výskytu těchto vad pozorujeme  
po nástupu do škol a s ním spojenou změnu v režimu dítěte [Faierajzlová, 2005].  
Neorganizovaný libovolný pohyb dětí doma či v předškolních zařízeních je v zása-  
dě skokově nahrazen nuceným zdlouhavým sezením ve školních lavicích. Ty jsou  
navíc v alarmujícím množství případů ergonomicky nevyhovující specifickým roz-  
měrům jednotlivých žáků. Současně bývá dlouhodobé sezení v rámci vyučovacích  
hodin nedostatečně pohybově kompenzováno.

Konkrétní příčiny vzniku a postupného rozvoje vadného držení těla obecně dě-  
líme na dvě samostatné skupiny – vnitřní a vnější. Do první jmenované skupiny  
řadíme převážně vrozené vady (rozdílná délka končetin, zešikmená pánev, vady  
zraku a sluchu), úrazy či onemocnění prodělaná v průběhu života. Naopak druhá  
skupina, tedy vnější příčiny, výrazněji souvisí s každodenním režimem dítěte. Čer-  
mák [2008] uvádí jaké nejčastější příčiny spadající do této skupiny dlouhotrvající

jednostranné zatížení, nevhodné pohybové návyky a nedostatek svalové činnosti. Ve školním prostředí se jedná převážně o dlouhodobé nesprávné sezení v lavici v kombinaci s nedostatek pohybové aktivity, která by jednostranné statické zatížení náležitě kompenzovala. Podle Gilbertové [2002] je pak samotné špatné sezení v lavicích způsobené primárně nevyhovujícím školním nábytkem.

Podle Peňázové se určitá vada držení těla vyskytuje u 25 až 40 % populace dětí [2016], přičemž nejčastější z nich jsou chabé držení těla, hrudní hyperkyfóza, bederní hyperlordóza, plochá záda a skolióza.



Obr. 01: Vadné zakřivení páteře

### 2.2.3 Způsoby sezení

Rozlišujeme tři základní běžné typy sezení, které ze zdravotního hlediska považujeme za správné – sezení přední, střední a sezení zadní. Do jednotlivých typů poté spadá neurčité množství jednotlivých poloh závislých na charakteru činnosti. Při dlouhodobém sezení je žádoucí jednotlivé polohy průběžně měnit a ulevit tak jednotlivých přetěžovaným partiím.

#### 2.2.3.1 Přední, střední a zadní sezení

Při předním sezení je trup těla nakloněn směrem vpřed a zatěžovaná sedací plocha se nachází před hrboly sedacích kostí současně se zadní stranou steh. Při tomto typu sezení se pánev překlápí směrem dopředu a tím lépe navozuje vzpřímení držení trupu těla. Přední sezení se nejčastěji vyskytuje u činností vykonávaných na pracovní ploše, kde se trup těla naklání přes její okraj. Vzniká tak stav

bez opory zad, který může při dlouhodobém sezení vést ke zvýšenému statickému přetížení zádočných svalů vedoucí k zaujetí sedu v kulatými zády. Současně při špatně tvarovaném sedáku hrozí sklouzávání trupu vpřed a přetěžování chodidel [Gilbertová, 2002].

U středního sezení největší tlak působí na čtverec skládající se z hrbolů sedací kosti a zadními plochami stehen. Tento typ sezení umožňuje současně jak vzpřímené sezení, tak i sezení s kulatými zády. Současně dochází k samovolnému předklonu krční páteře v jejímž důsledku může docházet k jejímu přetěžování [Gilbertová, 2002]. Pro práci na v poloze středního sezení je vhodné pracovní místo doplnit o nakloněnou pracovní plochu.

Narozdíl od předního sezení je při zadním sezení trup těla nakloněn směrem od vertikální roviny směrem vzad. Při správném podepření pánve je tato pozice nejméně únavná a dochází k nejmenšímu tlaku na meziobratlové ploténky bederní páteře. Současně je v této poloze minimalizované stlačení břišních orgánů a silové opření o zádočnou opěrku umožňuje uvolnit zádočné svaly. Nicméně při nesprávném podepření pánve a beder může docházet k oploštění bederní lordózy. Obecně platí, že by se zadní sezení, vzhledem k omezené pohyblivosti hlavy a paží, mělo využívat primárně při poslechu přednášené látky nebo při pohledu na monitor. V opačném případě vede k výraznému předsunutí krční páteře [Rašev, 1992].

Jak Rašev [1992], tak i Gilbertová [2002] shodně uvádějí, že ideálním stavem je takzvané dynamické sezení, při kterém se jednotlivé polohy v čase střídají a nedochází tak k dlouhodobému statickému přetěžování páteře a svalů v jednom směru.



Obr. 02: Přední, střední a zadní sezení

### 2.2.3.2 Alternativní typy sezení

Alternativní typy sezení běžně slouží jako podpora pro správné držení těla při práci či k zvýšení dynamičnosti sedu. Narozdíl od běžných typů sedacího nábytku se doporučují používat výhradně jako doplněk k běžnému typu sezení.

Mezi nejběžněji dostupné patří takzvané klekačky, balanční míče či židle se specificky tvarovanými sedáky. Nevýhodou těchto typů je zaměření na jeden specifický posed, kdy se polohy při jeho používání nedají v čase střídat. To může mít při dlouhodobém statickém používání za následek přetížení určitých partií a tím pádem opačný efekt.

### **2.2.3.3 Školní sezení**

Změna denního režimu dítěte vlivem nástupu do povinné školní docházky způsobuje výraznou změnu v jeho denním spektru pohybových činností. Ze spontánního, takřka neomezovaného pohybu v rámci aktivit v předškolních zařízeních, dochází v podstatě skokově k nucené statické dlouhodobé zátěži způsobené výukou ve školních lavicích. Tato dlouhodobá statická a často i asymetrická zátěž podněcuje u dětí mladšího školního věku vadné držení těla, které bývá hlavní příčinou při vzniku poruch posturálního systému.

V učebních prostorách nejčastěji pozorujeme dva typy sedu odpovídající charakteru činností, které děti ve školách vykonávají. Při poslechu nové látky či společné rozpravě pozorujeme sezení zadní, popsané v kapitole 2.2.3.1. Jedná se o odpočinkovou polohu, při které je trup opřený o zádovou opěrku, která tím přebírá část váhy těla. Naopak při činnostech vyžadujících aktivní práci na pracovní ploše žáci zaujmají polohu aktivní, tedy sed přední. Jedná se o polohu, ve které jsou namáhané primárně zádové pásové svaly a je tak pro člověka obtížné v ní setrvat delší dobu. Často proto tendenčně dochází k nežádoucímu kulacení zad. Žáci v průběhu vyučovacích hodin mezi těmito polohami plynule přechází a kvalita jejich posed se v jednotlivých polohách s postupem času a průběžně narůstající únavou v průběhu dne zhoršuje [Srdečný, 1978].

Nesprávný sed a s ním spojený negativní vliv na zdraví dětí je do značné míry ovlivňován používaným školním sedacím nábytkem. Ten svými rozměry vychází z antropometrických rozměrů dětí a měl by být do tříd volen dle jednotlivých rozměrů žáků. Zároveň je třeba věnovat pozornost jeho ergonomii a správnému rozmístění a orientaci ve třídě [Kolísko, 2003].

## **2.3 Ergonomie**

Ergonomii definujeme jako obor, který se zabývá studiem interakce mezi člověkem a pracovním prostředím. Cílem tohoto procesu je vyvinout co nejpohodlnější, nejefektivnější a bezpečné prostředí pro uživatele. Správné a cílené použití ergonomie vede ke zvýšení produktivity práce a ke snížení fyzických diskomfortů.

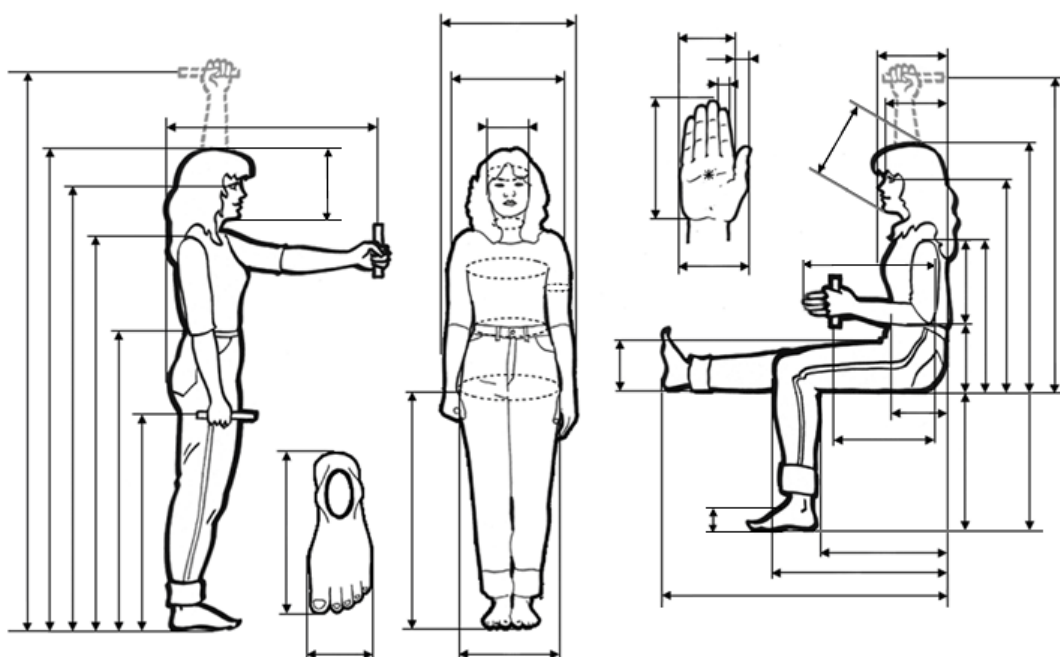
V kontextu školního nábytku má ergonomie značný vliv na zdravotní a fyzickou pohodu dětí. Kvalitní školní nábytek navržený s ohledem na ergonomické požadavky vycházející z antropometrických rozměrů pomáhá studentům udržovat správnou polohu těla a snižuje rizika vzniku diskomfortu, bolestí a předčasné únavy.

### 2.3.1 Antropometrie a její úloha v ergonomii

Antropometrie je vědní obor, který se zabývá měřením a analýzou rozměrů a proporcí lidského těla. V procesu měření je zkoumána celá řada rozměrů a proporcí těla, jako jsou například výška, délka končetin, šířka ramen, hloubka sedu, délka paže, ale i obvod relaxovaného trupu či dosah vzhůru vestoje jednoruč .

Při navrhování ergonomického prostředí a pracovních pomůcek je nutné zohlednit relevantní antropometrické charakteristiky očekávaných uživatelů. Ty se mohou lišit například v závislosti na věku, pohlaví, národnosti, tělesné kondici nebo zdravotním stavu [N-I-S, 2013]. Obecně můžeme antropocentrická data v ergonomii rozdělit na dvě skupiny – strukturální data a funkční rozměry těla. První jmenované vychází ze základních pozic těla jako je sed, stoj či leh. Funkční rozměry se naopak používají k popisu pohybu těla či jeho určité části vzhledem k definovanému fixnímu referenčnímu bodu [Bridger, 2003]. Konkrétní data se následně interpretují do ergonomických a rozměrových požadavků na produkty nebo pracovní prostředí pro zvolenou skupinu uživatelů.

V procesu návrhu školního nábytku je důležité zohlednit antropometrické cha-



Obr. 03: Antropometrické rozměry člověka



rakteristiky dětí v různých věkových skupinách, protože každá věková skupina má odlišné rozměry a proporce těla. Ve školním prostředí sledujeme především antropometrické rozměry jako výška těla, výška očí, výška ramen, výška lokte, šířka ramen, šířka boků v sedě, vzdálenost hýždě kolena, délka dolní části stehna, výška podkolenní jamky v sedě, dosah vzhůru vestoje jednoruč nebo obouruč a rozsah horních končetin v sedě [Kanická, Holouš, 2011].

Při návrhu nábytku je tedy nutné zaměřit se zejména na délku sedáku, hloubku sedáku, výšku sedáku, výšku opěradla a výšku stolu [Kanická, Holouš, 2011].

### **2.3.2 Ergonomie školního sezení**

Správná ergonomie pracovních míst ve školských zařízení je klíčová pro zdravý tělesný vývoj dětí a v rámci času tráveného ve škole přímo souvisí s výkonem dětí ve vyučovacích hodinách. Je tedy nutné dbát na pečlivý výběr školského nábytku a jeho přiřazení k jednotlivým žákům ve třídách. Současně je vhodné žáky o ergonomie pracovního místa poučit a stav v průběhu školního roku kontrolovat.

#### **2.3.2.1 Školní židle**

Výška sedací plochy židle by měla být odvozena od výšky podkolenní jamky. Příliš vysoký sedák způsobuje kompresi dolní části stehna, zatímco příliš nízký sedák vede ke kulacení zad při sedu. Obecně se doporučuje používat sedák, který je přibližně o 3–5 cm nižší než délka bérce tak, aby se chodidla dotýkala celou plochou země. Při sezení s plně opřenými zády by měl být optimální úhel v kyčli mezi 90° a 120°. Sezení na vyšším sedáku umožňuje zachování bederní lordózy při menším úhlu flexe v kyčelním kloubu, ale může vést ke zvýšenému nepohodlí v dolních končetinách a tlaku na spodní část stehna. Pro docílení vhodné výšky sedadla je důležitá také výška pracovní plochy, která by měla být nastavena až po stanovení výšky sedadla [Faierajzlová, 2009 prostřednictvím Sedláčková, 2012].

Šířka sedadla by měla být zvolena se záměrem, aby na sedací ploše vznikl dostatečný prostor pro boky a spodní část trupu. Při delším sezení je vhodné mít plochu sedadla o něco širší, aby bylo umožněno střídat jednotlivé polohy. Hloubka sedáku by měla být vždy zvolena tak, aby nedocházelo ke stlačování podkolenní oblasti a zároveň umožňovala správné užití opěradla. Mezi přední hranou sedáku a osou lýtkového svalu by měla být mezera 5–10 cm. Pokud je sedák nadměrně dlouhý, znemožňuje správné použití zádového opěradla, trup se v tomto případě posouvá dopředu, což opět vede ke kulacení zad nebo sezení na předním okraji sedáku bez podpory bederní oblasti. Současně vede ke stlačení zadní části lýtek. Naopak je-li sedák příliš krátký, vede ke kompresi zadní části stehna a hýždí a sni-



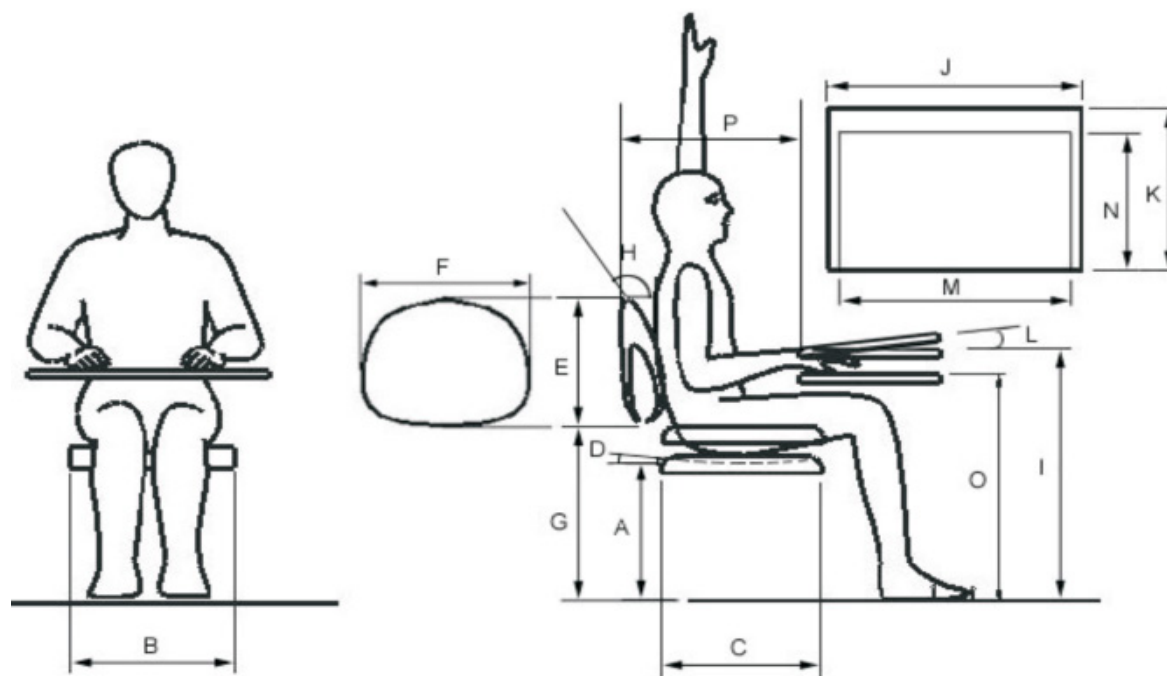
žuje pocit stability. Okraj sedáku by měl být v ideálním případě zahnutý, aby se omezil tlak na přední část stehen. (Gilbertová a Matoušek, 2002).

Opěradlo by mělo být anatomicky tvarované tak, aby záda podpíralo zhruba ve vzdálenosti 4 až 5 cm pod dolním úhlem lopatek a dolní hrana opěradla by měla být 16 až 17 cm nad sedadlem. Správné rozměry a výška opěradla jsou důležité pro rovnoměrné podepření bederní oblasti páteře, což uvolňuje tlak na meziobratlové ploténky a zamezuje přetěžování svalstva v oblasti vedoucí ke kulacení zad [Faierajzlová, 2009 prostřednictvím Sedláčková, 2012].

### 2.3.2.2 Školní lavice

Výška školní lavice by měla být odpovídat stavu, kdy se pracovní plocha stolu nachází ve výšce loktů volně spuštěných paží sedícího žáka [Faierajzlová, 2009 prostřednictvím Sedláčková, 2012]. Rozměry desky musí současně respektovat funkční rozměry a potřebný prostor pro vykonávání pracovních činností v průběhu vyučování. V ideálním případě by měla být pracovní plocha stolu úhlově podélně naklonitelná směrem k žákovi. Mírně skloněná deska lavice je výhodná zejména při čtení a psaní a podněcuje děti k dodržování správného sedu při práci [Hnízdil, Šavlík, Chválová, 2005].

## 2.4 Vliv sezení na pohybový systém



Obr. 04: Ergonomické rozměry školního nábytku

Dlouhodobé statické sezení má řadu negativních důsledků na pohybový systém. Mezi nejčastější patří přetěžování svalového systému, který reguluje tlak na meziobratlové ploténky, v jehož důsledku vznikají bolestivé stavy v bederní oblasti. Správnému držení těla je tedy nutné věnovat pozornost, zvláště u dětí v mladším školním věku [Machová a Kubátová, 2009].

### **2.4.1 Sezení a držení těla**

Při dlouhodobém statickém sezení bez správné bederní opěrky dochází ke změnám v držení těla vlivem přetížení některých svalů a následkem toho ke kulacení zad a celkové změny posedu těla. Nesprávné kulaté sezení se vyznačuje naklápěním pánve směrem vzad, čímž dochází k oploštění bederní lordózy a vyklenutí hrudní kyfózy [Čermák, 2008].

Jako vhodné sezení se tedy uvádí posed, kdy se obě nohy dotýkají současně podlahy a zmírňují tak tlak na zadní stehenní svaly. Rovina procházející kyčelními klouby musí být o pár centimetrů vyšší než rovina protínající kolenní klouby. Úhel mezi stehenní kostí a trupem těla by tedy měl být větší než 90°. Stejnou hodnotu by měl svírat i úhel mezi stehny a lýtky [Rašev, 1992]. Peňázová [2016] dále uvádí, že pro správnou funkci postaráních svalů je nutné držet tělo ve vzpřímené poloze, ramena nechat volně svěšená dolů a hlavu držet v prodloužení páteře.

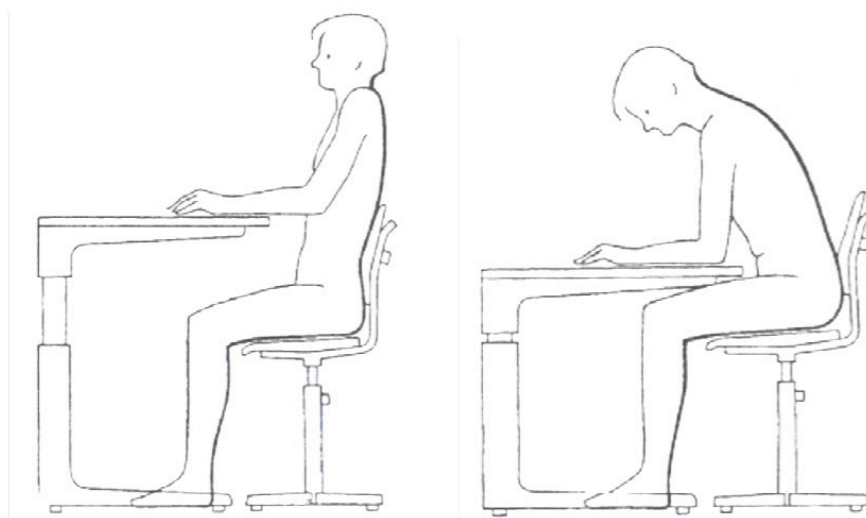
### **2.4.2 Školní nábytek a držení těla**

Držení těla při sezení ve školních lavicích je podmíněno správnými rozměry židle a stolu. Jejich špatná volba má přímý vliv na vznik vadného sedu. Mezi nejčastější příčiny patří příliš vysoký nebo nízký sedák, vysoké opěradlo nebo nadměrně dlouhý sedák.

Vysoký sedák způsobuje, že chodidla nedosahují podlahy, což vede k nedostatku opory zad při sedu. Naopak nízký sedák způsobuje posed, kdy se trup naklání nad pracovní stůl. V obou případech se tak zvyšuje riziko vzniku kyfotizace páteře. Příliš vysoká bederní opěrka způsobuje přemístění podpory do oblasti hrudních obratlů, což má za následek pokřivení v oblasti bederní části páteře. Příliš dlouhý sedák zasahuje do oblasti podkolení, což znemožňuje opření zad při poloze nohou na podlaze a vede k ochablému až zhroucenému držení těla na židli [Gilbertová, 2002; Rašev, 1992].

Dalším zdrojem negativního vlivu může být nesprávná výška a sklon pracovní desky u školní lavice. Pokud je lavice příliš vysoká, dochází vlivem neúměrně vysokého podložení loketních kostí ke zvednutí ramen a přetížení šíjových svalů

a dalších struktur krční páteře. Nízká lavice naopak způsobuje předklon a předsun hlavy, což opět vede ke kyfotizaci páteře. Vodorovná pracovní deska přispívá ke kulatému sedu s předklonem a předsunem hlavy, což způsobuje napětí a bolest v oblasti krční páteře [Gilbertová a Matoušek, 2002].



Obr. 05: Nevhodná výška pracovní desky stolu

### **2.4.3 Tělesný diskomfort a poranění**

Nejčastějšími následky pravidelného dlouhodobého statického sezení bývá přetěžování měkkých tkání a funkční poruchy páteře. Při dlouhém sezení s předklonem hlavy a krku může současně docházet i k bolestem hlavy či krční páteře. Výška pracovní desky může rovněž ovlivnit bolest v oblasti trapézových svalů [Rašev, 1992].

Dlouhodobý sed ve spojení s nedostatkem pohybu může v delším horizontu vést k rozvoji osteoporózy a omezení žilního návratu vlivem snížení aktivity lýtkových svalů [Čermák, 2008].

Statické sezení v jedné poloze a permanentní tlak na specifické body nutí děti ke změnám poloh v průběhu vyučovací hodiny. Jedním z nejčastějších způsobů úlevy od tlaku na spodní stranu stehen je takzvané sezení s nohama křížem. V této pozici dochází k nerovnoměrnému zakřivování páteře a pánev s dolními končetinami je rovněž nadměrně zatěžována tlakem podepřené nohy [Fousová, 2011].

Nevhodné tvarování sedáku může vést k nerovnoměrnému rozložení tlaku na sedací plochy končetin a tím k přetížení specifických bodů a vzniku bolestivých stavů. Ostrá hrana sedáku současně vytváří nadměrný tlak na spodní stranu stehen omezující krevní cirkulaci v oblasti stehen.

Dylevský [2000] uvádí, že kulaté sezení může způsobit, v důsledku nerovnoměr-

ného tlaku působícího na plotéku, poškození meziobratlových plotének v oblasti bederní páteře. Dále omezuje možnost břišního dýchání vlivem stlačení bránice a aktivuje pomocné svaly hrudní a krční. Tím dochází k hornímu dýchání, které způsobuje nedostatečné prokrvení mozku a tím přispívá k únavě a snížení úrovně koncentrace a výkonnosti jedince.

## **2.5 Zdroje zátěže ve škole**

Ve školním prostředí jsou děti vystavovány různým formám fyzické zátěže, což může mít negativní vliv na jejich zdraví a celkový výkon ve školním prostředí. Mezi časté zdroje fyzické zátěže ve školách patří například sedavý způsob života, nedostatek pohybu a přetížení spojené se statickou zátěží [Krejčí, 1999]. Sedavý způsob života může vést skrze špatné držení těla k poruchám páteře. Nedostatek fyzické aktivity může dále přispívat ke zvýšené hladině stresu, únavy a v neposlední řadě i nadváhu.

Mimo čistě fyzické zátěže žáky ve školním prostředí negativně ovlivňuje také například i hlučné prostředí, špatné klimatizační podmínky nebo nedostatek přirozeného osvětlení ve vyučovacích prostorách [Migliani, 2020].

### **2.5.1 Denní režim ve vzdělávacích institucích**

Režim dne ve škole je strukturovaný harmonogram, který definuje časy a aktivity během školního dne. Pravidelný režim dne je důležitý pro efektivní vzdělávání, fyzické a psychické zdraví žáků a celkovou kvalitu školního prostředí a výuky.

Školní režim dne by měl respektovat specifické zásady a dodržovat cirkadiánní biorytmy dítěte, které ovlivňují intenzitu vnímání a schopnosti učit se. V průběhu dne má křivka biorytmu dva vrcholy, mezi 8. a 12. hodinou a mezi 15. a 18. hodinou. Proto bychom měli náročné předměty zařazovat do těchto hodin a dbát na střídání činností, které zatěžují různé oblasti mozku. Celková doba strávená ve škole a přípravou na vyučování by měla být hlídána, aby nedošlo k přetížení organismu. Při vyučování je vhodné dodržovat pravidelné přestávky a zařadit do nich pohybové aktivity. Přestávky by měly být dostatečně dlouhé a věnovat se jim minimálně 10 minut [Machová a Kubátová, 2009].

Kromě toho je vhodné během dne zařazovat krátká relaxační cvičení pro uvolnění napětí, prohloubení dýchání a kompenzaci jednostranné statické zátěže. Nesprávný režim dne může vést k přetížení organismu a vlivem únavy k tzv. chabému držení těla [Hnízdil, 2005].

## **2.5.2 Statická zátěž**

Ve školním prostředí vzniká statické zatěžování organismu především v souvislosti s nepřírozeným držením těla při nadměrné sedavé činnosti spojené s režimem dne ve škole a obsahem vyučovacích hodin. Typicky se jedná o dlouhodobé sezení na židli při psaní, čtení nebo práci na počítači. Ten to typ činností ve spojení s nedostatkem kompenzační pohybové aktivity může vést ke vzniku nevhodných stereotypů a vzniku nežádoucích disbalancí a nerovnoměrnému přetěžování organismu.

Důležitou roli při předcházení nadměrné statické zátěže hraje ergonomie pracovního prostředí a kvalita školního nábytku. Nevyhovující rozměry nábytku či nedostatečná podpora bederní páteře ve spojení s nesprávným stylem sezení mohou dlouhodobě způsobovat zátěž na krční, bederní a páteřní svaly a tím vést k fyzickému diskomfortu dítěte [Gilbertová, 2002].

Nekvalitní ergonomické řešení nábytku způsobuje neadekvátní rozložení tlaku mezi jednotlivé svalové skupiny těla. Správně navržený sedák naopak může pomoci minimalizovat statickou zátěž na krční, bederní a páteřní svaly, a tím snížit riziko bolesti zad.

## **2.6 Nábytek pro vzdělávací instituce**

Vzdělávací instituce využívají širokou škálu nábytku, který je ve většině případů speciálně navržen pro využití ve školách, univerzitách, knihovnách a dalších vzdělávacích institucích či jejich částech. Výběrem správného nábytku mohou školy pozitivně přispět k výkonu studentů, jejich psychickému rozpoložení a v neposlední řadě minimalizovat nebezpečí vzniku degenerativních onemocnění páteře či podpůrně pohybového aparátu obecně [Filipová, 2009].

### **2.6.1 Typologie školního nábytku**

Nábytek pro vzdělávací instituce dělíme na několik kategorií, které se liší svými funkcemi a účely použití. Mezi nejpodstatnější druhy patří stoly, židle, skříně a úložné prostory, tabule a flipcharty, speciální nábytek pro laboratoře a technické předměty, pohovky a křesla.

Lavice a stoly jsou základním prvkem v každé vzdělávací instituci. Tento typ nábytku je využíván ve školách primárně pro aktivity spojené s průběhem vyučování v klasických třídních prostorách. Jedná se o aktivity jako je psaní, kreslení či běžná výuka. Stoly mohou mít různé tvary a jejich konstrukce může umožnit výškovou či úhlovou stavitelnost pracovní desky. Při výběru stolu nebo stolku by měla být

brána v úvahu jeho výška a velikost, aby byl ergonomický a umožňoval správnou pozici těla.

Klíčovým typem nábytku pro vzdělávací instituce jsou vhodné a ergonomicky kvalitní židle. Ty by měly respektovat antropometrické rozměry dané skupiny žáků a v ideálním případě podporovat správnou pozici těla, aby zlepšily učení a produktivitu studentů. V současné době lze narazit na široké spektrum typů. Nejčastěji zastoupenými typy jsou pevné židle dělené do velikostních tříd a židle výškově nastavitelné, které umožňují za použití nářadí měnit velikostní třídu v závislosti na typu konstrukce. Nejčastěji se jedná o možnost natavit výšku sedáku a v ojedinělých případech i výšku opěradla. Dále můžeme ve třídách narazit i na otočné židle na plynovém pístu a v ojedinělých případech i na židle s područkami.

Tabule a flipcharty jsou dalším klíčovým prvkem v každé třídě a jsou používány pro prezentace, poznámky a vysvětlení probírané látky. Jejich umístění a velikost by měli respektovat počet studentů a rozměrové dispozice učebny. Flipcharty jsou ideální pro prezentace a diskuse v pracovních skupinách [Kanická a Holouš, 2011].

Pro speciální vzdělávací oblasti, jako jsou odborné předměty, laboratoře či IT učebny, existují speciální typy nábytku specificky uzpůsobeného rozsahu činností v učebnách. Jedná se o relativně široké spektrum speciálně upraveného nábytku umožňující bezpečnou a efektivní práci v dané oblasti vzdělávání.

Učebny by měly současně disponovat doplňujícím nábytkem jako jsou skříně a úložné prostory, které studenti a učitelé potřebují pro svou práci. K podpoření diverzity činností nutné pro kompenzaci dlouhodobého sezení v hodinách dobře slouží různé pohovky a křesla, která jsou vhodná pro vytvoření relaxačních zón v učebnách nebo knihovnách. Současně mohou být také použity pro neformální diskuse a konverzace v rámci hodin.

Každá vzdělávací instituce má specifické potřeby a požadavky na konkrétní nábytek vycházející z věku a složení studentů, způsobu výuky, ale i času tráveného v zařízení. Jednotlivé kusy nábytku se logicky značně liší napříč jednotlivými institucemi [Migliani, 2020].

## **2.6.2 Historie**

Historie školního nábytku sahá až do 19. století, kdy začaly vznikat první moderní vzdělávací instituce. V té době byl nábytek v učebnách značně jednoduchý a plnil v zásadě pouze praktický účel. Jednalo se nejčastěji o řadové lavice pro více žáků tvořené jedním podlouhlým sedacím prknem spojeným se šikmou pracovní plochou, která současně tvořila opěradlo pro předchozí řadu. Koncem 19. století s příchodem nových technologií se u školního nábytku začíná využívat tvarované

dřevo. Opěradla a sedadla jsou řešena více segmenty a na pracovní ploše se objevují žlábkové pro inkoust. K vidění jsou i první ocelové podnože a pohyblivé části [Brunecký, 1993].

V 20. století došlo k výraznému rozvoji technologií a průmyslu, což se projevilo i v oblasti školního nábytku [Brunecký, 1993]. Školní nábytek se postupně vyvíjel v souladu s novými poznatky z oblasti ergonomie a pedagogiky a prioritou se stává nejen funkčnost, ale i estetika a výrobní cena nábytku [Müller a Schneider, 2010]. Mezi nejvýznačnější designéry první polovina 20. století zabývajícími se mimo jiné designem školního nábytku patří Jean Prouvé, James Leonard či Karl Nothhelfer.



Obr. 06: Jean Prouvé, School Bench 1935



Obr. 07: James Leonard, 1947

Vlivem zavedení nových materiálů a technologií do výroby se počátkem druhé poloviny 20. století začala prosazovat myšlenka o flexibilitě a variabilitě školního nábytku. Designéři se snažili vytvořit nábytek, který by se dal snadno přizpůsobit potřebám různých typů vyučování a rozdílných věkových kategorií studentů. Příkladem mohou být například židle a stoly s výškově nastavitelnými nohami, které lze přizpůsobit výšce studentů nebo stoly s nepravidelnou pracovní deskou umožňující jejich netradiční orientaci. V tomto období se profilují významné firmy specializující se na výrobu školního nábytku, příkladem mohou být německá firma VS Möbel, americká společnost Virco, nebo nizozemská společnost Ahrend.

Podle Müllera a Schneiderové [2010], se v 80. letech začínají objevovat nové trendy v oblasti školního nábytku, které kladou ještě větší důraz na víceúčelovost a komfort žáků. Nábytek se začíná vyrábět daleko častěji z materiálů jako je plast a bývá vybaven novými komponenty, například pro úpravu výšky sedáku nebo opěráku. Typickým příkladem mohou být Series E od Robina Daye.





Obr. 08: Robin Daye, Series E, 1971



Obr. 09: Arne Jacobsen, Munkegaard, 1957

V posledních desetiletích 20. století a na počátku 21. století se stále více uplatňuje trend individualizace a personalizace nábytku pro školy. Vyrábí se také nábytek s ohledem na ekologické a udržitelné způsoby výroby a využití materiálů. Nejčastějším materiálem u nových návrhů bývá plast. Mezi celosvětově nejznámější výrobce patří Steelcase a jejich židle Node nebo dlouhodobě nejprodávanější židle ve Velké Británii Postura Chair Plus nebo židle Ergostack.



Obr. 10: Wraparound, 1975



Obr. 11: Ergostack, 1992



Obr. 12: Postura Plus, 1990

### **2.6.3 Současný stav**

V současnosti je nabídka školního nábytku relativně široká a citelně se liší dle zkoumané oblasti. V Asii narazíme logicky na odlišné modely nábytku než v Evropě či Spojených Státech. Ve střední Evropě můžeme pozorovat výrobce, kteří stále



zůstávají u zaběhlých tvarových řešení, ale i firmy, které se snaží přinášet na trh se školním nábytkem inovativní řešení a produkty.

Ve školách nicméně stále nejčastěji narazíme na ocelový nábytek z profilů oválného průřezu, doplněný o překližkový sedák s opěradlem. U stolů je pak ocelová podnož spojená s dřevotřískovou deskou s laminovaným povrchem. Tento princip je k vidění v nespočtu modifikací, které jsou od sebe v mnohých případech k nerozeznání. Vyskytují se verze pevné, s výškovým nastavováním nebo i na plynových vzpěrách.

Tento typ nábytku je současně jakousi anomálií na trhu s produkty, jelikož historicky nelze dohledat původního majitele autorských práv ani průmyslového vlastnictví. Vyskytuje se tedy v nabídce takřka všech současných výrobců nábytku v Evropě.



Obr. 13: Současné školní židle z oválných trubek

Mimo tento typický a nejčastěji zastoupený typ nábytku můžeme v některých školách spatřit i modely židlí s kovovou podnoží v kombinaci s plastovou skořepinou sedáku a opěráku. Jedná se o produkty, které bývají často spojené s pružnou dynamickou podnoží umožňující dětem větší volnost v jeho používání. Tento typ židlí bohužel doprovází velmi nákladná výroba forem pro plastový skořepinový sedák, což se pochopitelně promítne do prodejní ceny, která bývá často o desítky procent vyšší než cena u konvenčních setů. Právě posledně jmenovaný faktor, tedy cena, hraje při výběru nábytku zpravidla klíčovou roli. Z tohoto důvodu jsme proto svědky tříd vybavených nekvalitním a ergonomicky nevyhovujícím nábytkem.



Obr. 14: Dynamická školní židle

Vyjma běžného školního nábytku se někteří výrobci zabývají současně i návrhy nábytku do specifických typů učeben či problematikou nábytku pro tělesně hendikepované žáky. V nabídkách běžně nalezneme i různé doplňky či kompenzační pomůcky pro použití ve výuce. Ve školách, při aktivním používání, je však nalezneme jen ojedinelé.

## 2.7 Legislativa a normy

Školský zákon číslo 561/2004 Sb., v § 29 odst. 1) hovoří o povinnosti vzdělávacích institucí přihlížet k základním fyziologickým potřebám žáků a za tímto účelem jim vytvářet vhodné podmínky pro zdravý vývoj ve školním prostředí.

Jednotlivé parametry školního nábytku určuje vyhláška číslo 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění vyhlášky číslo 343/2009 Sb., která vychází z § 7 zákona 258/2000 Sb. Zákon dále v § 11 odst. 1) ukládá institucím pro výchovu a vzdělávání povinnost vybavit své prostory nábytkem, který zohledňuje rozdílnou tělesnou výšku dětí a žáků a podporuje správné držení těla. § 21 dále uvádí, že je při výuce třeba dbát na prevenci nežádoucí jednostranné statické zátěže vybraných svalových skupin výchovou žáků ke správnému sezení a držení těla v průběhu vyučovacích hodin.

### 2.7.1 Výchozí normy pro sedací nábytek

Výrobci školního nábytku jsou v České republice povinni dodržovat normové hodnoty českých technických norem ČSN EN 1729-1: 2017 a ČSN EN 1729-2: 2017.

Jejich exaktní splnění je nutnou podmínkou k udělení výrobci certifikaci na školní nábytek.

### **2.7.1.1 Velikostní typy a druhy nábytku pro vzdělávací instituce**

Rozměrové parametry školního nábytku, odvozené od zprůměrovaných antropometrických rozměrů pro jednotlivé věkové kategorie, vychází z výše uvedených legislativních požadavků na dodržování podmínek pro zdravý vývoj a podporu správného držení a jsou uvedené v normě ČSN EN 1729-1: 2017.

Nábytek používaný ve vzdělávacích institucích norma dělí na židle s jednoduchým sklonem sedáku a příslušné stoly, vysoké židle s dvojitým sklonem sedáku a příslušné stoly, vysoké židle a příslušnými stoly, stoly pro práci ve stoje, a stoličky.

Pro všechny výše uvedené kategorie nábytku norma definuje sedm velikostních typů. Jednotlivé velikostní typy ergonomicky odpovídají běžnému rozpětí antropometrických rozměrů pro věkové kategorie.

### **2.7.1.2 Základní rozměrové parametry**

Každý velikostní typ každého druhu školního nábytku má přesně definované funkční rozměry zabezpečující komfortní sezení a dostatečnou oporu těla při výuce. Základní rozměrové parametry pro kategorii židlí s jednoduchým sklonem sedáku a příslušných stolů jsou uvedené v tabulce 1.

Tab. 01: Základní rozměrové parametry

	Vel. 2	Vel. 3	Vel. 4	Vel. 5	Vel. 6	Vel. 7
Výška stolové desky	53 cm	59 cm	64 cm	71 cm	76 cm	82 cm
Výška sedáku židle	30 cm	34 cm	38 cm	42 cm	46 cm	50 cm
Výška postavy	108–121 cm	119–142 cm	133–159 cm	46–176 cm	159–188 cm	174–207 cm

### **2.7.2 Doplnující regionální normy**

Souběžně s celoevropskou normou EN 1729-1: 2017 definující požadavky na školní nábytek existují i regionální státní doplňující normy či ustanovení, které mezinárodní evropskou normu v určitých ohledech doplňují, specifikují nebo částečně pozměňují.

Nejpřísnějším doplňujícím ustanovením s ohledem na konstrukční a tvarové požadavky školního nábytku je rakouská ÖNORM A1650. Ustanovení se odvolává na normy ÖNORM EN 1729-1 a ÖNORM EN 1729-2, tedy převzaté evropské normy,

a uvádí dodatečné požadavky na sedací nábytek s cílem vylepšit komfort sezení žákům a lépe definovat jednotlivé požadavky na konstrukční provedení školního nábytku. Norma dále popisuje důvody pro doplňující či pozměňující informace a popisuje možnosti návrhu školního nábytku.

Mezi nejvýznamnější doplňující parametry patří specifikace otočných židlí a židlí s dynamickým sedákem na běžné či konzolové podnoži. Norma dále konkrétně definuje obecné uživatelské požadavky, jako vyměnitelnost mechanicky namáhaných dílů, možnost zavěšení židle na stůl, definice prostoru pro nohy, hmotnost židlí. Specifikovány jsou i požadavky na materiál a provedení nábytku.

Zvláštní pozornost je věnována rozměrovým požadavkům na židle a převážně jejich části. U sedáku je přidána definice zaoblení přední hrany a konkrétní povolené křivky jsou uvedeny taktéž u opěrky. Rozměrové parametry uvedené v EN 1729-1 jsou v některých případech hodnotově pozměněny a částečně doplněny. Šířka sedáku je tak oproti minimálním povoleným rozměrům dle EN 1729-1 rozšířena a uvedený rozměr pro danou velikostní třídu. Stejně tak jsou stanoveny i zvětšené dimenze opěradla.

## **2.8 Vlastní výzkum a pozorování**

V rámci teoretické části jsem mimo obsahové analýzy odborných dokumentů provedl vlastní měření reálné situace na základní škole Generála Klapálka v Kraľupech nad Vltavou v listopadu 2022. Cílem měření bylo ověřit a porovnat data vyplývající z průzkumů obdobných měření na jiných školách v České republice.

### **2.8.1 Metodika**

#### **2.8.1.1 Použité metody sběru dat**

Uvedená data byla postupně získána ve čtyřech krocích. První částí bylo šetření ve třídách s cílem ověřit správnost velikostních typů školního nábytku u žáků s ohledem na jejich tělesné proporce. Vlastní měření probíhalo v druhé, čtvrté, šesté a osmé třídě. Respondenti byli nejprve uvedeni do vzpřímené polohy a následně byla opticky zkontrolována výška a hloubka sedáku, výška zádové opěrky a taktéž výška pracovní desky. Následně byla pomocí svinovacího metru ověřena výška žáka, která byla porovnána s velikostním typem nábytku. Zaznamenáno bylo rovněž zastoupení nastavitelného a pevného nábytku ve třídách.

Druhým krokem byla analýza procentuálního zastoupení jednotlivých kusů nábytku ve všech paralelních třídách na prvním stupni. Současně byly zaznamenány

vady na jednotlivých kusech nábytku ve všech třídách na obou stupních školy.

Třetím krokem bylo zaznamenání času stráveného v rozdílných pracovních polohách, konkrétně v pracovní, odpočinkové a alternativní poloze, v průběhu vyučovacích hodin. Měření probíhalo ve čtvrté třídě pomocí ručního měření. Jednotlivé časové úseky byly oddělené na základě pokynů učitelů k výkonu dané práce.

Poslední část výzkumu se zabývá zkoumáním vlivu dynamického sedu v průběhu vyučování na výkon žáka. Vyhodnocována byla soustředěnost a kreativita žáků v průběhu prvních čtyř vyučovacích hodin, přičemž první den seděli respondenti na konvenčních školních židličkách a den druhý byly židle nahrazeny balančními míči. U obou níže uvedených metod (RFFT, SART) probíhalo měření vždy na začátku a na konci vyučovací hodiny ve dvou po sobě jdoucích dnech, které byly zvolené pro největší podobnost vyučovacího rozvrhu.

Jako metoda pro sběr dat pro vyhodnocení kreativity byl zvolen The Ruff Figural Fluency Test (RFFT). Žáci měli za úkol spojit pět bodů ve vymezeném poli a vytvořit co nejvíce jedinečných návrhů za jednu minutu. Každá část měla maximálně 35 možných návrhů. Respondenti kreslili návrhy pomocí tužky na předpřipravený arch, přičemž celkový počet návrhů a chyb (opakování návrhu nebo nedodržení pravidel) byl sbírán ručně. Pravidla vyžadovala, aby se návrh nacházel pouze v daném políčku a nezasahoval do sousedního políčka ani se nepropojoval se sousedním obrázkem. Návrhy se střídavou orientací (rotací) byly považovány za jedinečné. K analýze byl použit počet originálních návrhů a počet chyb v daný časový úsek.

Nástrojem pro měření soustředěnosti byl zvolen Go/No-go test, konkrétně pak Sustained Attention to Response Task (SART). Úkolem žáků bylo, aby stiskli mezerník pro všechny číslice, které krátce (250 ms) blikají na obrazovce (odpověď Go), kromě čísla tři (odpověď No-go), po stanovenou dobu. Žáci byli instruováni, aby odpovídali co nejrychleji a současně se snažili minimalizovat chyby. K analýze byla použita úspěšnost odpovědi No-go (%) a doba odpovědi (milisekundy).

Sbíraná data byla vyhodnocena, vyjádřena v absolutních číslech a procentech a následně prezentována formou tabulek a grafů v kapitole 2.8.2 respektive 2.8.3 a posloužila jako podklad pro stanovení vhodných vstupních parametrů na navrhovaný školní nábytek.

### ***2.8.1.2 Charakteristika zkoumaného souboru***

Zkoumaný soubor tvořili v prvním kroku vždy žáci jedné z paralelních tříd 2., 4., 6. a 8. ročníku základní školy Generála Klapálka v Kralupech nad Vltavou. Výzkumu se zúčastnili všichni žáci z těchto tříd. Celkově se jednalo o 91 žáků, z toho 52 dívek a 39 chlapců ve věkovém rozmezí 6–14 let. Dva žáci ze zkoumaného souboru měli

přiděleného asistenta.

Ve čtvrté části měření tvořilo zkoumaný soubor 5 náhodně vybraných žáků (3 dívky a 2 chlapci) ze 4. třídy. Žáci byli před samotným měřením seznámeni s průběhem testu, jeho pravidlech a možnostech správného i nesprávného řešení. Respondentům bylo současně umožněno vyplnit před oficiálním začátkem měření několik zkušebních testů pro ověření úplného pochopení metody.

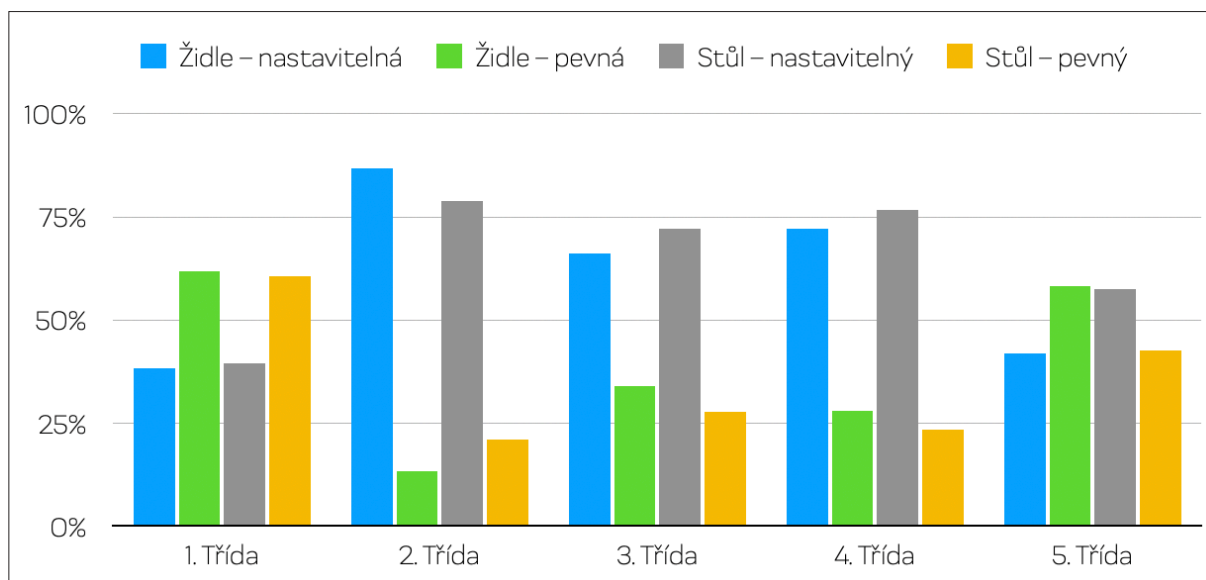
## 2.8.2 Reálné situace ve třídách

Tabulka 02 zobrazuje poměr zastoupení nastavitelného a pevného nábytku ve všech jednotlivých třídách na prvním stupni základní školy Generála Klapálka v Kralupech nad Vltavou.

Tab. 02: Poměr pevného/nastavitelného nábytku ve třídách

Nábytek	Židle – nastavitelná	Židle – pevná	Stůl – nastavitelný	Stůl – pevný
1. Třída	31	50	17	26
2. Třída	66	10	30	8
3. Třída	45	23	26	10
4. Třída	57	22	33	10
5. Třída	36	50	27	20
Celkem	235	155	133	74

Graf 01: Procentuelní zastoupení pevného/nastavitelného nábytku



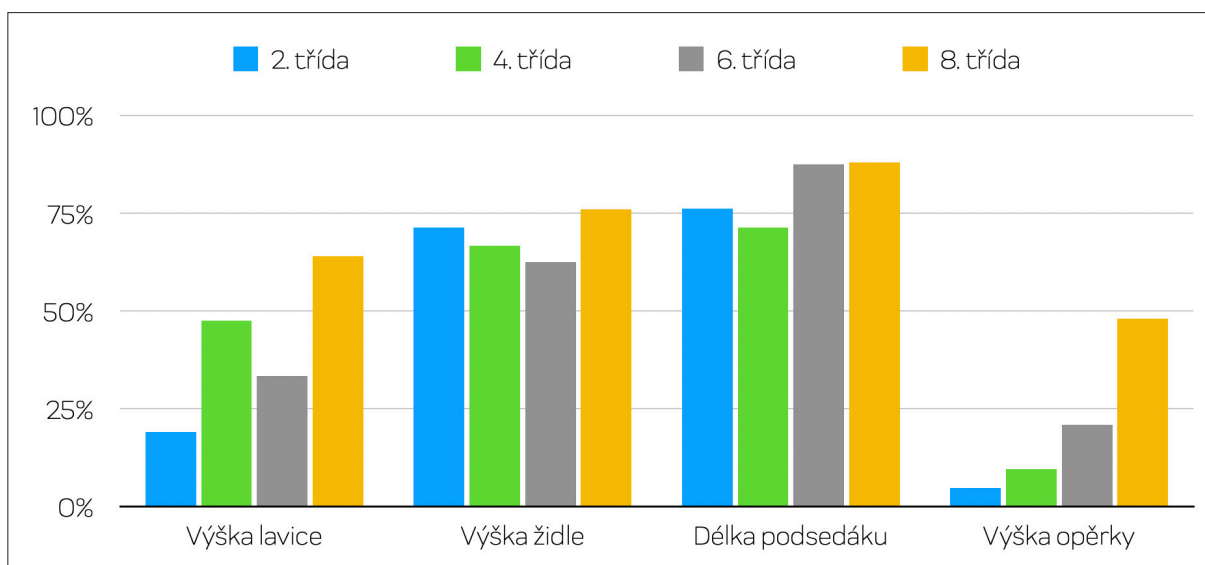
Tabulka 03 a graf 02 zobrazují počty ergonomicky vyhovujících parametrů zastoupených ve 2., 4., 6. a 8. třídě. Z výsledků je zřejmé, že nejpalčivějším rozměrem je

výška zádové opěrky. Ta je vyhovující pouze ve 22 %, přičemž ve druhé a čtvrté třídě měli správnou výšku opěrky pouze tři žáci.

Tab. 03: Ergonomicky vyhovující parametry nábytku ve třídách

Třída	Počet žáků	Výška lavice	Výška židle	Délka podsedačku	Výška opěrky
2. třída	21	4	15	16	1
4. třída	21	10	14	15	2
6. třída	24	8	15	21	5
8. třída	25	16	19	22	12
Celkem	91	38	63	74	20

Graf 02: Ergonomicky vyhovující parametry nábytku ve třídách

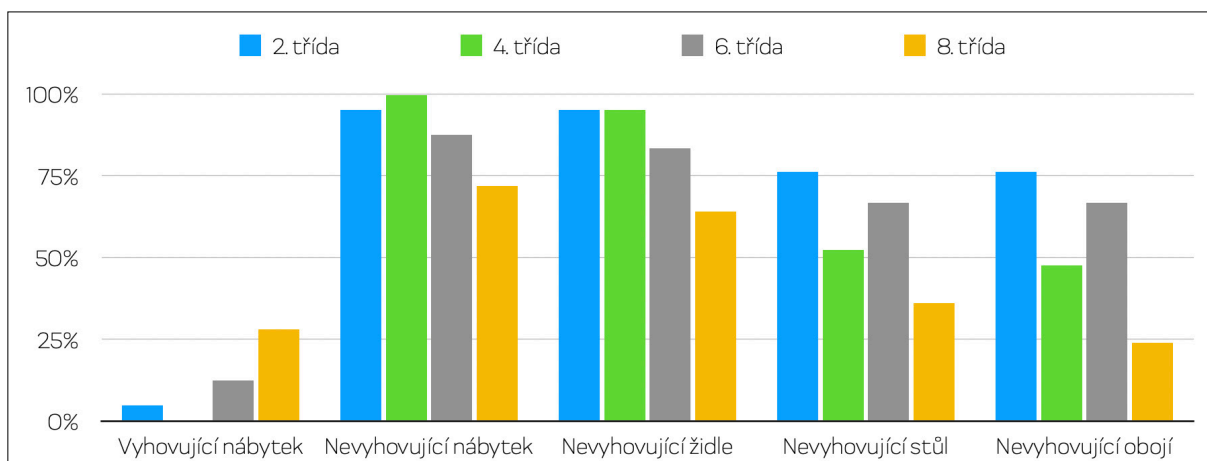


Výše zmíněná data jsou v podobě poměru vyhovujícího nábytku u jednotlivých tříd zobrazená v tabulce 04. Jako vyhovující byl brát nábytek, který splňoval všechny parametry uvedené v tabulce 03. Výsledky ukazují, že z celových 91 testovaných žáků mělo zcela vyhovující nábytek pouze 11, přičemž 7 z nich bylo v osmé třídě. Současně je z dat patrné, že nevhovující židli mělo ve druhé a čtvrté třídě přes 90 % žáků a ve třídě šesté přes 80 %.

Tab. 04: Ergonomicky vyhovující nábytek ve třídách

Třída	Počet žáků	Vyhovující nábytek	Nevyhovující nábytek	Nevyhovující židle	Nevyhovující stůl	Nevyhovující obojí
2. třída	21	1	20	20	16	16
4. třída	21	0	21	20	11	10
6. třída	24	3	21	20	16	16
8. třída	25	7	18	16	9	6
Celkem	91	11	80	76	52	48

Graf. 03: Ergonomicky vyhovující nábytek ve třídách



Následující tabulky zobrazují poměr nastavitelného a pevného nábytku, který byl v rámci měření shledán jako vyhovující v předchozích odstavcích. Tabulka 05 zobrazuje procenta vyhovujících židlí a tabulka 06 následně procenta vyhovujících stolů v měřených třídách. Z výsledků je zřejmé, že z minoritního množství zcela vyhovujícího nábytku je drtivá většina židlí s pevnými rozměry. Hlavním důvodem je výška opěrky, která je u nastavitelného nábytku ve většině případů nevhodující.

Tab. 05: Poměr nastavitelnosti vyhovujících židlí

Třída	Správná konfigurace	Nastavitelná židle	Pevná židle
2. třída	4,8%	0%	100%
4. třída	4,8%	0%	100%
6. třída	16,7%	0%	100%
8. třída	36%	11,1%	88,9%

Tab. 06: Poměr nastavitelnosti vyhovujících stolů

Třída	Správná konfigurace	Nastavitelný stůl	Pevný stůl
2. třída	23,8%	60%	40%
4. třída	47,6%	60%	40%
6. třída	33,3%	0%	100%
8. třída	64%	0%	100%

Současně se zaznamenáváním vyhovujícího nábytku byly sledovány i nejčastější vady a poruchy na nábytku. Ty byly zaznamenány ve všech třídách na celé základní škole. Celkově bylo prozkoumáno 692 židlí a 361 stolů, přičemž určitou



vadu mělo 29,1 % židlí a 40,9 % stolů. Jednotlivé procentní zastoupení v celkovém objemu vad je zobrazené ve zmíněné tabulce 07.

Tab. 07: Procentní poměr jednotlivých vad na nábytku

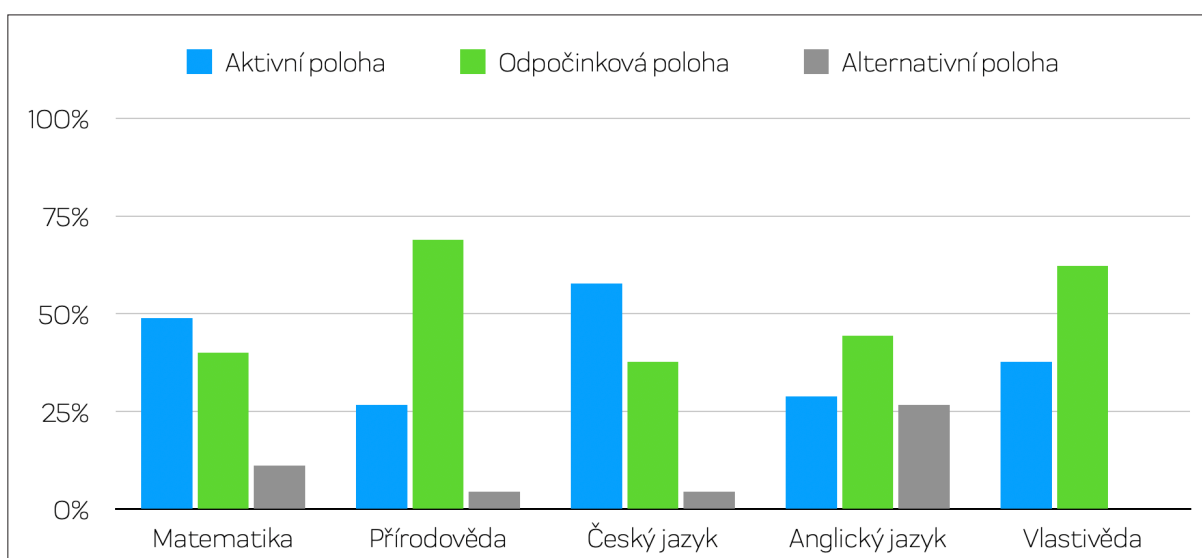
Poruchy	Židle	Stoly
Ohnutý rám	22,3%	11,5%
Uštlá deska	13,4%	23%
Chybějící kluzák	18,8%	26,4%
Chybějící záslepka	32,2%	-
Vyviklané nastavování	13,4%	5,4%
Odlouplá hrana	-	33,8%

V rámci měření ve čtvrté třídě bylo v průběhu jednoho vyučovacího dne zaznamenán poměr času stráveného v pracovních polohách v jednotlivých vyučovacích hodinách. Měřena byla poloha aktivní (psaní, kreslení apod.), poloha odpočinková (poslech nové látky, konverzace) a poloha alternativní (sezení na zemi, stání a aktivity mimo školní lavici). Výsledné časové úseky jsou v minutách zobrazené v tabulce 08 a na grafu 04.

Tab. 08: Čas strávený v pracovních úsecích

4. TŘÍDA	Matematika	Přírodověda	Český jazyk	Anglický jazyk	Vlastivěda
Aktivní poloha (min)	22	12	26	13	17
Odpočinková poloha (min)	18	31	17	20	28
Alternativní poloha (min)	5	2	2	12	0

Graf 04: Čas strávený v pracovních úsecích



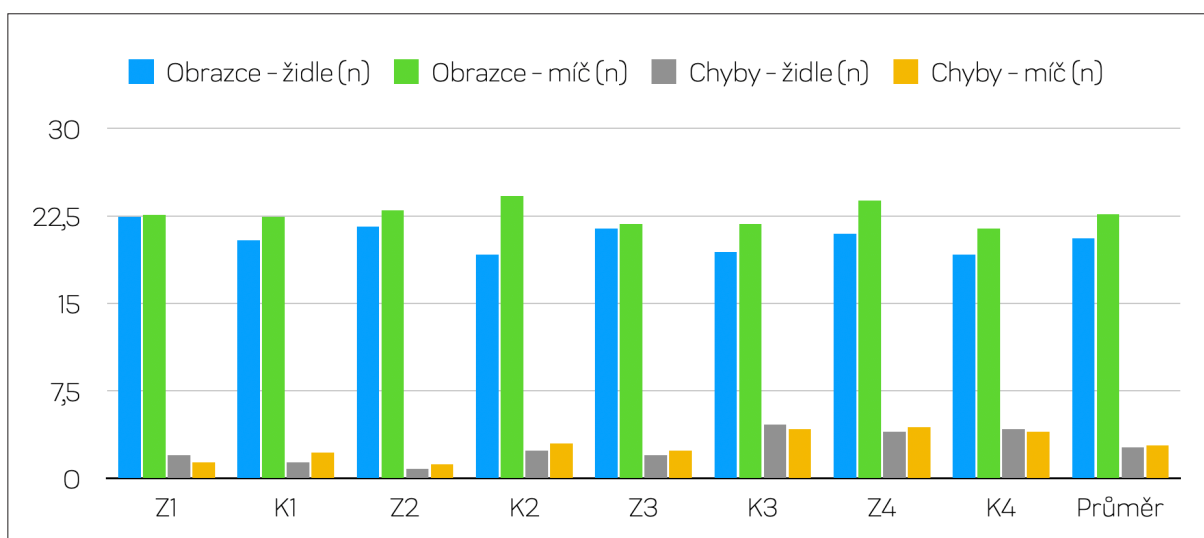
### 2.8.3 Vliv dynamického sezení na výkon žáků

Tabulka 09 zobrazuje výsledky měření RFFT testu, který byl zvolen jako metoda sběru dat za účelem vyhodnocení vlivu dynamického sezení na kreativity žáků. Ze zobrazených dat je patrné, že žáci účastníci se experimentu byli při sezení na dynamickém balančním míči schopni nakreslit o 9 % více obrazců než při sezení na konvenční židli. Současně se jejich výsledek na konci hodiny v porovnání se začátkem tendenčně nezhoršoval. To vše při zanedbatelném rozdílu chybovosti.

Tab. 09: RFFT test

RFFT	Z1	K1	Z2	K2	Z3	K3	Z4	K4	Průměr
Obrazce - židle (n)	22,4 (1,7)	20,4 (2,1)	21,6 (0,9)	19,2 (1,6)	21,4 (1,1)	19,4 (1,5)	21 (1,2)	19,2 (1,1)	20,58 (1,41)
Obrazce - míč (n)	22,6 (2,1)	22,4 (1,8)	23 (2,0)	24,2 (1,5)	21,8 (0,8)	21,8 (1,5)	23,8 (1,1)	21,4 (0,9)	22,63 (1,46)
Chyby - židle (n)	2 (1,0)	1,4 (0,5)	0,8 (0,8)	2,4 (0,5)	2 (1,0)	4,6 (0,5)	4 (1,0)	4,2 (0,4)	2,68 (0,74)
Chyby - míč (n)	1,4 (0,5)	2,2 (0,4)	1,2 (1,1)	3 (0,7)	2,4 (0,9)	4,2 (0,8)	4,4 (0,9)	4 (1,0)	2,85 (0,80)

Graf 05: RFFT test



Metodou vyhodnocující hodnotu soustředění byl zvolen test SART. Výsledky měření jsou uvedené v tabulce 10 a na grafech 06 a 07. Cílem testu byla kombinace co nejkratší reakční doby s minimalizací chybovosti.

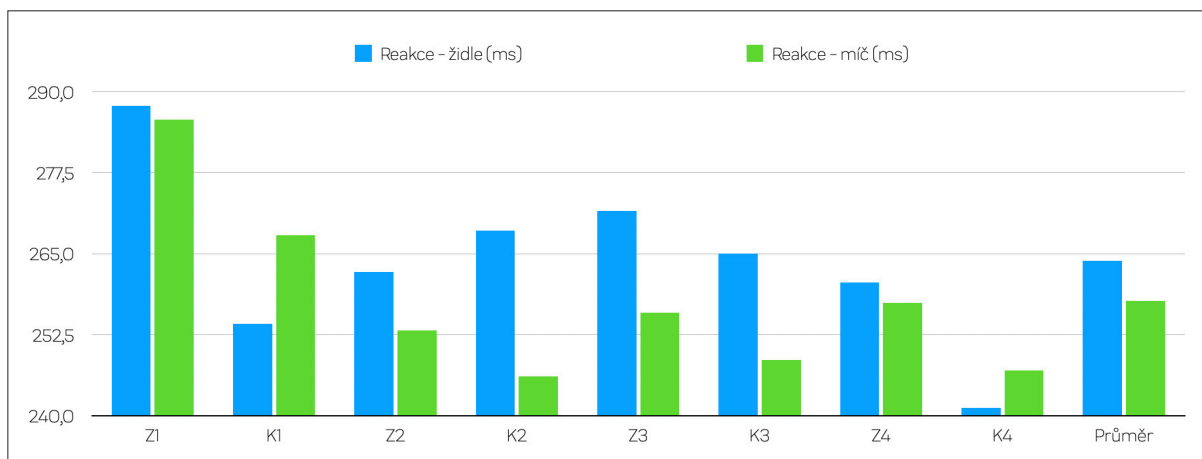
Vyobrazené data ukazují, že testovaní žáci sedící na konvenčních statických židlích měli sice zanedbatelně delší reakční čas, ovšem o 5,4 procentních bodů

vyšší úspěšnost ve správné odpovědi. Výsledek testu tedy naznačuje, že přílišná volnost a dynamika sedu může mít negativní vliv na koncentraci žáků.

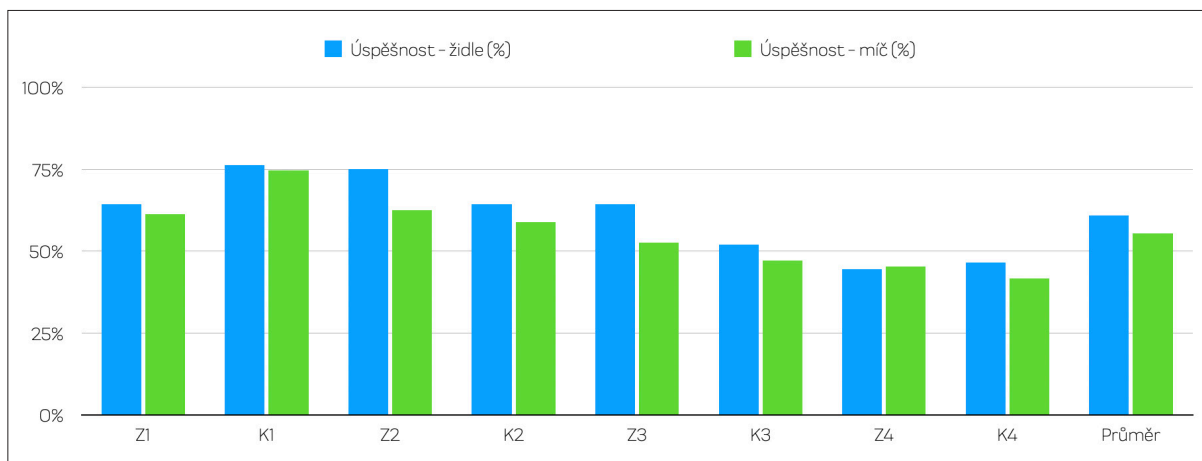
Tab. 10: SART test

SART	Z1	K1	Z2	K2	Z3	K3	Z4	K4	Průměr
Reakce - židle (ms)	287,8 (32,8)	254,2 (20,8)	262,2 (23,4)	268,6 (13,7)	271,6 (24,7)	265,0 (18,2)	260,5 (14,6)	241,2 (15,8)	263,9 (20,5)
Reakce - míč (ms)	285,6 (15,8)	267,9 (23,7)	253,1 (16,4)	246,1 (18,8)	255,9 (16,3)	248,6 (26,9)	257,4 (23,6)	247,0 (16,4)	257,7 (19,7)
Úspěšnost - židle (%)	64,4 (5,7)	76,3 (7,0)	75,0 (17,3)	64,4 (5,7)	64,3 (8,2)	51,9 (11,6)	44,6 (5,1)	46,6 (4,8)	60,9 (8,2)
Úspěšnost - míč (%)	56,2 (9,7)	74,6 (15,3)	62,5 (7,2)	58,9 (13,8)	52,5 (7,5)	47,1 (6,9)	45,2 (11,5)	41,6 (6,4)	55,5 (9,8)

Graf 06: SART test – reakční čas



Graf 07: SART test – úspěšnost



## 2.9 SANTAL spol. s r.o.

Společnost Santal spol. s r.o. je česká firma z Třeboně, která se specializuje na výrobu školního nábytku. Společnost byla založena v roce 1992 a od té doby se po-

stupně rozrostla a stala se jedním z největších výrobců školního nábytku v České republice. Mimo tuzemský trh se firma zaměřuje také na export, a to především do zemí Evropské unie. V současné době je Santal velmi úspěšným exportérem svého školního nábytku a spolupracuje s mnoha školami a vzdělávacími institucemi v různých zemích Evropy.

Společnost nabízí širokou škálu produktů, včetně židlí, stolů, lavic, knihoven a dalšího školního nábytku, který splňuje nejvyšší bezpečnostní normy a ergonomické požadavky. Firma také klade důraz na ekologické a udržitelné výrobní postupy a používá pouze certifikované a kvalitní materiály.

Firma má moderní výrobní závod v Třeboni, kde využívá nejnovější technologie a stroje pro výrobu kvalitního a odolného nábytku pro školy a jiné vzdělávací instituce. Obecně lze výrobní závod rozdělit na kovo- a dřevovýrobu. Obě části závodu disponují množstvím CNC strojů a výrobních úseků uzpůsobených převážně k výrobě nábytku. Mimo jiné firma využívá poloautomatizovanou linku na výrobu ohýbaných trubkových profilů, automatizovanou lakovnu, svařovacího robota, CNC laser, CNC ohraňovací lis, CNC frézu, laminovací lis, olepovačku hran a další průmyslové stroje, které společnost pravidelně doplňuje o další či novější výrobní technologie a úseky.

Plastové a ohýbané překližkové dílce si společnost nechává vyrábět externě nebo je společně se spojovacím materiálem nakupuje od velkovýrobců. Komplektace a balení produktů je ve firmě po výstupní kontrole prováděné manuálně.

## 3 VÝSTUP ANALÝZY, FORMULACE VIZE

### 3.1 Poznatky z analýzy a vlastního výzkumu

Celková analýza problematiky nábytku pro vzdělávací instituce byla značně obsahově i oborově rozkročená. Jednoznačná interpretace poznatků byla z podstaty navrhování jedním z klíčových bodů celé práce, která výrazně ovlivnila její budoucí směřování.

Sektor zabývající se školním nábytkem je velice komplexní odvětví svázané jak legislativně tak finančně. Kombinace těchto bodů přirozeně vede ke stereotypizaci produktů, které se v daném odvětví stávají jakousi konzervativní normou. Na současném trhu jsme tak svědky v podstatě monopolního typu produktů, které se od sebe liší jen minimálně a jejich průběžný vývoj se limitně blíží nule.

Hlavním předmětem analýzy tak bylo definování problematiky spojené se samotným užíváním nábytku ve vyučování a jeho vlivu na výkon a zdraví dítěte. Zvýšená pozornost byla přitom věnována fenoménu dlouhého statického sezení ve spojení s běžnými úkony ve školním prostředí.

#### 3.1.1 Definice problematiky

Šetření ve třídách a obecné pozorování chování dětí v rámci vyučovacích hodin ukázalo, že největším problémem současného konvenčního nábytku je v první řadě jeho ergonomická nedokonalost. Tento problém můžeme rozdělit na dvě oddělené části – neodpovídající velikost s ohledem na antropometrické rozměry jednotlivých žáků a obecnou ergonomii sedacího nábytku vzhledem k rozsahu a smyslu jeho použití.

Neodpovídající velikost židle, stolu či jejich kombinace u studentů je vůbec nejčastěji pozorovaným deficitem spojeným se sedacím nábytkem ve třídách. Množství případů, kdy žáci sedí na nábytku často i o několik velikostních tříd větším, je naprosto alarmující. Shodně to ukazují všechny dostupné relevantní studie, odborné práce i můj vlastní výzkum viz kapitola 2.8.2. Příčiny vedoucí k této skutečnosti mohou být různé, nicméně jako nejvýraznější se jeví dvě vzdáleně související skutečnosti.

První příčinou je jednoznačně nedostatečná kontrola velikosti nábytku u žáků ze strany zaměstnanců školního zařízení. Důvodem může být chybějící poučení o této skutečnosti nebo jen nezáměr či nedostatek času velikost školního nábytku u dětí kontrolovat. V každém případě se jedná o bod, který lze snadno ovlivnit samotným zřizovatelem nebo vedením školy a netýká se samotné konstrukce nábytku.

Druhou příčinou je pak konstrukční řešení jednotlivých kusů školního nábytku. To lze rozdělit na dva typy. Návrhem nábytku s pevnou konstrukcí a tudíž s fixně stanovenými rozměry, a nábytkem rozměrově (výškově) nastavitelným. Z provedeného měření uvedeného v kapitole 2.8.2 je patrné, že nastavitelný nábytek, který musí splňovat parametry několika rozměrově odlišných velikostních tříd, vyhovuje ergonomicky ve většině případů méně než nábytek s fixní velikostí. Často splňuje jen omezené množství ergonomických požadavků a i po správném nastavení vyhovuje jen částečně. Paralelně je tento typ nábytku ve většině případů možné přenastavit pouze za použití náradí a jeho úprava tak probíhá jen minimálně.

Při bližším zaměření čistě na ergonomii sezení z pohledu designu, jeví se jako patrné, že drtivá většina židlí ve vzdělávacích institucích je stále navržena pouze pro statické sezení ve vzpřímené poloze. Minimum židlí je adekvátně uzpůsobených pro komfortní změnu posedu a vyžaduje rovnoměrné zapojení svalstva. V některých případech sice narážíme na dynamické židle, jejichž konstrukce při přesunu těžiště těla mění úhel sklonu sedáku, nicméně sedací části jsou opět uzpůsobené pouze pro vzpřímené střední sezení. Obecný komfort sezení při střídání pracovních pozic je tak ve většině případů ignorován, přestože se jedná o jeden z nejdůležitějších faktorů s ohledem na zdravý vývoj dětí.

Podíváme-li se na celou oblast školního sezení s odstupem a komplexně, dojdeme jednoznačně k závěru, že samotný fenomén dlouhodobého statického sezení není pro vývoj a výkon dítěte ideální. Jak je popsáno v předchozích kapitolách, dětem by mělo být během dne i vyučovacích hodin umožněno kompenzovat jednostranné zatížení organismu a přispívat tak k jejich zdravému tělesnému vývoji. Toho lze docílit jedině kombinovaným stylem výuky s pravidelným střídáním poloh při sezení. V ideálním případě na rozdílných typech sedacího nábytku v průběhu dne. Tento formát je bohužel, z různých důvodů, k vidění jen minimálně a nejčastěji jsme tak stále svědky klasické frontální výuky, kdy žáci tráví drtivou většinu výuky na konvenčním nábytku.

### **3.1.2 Klíčové body návrhu**

S ohledem na komplexnost celého odvětví v kombinaci s častým rozporem mezi jednotlivými požadavky, bylo již v počátečních fázích analýzy zřejmé, že výsledný návrh nebude schopen splnit všechny problematické body odhalené v analytické části.

Samotný fakt, že vývoj setu pro vzdělávací instituce probíhal ve spolupráci s firmou Santal spol. s r.o., přidal pro vývoj nového produktu další omezení typu výrobních limitů, finančních požadavků na výrobu a počáteční investice, cílovou skupinu a tržní segment. Pro jednoznačné uchopení budoucího vývoje je zásadní definovat

si klíčové body, které nasměrují proces vývoje směrem k řešení, které bude splňovat limity a požadavky vzešlé z teoretické části práce.

Mezi zásadní parametry patří mimo jiné reálná použitelnost, technologická výrobitelnost a tržní životaschopnost. V případě, kdy má být finální produkt překlopený do reálné výroby a následně úspěšný na kapitálovém trhu, musí bezpodmínečně splňovat tyto tři body. Sekundárně významnými parametry jsou jistá míra inovace, originalita, zapamatovatelnost a v neposlední řadě estetický aspekt. Splní-li finální návrh výše zmíněné klíčové body bez výjimky, bude se zcela určitě jednat o produkt s potenciálem pro následnou realizaci.

### **3.2 Cílová skupina**

V kontextu návrhu nábytku pro vzdělávací instituce je třeba nad cílovou skupinou minimálně ve třech úrovních, přičemž každá z těchto úrovní bude mít na výsledný produkt jiné požadavky. V případě, kdy nedojde k naplnění očekávání jednoho z nich, výsledný produkt pravděpodobně neobstojí při následném uvádění do praxe.

Přímou cílovou skupinou, která bude výsledný produkt používat na denní bázi, jsou studenti základních a středních škol. Jedná se o věkově, fyzicky i kulturně velmi rozkročenou skupinu, jejíž společným jmenovatelem je dlouhodobé sezení ve školních lavicích. Žáci tráví ve školách na různých úrovních od 4 do 8 hodin denně, převážně v rámci vyučovacích hodin. Většina času je přítom ve statické poloze bez možnosti volného pohybu mimo přestávky mezi vyučovacími hodinami. Nábytkový je za tímto účelem využíván primárně jako pracovní místo pro výkon činností v rámci vyučovacích hodin. Jedná se o aktivity jako psaní, čtení, kreslení a další činnosti spojené s průběhem vyučování.

Tato skupina uživatelů bude nábytkový set přímo využívat, nicméně tím, kdo rozhoduje o jeho nákupu a implementaci v jednotlivých učebnách, je vedení školy. To je často omezeno finančními prostředky a nákup nového nábytku tak v drtivé většině případů probíhá pouze na základě ceny. S ohledem na frekvenci a zátěž, s kterou je školní nábytek využíván, jsou vysoké nároky taktéž kladené na odolnost a opravitelnost jednotlivých kusů nábytku.

Dalším kontextovým faktorem je pohled učitelů. Ti připravují vyučování a často mají na samotný nábytek různé požadavky dle stylu jejich výuky. Ten se ovšem v jednotlivých případech značně liší. Nejčastější formou organizace třídy stále zůstává běžná frontální výuka, typicky pak v rámci vyšších ročníků, které často fluktuují mezi různými třídami podle učebního rozvrhu. Stále běžněji jsme v poslední době svědky také tříd organizovaných nefrontálně, do pracovních skupin, anebo průběžnému přesouvání lavic v rámci vyučování v závislosti na konkrétní potřebě učitelů.

### 3.3 Formulace vize

Vlastním cílem projektu je navrhnout nábytkový set pro základní a střední školy, který bude možné v podstatě okamžitě zařadit do produktové nabídky. Předmětem designu je školní židle a stůl do učeben, který řeší problematiku dlouhodobého sezení v rámci vyučování s ohledem na zdraví a výkon studentů.

Hlavním cílem řešení je přijít s vlastním designem pracovního místa pro základní a střední školy. Design je motivovaný řešit současné nedostatky jako podporu statického sezení či nedostatečnou kvalitu ergonomie židlí. Zvláštní pozornost je věnována ergonomii sedáku pro rovnoměrné rozložení tlaku na celé sedací ploše v rámci rozsahu činností ve vyučování. Finálním řešením je pracovní místo, které splňuje veškeré náležitosti typické pro školní nábytek a současně zohledňuje vliv dlouhodobého sezení na výkon a zdraví žáka v kombinaci se zvýšením komfortu v průběhu školního vyučování.

Výsledný návrh musí splňovat veškeré legislativní požadavky spojené s nábytkem pro vzdělávací instituce dle ČSN EN 1729-1: 2017 a měl by následně projít testovacím procesem dle ČSN EN 1729-2: 2017 pro udělení certifikace. Nábytek musí být souběžně vyrobitelný pomocí dostupné technologie a rozumných vstupních nákladů společnosti Santal. Obecně musí řešení obstát v konkurenci s konvenčním školním nábytkem.

#### 3.3.1 Konceptní řešení

Celkový koncept počítá s návrhem relativně široké kolekce postavené na základě získaných dat v rámci analytické části. Tato kolekce umožňuje školám vybírat z několika typů a umožňuje jim tak vybavit učebny konkrétně dle potřeby jednotlivých učeben či kantorů. Simultánně je kolekce do jisté míry typizovaná a v rámci výrobního procesu sdílí množství identických komponentů v kombinaci s doplňkovými dílci.

Židle je navržena v několika typových variantách, které jsou postavené na stejném designovém principu. Jednotlivé typy jsou navrženy do všech velikostních typů, přičemž každá židle má lehce odlišné vlastnosti a je vhodná pro jiný způsob použití. Využitím rozdílných typů v odlišných učebnách je možné docílit jednak sedavé pestrosti a jednak zvolit vhodný typ pro daná specifika konkrétní učebny či předmětu. Židle jsou doplněné v setu se školními lavicemi. Ty jsou, stejně jako židle, navrženy v několika typových i velikostních variantách, které lze kombinovat a vybavit s nimi třídy s ohledem na počet dětí nebo způsob práce v hodině.

Ideálním případem je škola vybavená různými typy židlí a stolů, které jsou vhodně rozmístěné do učeben dle typu výuky a četnosti fluktuace žáků v dané učebně.



### 3.4 Definice strategie vývoje

V rámci vývoje je zcela klíčové stanovit správné pořadí jednotlivých kroků, jejichž naplnění postupně vede k výsledku, který splňuje všechny klíčové body a očekávání projektu.

Stěžejní částí návrhu školní židle je ergonomie sedáku, který má na kvalitu a způsob sezení největší vliv. Je mu tedy třeba věnovat zvýšenou pozornost v první části procesu navrhování. Jednotlivé profily sedací části je třeba explicitně ověřit a v reálném měřítku otestovat, zda splňují zamýšlený záměr. V následující části se k takto navrženým a otestovaným sedákům zvolí a navrhnu odpovídající konstrukce podnože, které budou korespondovat s filosofií navržené sedací části a principu zamýšleného použití židle.

Návrh stolu následuje v dalším kroku. Nejdůležitější částí je, na rozdíl od židle, jeho samotná konstrukce, která musí splňovat relativně přísná kritéria pro odolnost a bezpečnost. Design stolu musí současně vhodně doplnit koncept židle, proto je třeba s jeho návrhem začít až v pozdější fázi vývoje židle.

V průběhu navrhování je důležité jednotlivé kroky testovat a konzultovat s odborníky a zaměstnanci společnosti Santal. Samotná fáze testování hraje v rámci vývoje naprosto klíčovou roli, nicméně již v počáteční fázi projektu bylo zřejmé, že časový harmonogram práce není dostatečný pro komplexní a detailní testování výsledného produktu v praxi i laboratoři. Tyto testy tedy v pokračující fázi mohou vést k dílčím změnám na návrhu.

## 4 PROCES NAVRHOVÁNÍ

V předchozích fázích projektu bylo shromážděno velké množství dat a informací, jejichž cílem bylo poskytnout dostatečně kvalitní a rozsáhlý podklad pro proces navrhování. Ten probíhal v několika sousledných krocích, které postupně generovaly řadu designových alternativ a prozkoumaly široké množství různých směrů a řešení definované problematiky.

Samotný proces navrhování probíhal na několika úrovních současně, přičemž jednotlivé fáze se postupně s narůstajícím množstvím informací měnily. První formování myšlenek probíhalo v podstatě již na samotném počátku práce, tedy v období před vypracováním analytických dat a tříděním informací. V této době byly myšlenky utvářeny převážně vlastní zkušeností s používáním školního nábytku a určitými ideologickými představami o možnostech alternativních řešení. V této prvotní části procesu nebyla v potaz brána žádná technologická ani legislativní omezení. Cílem bylo zamyslet se nad ideálním stavem nezatíženým reálnými limity trhu a přijít tak s optimálním řešením bez ohledu na realitu. V úvahu přicházely myšlenky, které zpochybňovaly samotný koncept frontální výuky a organizaci sezení ve třídách. Klasický konvenční formát výuky by mohl, a dle dostupných dat i měl, být v určitém smyslu doplněn či rozšířen o výuku v netradičních formátech. Vyhraněnou formou spekulací prošly jisté formy sezení mimo školní lavici, jako například sezení na zemi, práce ve stoje či různé podpůrné prvky pro držení správného postoje v rámci vyučování.

V průběhu analytického procesu bylo čím dál zřetelnější, že se k návrhu řešení školního nábytku dá přistupovat rozdílnými směry a způsoby, které by v konečném důsledku vedly k typologicky naprosto odlišným výsledkům. Pro další kroky v procesu navrhování bylo tedy nezbytné odpovědět na otázku, kterým směrem se v další fázi projektu vydat – co má být výstupem práce. V úvahu přicházely z podstaty věci tři rozdílné cesty.

První možností bylo upustit od jakýchkoli zaběhlých norem a vydat se cestou hledání naprosto alternativního řešení, které by se zabývalo problematikou školní výuky z pohledu prostoru a sezení jako takového. Tato část by byla z větší části teoretická a řešila by téma komplexně z pohledu designéra jakožto člověka, který se nad zadáním zamýšlí v rámcových souvislostech. Výsledkem by byl s největší pravděpodobností produkt, pokud vůbec, který by byl po teoretické stránce inovativní a naprosto odlišný od současných konvenčních přístupů. Nicméně vzhledem k cílové skupině zákazníků, která je jednou z nejvíce konzervativních, by se takovýto produkt do reálného použití dostával jen velmi obtížně. Jeho přidaná hodnota by tedy byla víceméně pouze teoretická a reálný dopad na situaci spojenou se školským sezením by byl minimální.

Druhou možností bylo uchopit dané téma naopak naprosto racionálně a pokusit se přijít s řešením, které bude bez sebemenších pochybností splňovat veškeré formální náležitosti školního nábytku. V průběhu návrhu by byl potlačen jakýkoli pokus o inovaci či progres v současné situaci a v navrhování by se postupovalo striktně podle předepsaných norem a běžných standardů. Na konci tohoto procesu by zřejmě vznikl produkt, který by sice formálně splňoval veškeré požadavky, byl by bez problému použitelný, nicméně by se od současných návrhů lišil v zásadě pouze esteticky. V takovém případě je tedy na místě klást si otázku, jaký by byl skutečný přínos onoho designu a zda právě design, v širším kontextu, jako takový, nemá nabídnout víc.

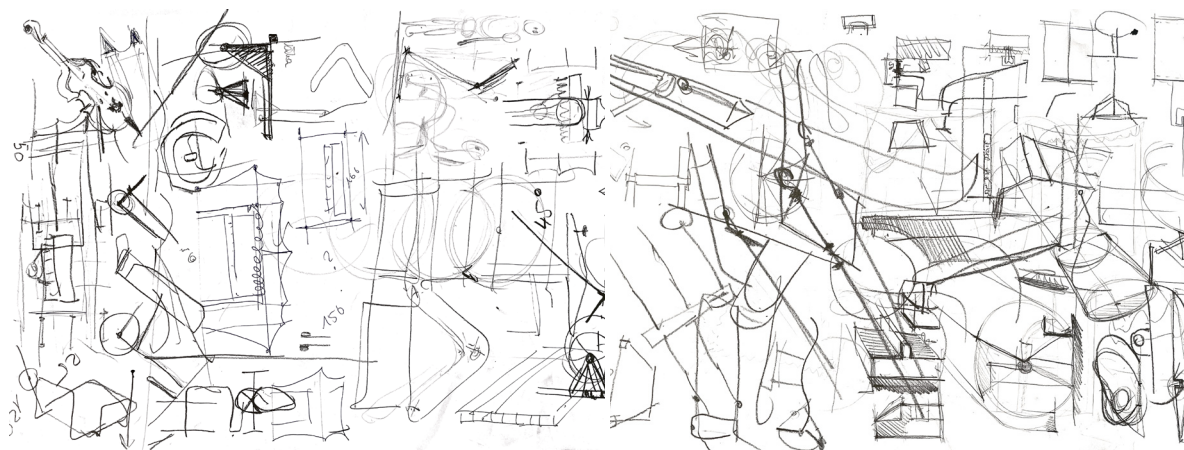
Po úvaze nad těmito protipólnými cestami se jako objektivně nejlepší jevila možnost třetí – varianta, která do jisté míry kombinuje oba výše zmíněné směry. V tomto případě se jedná o snahu přijít s produktem, který bere v potaz reálné omezení spojené s uváděním produktů na trh, ale současně testuje a hledá různá alternativní řešení pro jednotlivé části takto komplexní problematiky. V důsledku tohoto rozhodnutí proces navrhování pokračoval zjednodušeně ve smyslu zkratky MAYA, vymyšlenou Raymondem Loewym, tedy Most Advanced, Yet Acceptable [Thompson, 2017]. Cílem práce bylo tedy v tuto chvíli přijít s návrhem natolik inovativním, aby určitým způsobem naboural zaběhlé dogma a vyvolal zamyšlení na trhu s výrobcí školního nábytku. Současně ale stále v rámci norem a běžných očekávání.

Toto rozhodnutí značně zúžilo teoretický rozsah možností a stanovilo nepřekročitelná kritéria, která jsou pro splnění této koncepce nezbytné. Těmi jsou dostatečná dávka inovace v kombinaci s možností překlopení do reálného tržního prostředí. To lze provést jen za předpokladu, kdy je technické provedení práce technologicky proveditelné, výrobitelné v sériích za rozumných vstupních nákladů, a dlouhodobě ekonomicky udržitelné. Po technické stránce pak musí set nábytku respektovat požadavky normy ČSN EN 1729-1: 2017 a následně projde testovacím procesem dle ČSN EN 1729-2: 2017.

Za tímto účelem došlo ke spojení s již zmiňovanou firmou Santal, která je největším tuzemským výrobcem školního nábytku. Z mé strany byl původní záměr konzultovat dosavadní poznatky z analytické části a s pomocí zkušeností a dat společnosti vyhodnotit optimální navazující postup. Po několika společných konzultacích jsme dospěli k dohodě o pokračující vzájemné spolupráci na dalším vývoji nábytku a následném potenciálním uvedení na trh. Toto rozhodnutí opět velmi zúžilo rozptyl možností a s přihlédnutím k technologickým možnostem firmy a jejich požadavku o "in-house" výrobu. Ta disponuje, jak je uvedeno v kapitole 2.9, nadstandardně vybavenou a z velké části automatizovanou kovo a dřevovýrobou. Tento krok tedy definoval spektrum použitelných materiálů téměř výhradně na dřevo

a kov a jasně stanovil tak stanovil výrobní mantinely.

Jakmile byly rámcově stanoveny kritéria pro výsledný návrh, bylo dalším klíčovým krokem definování oblasti inovace. Z rozsáhlé analytické části vyplynulo hned několik nedostatků, které jsou v současné době na trhu se školními židlemi přehlížené a jejich řešení stálo za úvahu. Jako nejpálčivější a do jisté míry i neobjektivnější se jevila problematika ergonomie židle s ohledem na rozsah činností vykonávaných v průběhu hodiny. Ta je v drtivém množství případů, jak je již popsáno v předchozích kapitolách, s ohledem na kvalitu a podporu správného sedu, tristní.



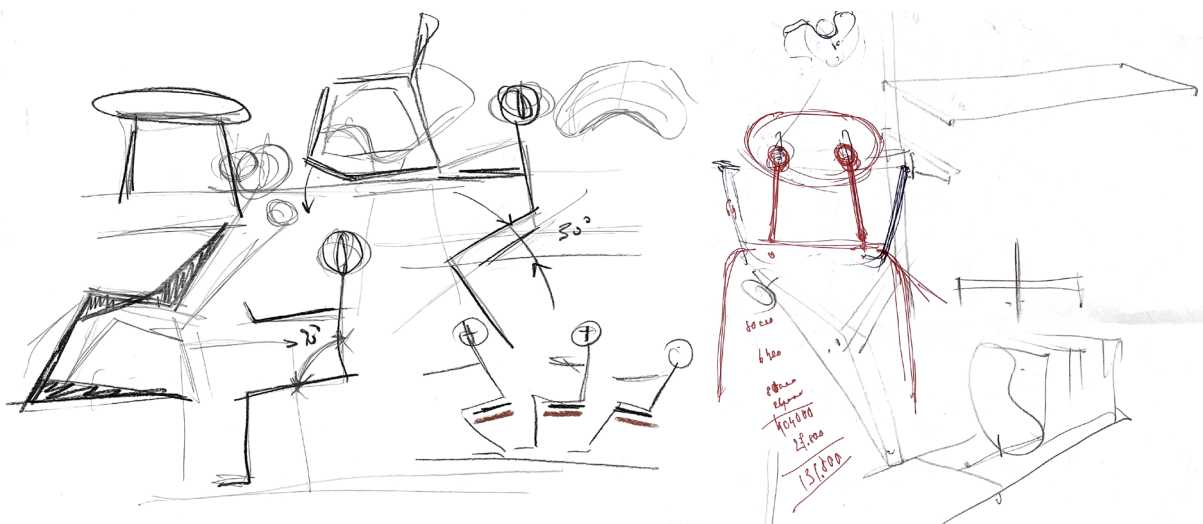
Obr. 15: Skici z návrhového procesu

## 4.1 Židle

Na základě rozhodnutí o směřování projektu a spoluprací se společností Santal bylo evidentní, že stěžejním prvkem celé práce bude návrh židle, respektive kolekce židlí. Ta má přímý vliv na kvalitu sezení žáků a jejím exaktním nadesignováním lze vytvořit pro studenty ve vzdělávacích institucích vhodnější podmínky.

Za nejčastěji pozorovaný problém spojený se sezením ve školních lavicích lze prohlásit celkem jednoznačně nevyhovující ergonomii židle. Konkrétně se pak jedná, jak je podrobněji vysvětleno v kapitole 3.1, o rozměrovou nevhodnost nábytku a obecně nevhodně koncipovanou ergonomii židle, která je navržena v podstatě pouze pro střední vzpřímené statické sezení. To je ale z principu současné školní výuky ve školách pozorované u naprosto minoritního výčtu činností. Design židle by měl naopak v ideálním případě žákům poskytovat dostatečnou a kvalitní podporu po celou dobu vyučování. Toho lze docílit jedině nekonvenční konstrukcí židle, která by měla zohledňovat odlišné polohy žáků v průběhu vyučování. Jako výchozí byly stanoveny tři polohy, které se u žáků vyskytují nejčastěji.

- **Polohu aktivní** – žák nakloněný nad pracovní deskou a vykonává na ní určitý úkon (psaní, kreslení apod.)
- **Polohu relaxační** – tělo je opřené větší vahou o zádovou opěrku, nohy jsou natažené pod stůl (poslech nové látky)
- **Plocha střední** – vzpřímený kolmý statický sed, obecně označovaný za posturálně vhodný (čtení, konverzace)



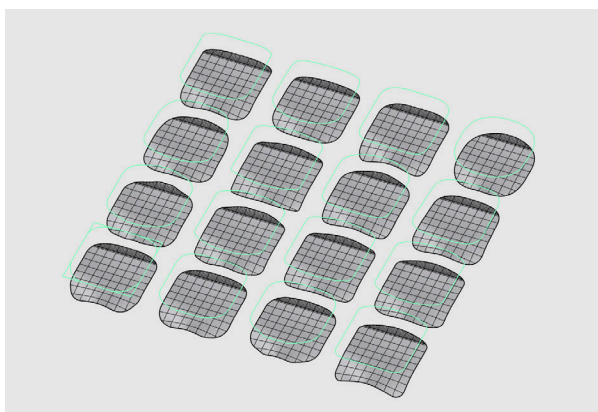
Obr. 16: Skici z návrhového procesu

Design židle by měl tedy zohlednit všechny tři výše zmíněné polohy a umožnit tak žákům dostatečný komfort a podporu v každé pozici. Prvním logickým řešením, které přicházelo v úvahu, bylo vytvořit židli, která by se měnila s ohledem na zaujímanou polohu. Toho lze docílit několika způsoby, které jsou pro školní prostředí více či méně vhodné. Z praxe hovoříme o různých typech houpacích, naklápěcích či modifikovatelných židlích. Ty ve většině případů obsahují různé mechanismy či netradičně provedené konstrukce, které mají za úkol umožnit změnu náklonu sedáku s opěrákem. Ve většině případů se však jedná o relativně komplikovaná a nákladná řešení, které nejsou vhodná do školního prostředí, kde jsou nároky kladené na nábytek značně odlišné. Použití některého z těchto principů tedy z podstaty nepřípadalo v úvahu. V každém případě se koncept změny polohy sedáku v závislosti na přesunu těžiště jevil jako vhodný a pro budoucí vývoj uchopitelný.

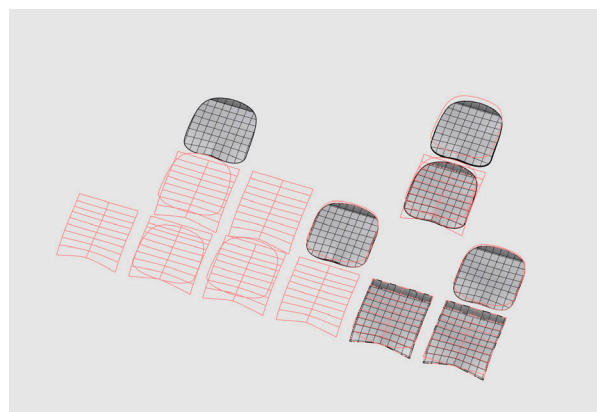
Výše popsaný problém ve školním prostředí řeší částečně židle s dvojitým sklonem sedáku. Ty jsou obecně známější pod pojmem "vysoké sezení" a nečastěji se vyskytují v Dánsku [Mandal, 1996]. Principiálně fungují obdobně jako klasické konvenční židle s jednoduchým sklonem sedáku, proporcionálně jsou ale odlišné. Výška sezení je zvýšená a sklon sedáku je přesně definovaný. Dvojitě prohnutí sedáku sloužit k podpoře pohybového aparátu ve více pozicích. Těmi jsou poloha

v sedě, kdy žák sedí na zadní části židle a nohy má položené na zvýšené podložce chodidel, a poloha v polosedě, kdy je žák částečně opřený o přední hranu sedadla a částečně stojí nohama na zemi. Nevýhodou tohoto sezení bývá jednak omezené spektrum poloh, které může žák v lavici zaujmout, a zvýšený tlak na spodní končetiny při aktivní poloze v polosedu.

Jako ideální se tedy jeví využití silné stránky obou konceptů a zkombinovat je do alternativního řešení. Sedací plocha židle by měla mít nepravidelný profil, který bude poskytovat rovnoměrnou podporu polohy těla v rámci jednotlivých poloh. Přední část bylo nezbytné za tímto účelem naklonit směrem vpřed tak, aby při náklonu trupu těla nad pracovní plochu nesvírala pánevní oblast zbytečně ostrý úhel, který by zvyšoval interní tlak a tím zmenšoval průtok krve do spodních končetin. Při poloze zadní pak přední hrana nevytváří přílišný tlak na zadní stranu stehen a nepůsobuje tak diskomfort v této oblasti. Konstrukci židle bylo současně vhodné navrhnout částečně dynamickou, aby umožnila celkový náklon sedací s ohledem na zaujatou pozici. Její tuhost nicméně musí být dostatečně odolná.



Obr. 17: Návrh profilu sedáku



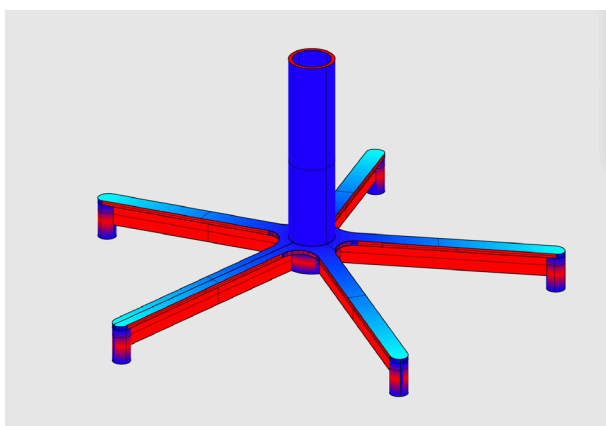
Obr. 19: Návrh profilu sedáku

V průběhu navrhování sedáku byly vyzkoušené a otestované různé profily sedáku a opěráků s jednoznačným cílem přijít s nejlepším možným výsledkem. Jejich vnější obrys byl následně odvozen od normových rozměrů a obrysová křivka citlivě zvolena ve vhodné kombinaci se opěrákem tak, aby neobsahovala žádné ostré hrany, které by mohly být ve školním prostředí nebezpečné.

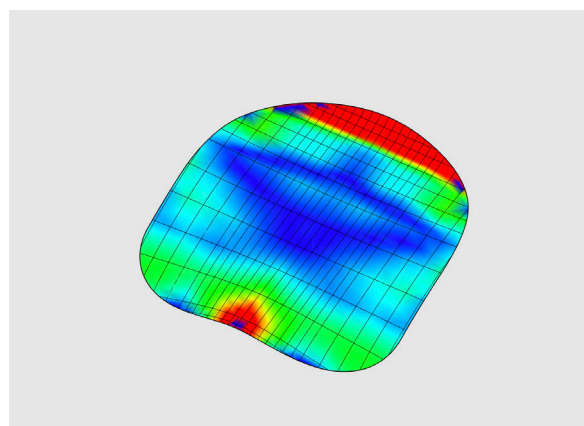
Jednotlivé konstrukce podnoží byly navrhované s cílem splnit maximum možných scénářů použití židlí v prostředí vzdělávacích institucí. Práce tak od počátku počítala s návrhem dynamické židle vhodné do klasických výukových prostor, statické varianty se čtyřmi nohama a otočné výškově nastavitelné varianty židle na plynovém písku s pětipaprskovou podnoží. První dvě podnože byly navrhované z ohýbané trubkové oceli svařené do odolné konstrukce. Jejich tvar vznikl po-



stupně s ohledem na profil sedáku a opěráku. Ověřeno bylo v rámci vývojového procesu nespočet variant, které se průběžně upravovali s ohledem na funkčnost, estetiku a výrobní možnosti. Tento finální návrh by následně rozpracován do jednotlivých velikostních tříd tak, aby celá kolekce odpovídala legislativním požadavkům. U výškově nastavitelné židle byl naopak hlavní předmět návrhu spodní pěticípý prstenec, do kterého je kotven plynový píst. Ten je byl postupně navržen jako solidní hliníkový odlitek s otvory pro výměnu kluzáků nebo pojízdných koleček. Vrchní část pístu je pak kotvena do druhé části podnože, byla současně navržena jako prvek pro uchycení opěrky.



Obr. 20: Křivostní zkouška podnože



Obr. 21: Křivostní zkouška sedáku

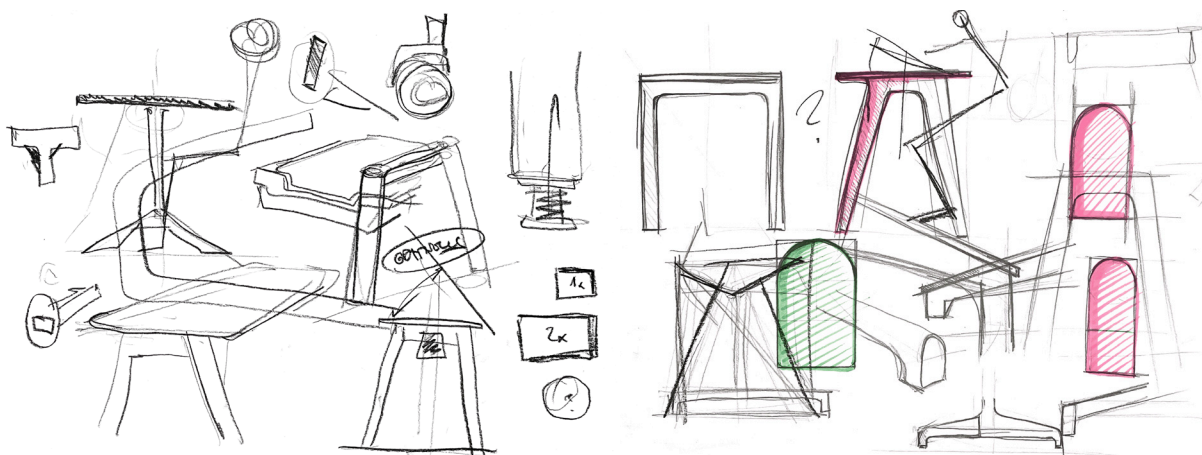
Celá kolekce byla od počátku navrhována stylem, aby bylo možné využít maximum shodných částí napříč celou sérií. Konstrukce jsou byly od počátku zamýšlené a návrhové tak, aby bylo možné použít jeden typ sedáku a opěráku na všechny typy podnoží. Shodné části konstrukcí byly rovněž výrobně uzpůsobované tak, aby mohly projít výrobním procesem společně jako jeden dílec. Celý proces navrhování tedy provázela myšlenka o jeho optimalizaci směrem k minimalizaci počtu skladových polotovarů.

## 4.1 Stůl

Samostatnou kapitolou v průběhu navrhování byl pracovní stůl. Ten v rámci školního vyučování hraje neméně důležitou roli a obdobně jako židle má přímý vliv na kvalitu posedu žáků. V ideálním případě by měl studentovi poskytovat dostatečný prostor pro výkon jednotlivých činností a uložení výukových předmětů, jako jsou učebnice, sešity, penál a podobně.

Podobně jako v průběhu navrhování židle bylo od počátku zřejmé, že jeden typ stolu nebude splňovat všechny parametry pro různorodé použití, kterého je ve

školním prostředí běžné. Bylo tedy nutné vytvořit sadu, která, stejně jako jednotlivé typy židlí, umožňuje výběr z částečně odlišných variant. Prvotní kroky se logicky zaměřily na základní variantu stolu, tedy stůl s vodorovnou pracovní deskou bez možnosti výškové či úhlové nastavitelnosti. Počáteční návrhy se z větší části zabývaly ohýbanou konstrukcí, která by korespondovala s podnožemi u židlí. V tomto případě bylo ale komplikované a cenově neúnosné vytvořit z takto koncipované konstrukce další varianty, které by umožňovali nastavovat výšku a úhel pracovní desky. Jako vhodný konstrukční se tak jevila trubková ocel širšího průměru, která umožňuje v nastavitelných variantách zasunování rozdílných průměrů do sebe a tím vytvořit onu rozměrovou nastavitelnost.



Obr. 22: Skici z návrhového procesu

Základní konstrukce průběžně prošla několika variantami, které se postupně zaměřovaly na typ sklonu nohou i samotné umístění podnože. Uvažovány byly podnože se dvěma i čtyřmi nohami. Obě varianty mají svoje klady i zápory a finální rozhodnutí bylo učiněno na základě compatibility a jednodušší úpravy čtyřnohé varianty mezi zmíněnými variantními řešeními v kolekci. Tato varianta je současně výrobně vhodnější s ohledem na počet jednotlivých dílců a jejich úpravu v rámci kolekci.

Nohy stolu bylo nutné konstrukčně propojit a docílit tak dostatečné tuhosti celé konstrukce. Toho bylo docíleno využitím ocelových profilů, skrze které je současně přichycena deska stolu. Ta byla s ohledem na cenu navržena jako oboustranně laminovaná dřevotřísková deska opatřená ABS hranami. Alternativně bylo uvažováno i o kompaktní desce, která je z užitného hlediska díky vyšší odolnosti teoreticky praktičtější, současně však finančně nákladnější.

Finální fáze návrhu byla postupně rozpracována do alternativních variant popsaných v předchozích odstavcích. Paralelně s jednomístným rozměrově fixním



stolem byly tedy následně navrženy stoly dvoumístné, výškově stavitelné a stoly s kolečky pro lepší transformaci školního prostředí. Všechny stoly byly taktéž zpracovány do normových velikostních typů.

## 5 PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ

Tvorba fyzických modelů a prototypů byla od pokročilé fáze návrhového procesu jeho nedílnou součástí. Reálné modely v měřítku zpravidla poskytují daleko přehlednější představu o zamýšleném produktu a v rámci ověřování funkčnosti ať už celkového konceptu či jednotlivých komponent návrhu hrají klíčovou roli.

### 5.1 Testování fyzických prototypů

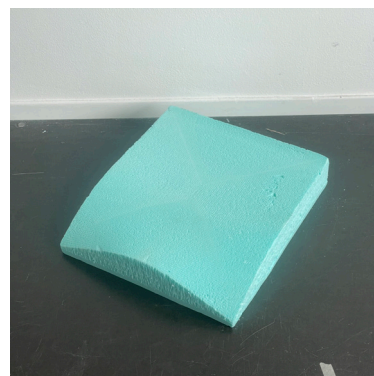
První prototypy vznikaly, v souladu se stanoveným postupem v rámci harmonogramu navrhování, již při prvních návrzích sedáku. V počáteční fázi šlo primárně o testování správné ergonomie sedáku a jeho vhodné rozměry. Za tímto účelem byl pro každý navrhovaný profil sedáku zhotoven fyzický model v reálné měřítku. Profily byly postupně zhotovené na CNC fréze z vytlačovaného extrudovaného polystyrenu, který má dostatečnou pevnost pro nezbytné testování. U sedáků byl poté průběžně testován komfort posedu u osob s různými antropometrickými parametry a zpětná vazba následně posloužila jako podklad pro následné úpravy.



Obr. 23: Profil sedáku 1



Obr. 24: Profil sedáku 2



Obr. 25: Profil sedáku 3

První návrhy sedáku figurovaly s konvexním prohnutím sedáku, který měl tlak přenést primárně na sedací kosti a podmínit tak častější změnu posedu. Tato teorie se ukázala jako částečně funkční. Uživatelé skutečně reportovali zvýšení tlaku v oblasti sedacích kostí a z tohoto důvodu byli nuceni častěji měnit polohy. Zvýšený tlak na sedací kosti se však v delším časovém horizontu jevil jako nekomfortní až bolestivý. S přihlédnutím k faktu, že židle má být užívána ve školním prostředí, kde běžná vyučovací hodina trvá 45 minut, se tento směr nakonec jevil jako nevhodný.

Jako potenciálně funkční se naopak ukázal profil s nepravidelným podélným řezem. Ten ve střední části disponuje konkávním prohnutím a v přední části tvoří

pomyslné trojúhelníkové zkosení, které nahrazuje tradiční zaoblení či rovnou hranu. Tento tvar by navržen s cílem zmírnit tlak, který vzniká na styku přední hraně sedáku se spodní částí stehna. Ten je navíc znatelně zvýšený ve chvíli, kdy uživatel zaujme netradiční polohu. Zkosené přední části tak poskytují více manévrovacího prostoru pro nohy při zachování dostatku sedacího prostoru pro zbytek styčné plochy. Tento profil byl postupně zhotoven šestkrát, vždy s malými úpravami profi-



Obr. 26: Profil sedáku 4



Obr. 27: Profil sedáku 5



Obr. 28: Profily sedáku

lů jednotlivých částí sedací plochy, které postupně vedly k finálnímu tvaru sedáku.

Konstrukce podnože byly naopak v úvodní fázi jejich navrhování ověřeny primárně rozměrově. Nejprve byly porovnány rozdílné typy trubkové oceli, které by mohly být vhodné pro finální návrh. V následném kroku byla vyrobena vzorová trubková podnož čtyřnohé varianty. Ta byla postupně rozměrově upravována tak, aby poměrově odpovídala dané velikostní třídě a byla ergonomicky vyhovující. Prototyp byl za tímto účelem svařen jako volně nastavitelný, kdy bylo možné s jednotlivými rozměry pracovat. Tento způsob hrál klíčivou roli při hledání správných rozměrů v poměru se sedákem a opěrákem. Ty byly v tomto kroku vyrobené z ohnutého



Obr. 29: Profil sedáku 4



Obr. 30: Profil sedáku 5



Obr. 31: Profily sedáku

kartonu, který simulovat finální materiál, tedy ohýbané překližkové profily.

Poznatky z práce s reálnými prototypy byly z hlediska procesu vývoje naprosto klíčové a vedly k řadě změn, které se v konečné fázi projeví na finálním návrhu.

## **5.2 Ověření konceptu**

Pro jednoznačné definování, zda je zamýšlený koncept skutečně řeší nastíněnou problematiku, bylo třeba porovnat ergonomický komfort současných židlí s navrhovaným alternativním řešením. Metodou bylo za tímto účelem zvoleno měření a porovnání rozložení tlaku na styčné ploše sedáku v inkriminovaných polohách, tedy v aktivní (přední), klasické (střední) a relaxační (zadní) poloze.

### **5.2.1 Metodika měření**

Experiment probíhal na Technické Universitě v Liberci s asistencí Doc. Ing. Davida Cirkla PhD. Předmětem měření bylo porovnání rozložení statického tlaku na spodní části stehen navrhovaného řešení a v současnosti používaných židlí. Těmi jsou jako reprezentativní vzorek zvoleny konvenční školní židle a školní židle Pinna od společnosti Santal.

Měření probíhalo ve třech polohách, které simulovali polohy nejčastěji pozorované v průběhu vyučování viz kapitola 2.2.3.1. V poloze střední sezení byl subjekt uveden do ideálního stavu, kdy trup těla svíral pravý úhel se stehenní kostí a úhel v podkolenní jamce byl taktéž 90°. Umístění na sedací ploše bylo vždy zvoleno tak, aby se bederní část dotýkala zádové opěrky. Přední polohu simuloval posed odpovídající aktivní práci na pracovní desce. Židle byla umístěna u stolu a subjekt byl uveden do odpovídající polohy. Trup těla byl nakloněn nad pracovní desku, přičemž ruce byly položeny na pracovní ploše. Spodní část nohou od kolen níže byla pokrčena pod sedák židle. Těžiště těla bylo tedy posunuté směrem vpřed. Úhel v kyčelních kloubech v této poloze odpovídal zhruba 75° a úhel v podkolenní jamce byl taktéž výrazně ostřejší než 90°. Poslední měřená poloha napodobovala sezení zadní. V tomto případě bylo těžiště naopak přesunuto směrem vzad. Styčná část se přesunula směrem vpřed, nohy byly napřimené před židli. Kyčelním kloubu svíral v této poloze úhel přibližně 140° a v podkolenní jamce byl úhel zanedbatelný.

Výše uvedené polohy byly postupně zaznamenány na všech třech typech židlí a znázorněny graficky pomocí tlakových map.





Obr. 32: XSENZOR 1



Obr. 33: XSENZOR 2



Obr. 34: XSENZOR 3

### **5.2.1.1 Použité metody sběru dat**

Při experimentu byla použita tlaková podložka XSENZOR X3 od společnosti XSENSOR Technology Corporation, které slouží ke sledování a znázornění tlaku působícího na plochu. Podložka je tvořená tenkou měřicí dekou, která pomocí husté sítě senzorů snímá tlak vyvíjený na lidské tělo a získaná data přenáší do počítače. V rámci experimentu bylo sledováno působení typických kontaktních tlaků při krátkodobém zatížení jednotlivých sedacích ploch židlí, na které byla umístěna podložka.

Povrch podložky tvoří čtvercová síť, která disponuje takovými senzory PX100: 48.48.02 rozmístěnými na ploše o rozměru 610x610 mm. Počet senzorů v tlakové podložce je 2 304, přičemž každý z nich zaujímá plochu o rozměru 1,61 cm<sup>2</sup>. Tyto senzory snímají momentální tlak v daném místě a přenášejí ho v podobě dat do výpočetního softwaru. Ten naměřená data vyobrazuje jako grafické barevné schéma měřicí plochy nebo číselná data ze senzorů.

Měřící zařízení bylo před počátkem měření kalibrováno na rozmezí tlaku od 0.00 N/cm<sup>2</sup> do 1.04 N/cm<sup>2</sup>, odpovídá běžnému rozsahu tlaků způsobovaných při statickém sezení.

### **5.2.1.2 Charakteristika zkoumaného souboru**

S ohledem na záměr experimentu, tedy porovnání ergonomické komfortu sedacích ploch konvenčních židlí a vlastního návrhu, byly jako probandi vybrány dvě osoby s rozdílným BMI (Body Mass Index) a WHR (Waist to Hip Ratio). Antropometrické rozměry oboru osob odpovídali velikosti testovaných židlí (normová velikost 6) s ohledem na předpis normy EN ČSN 1729-1.

V úvodní části experimentu byly zaznamenány tělesné míry a váhy probandů (obvod pasu, obvod sedu, váha a výška) podstatné pro výpočet BMI a WHR indexu. Výsledná měření jsou uvedena v tabulce 11. Oba subjekty měření byli muži.

Tab. 11: Tělesné míry a váhy probandů

	Váha (kg)	Výška (cm)	OS (cm)	OP (cm)	BMI	WHR
Proband A	80	186	102	82	23,14	0,80
Proband B	97	174	106	97	32,02	0,92

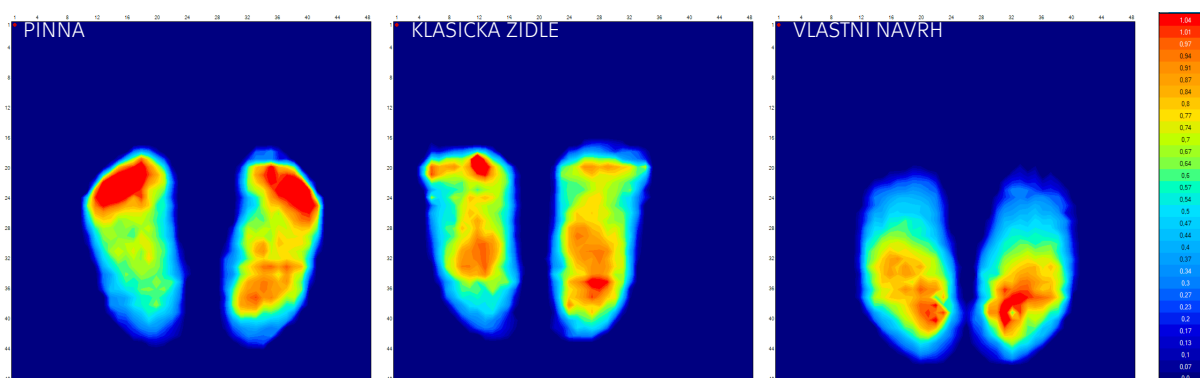
### 5.2.2 Výsledky měření

Následující tlakové mapy reprezentují výsledky experimentu pro jednotlivé typy židlí. Zobrazeno je statické zatížení kontaktních ploch mezi tlakovou podložkou a částmi těla probandů, přičemž konkrétní barevné plochy odpovídají stupnici hodnot zobrazené na boční straně snímku.

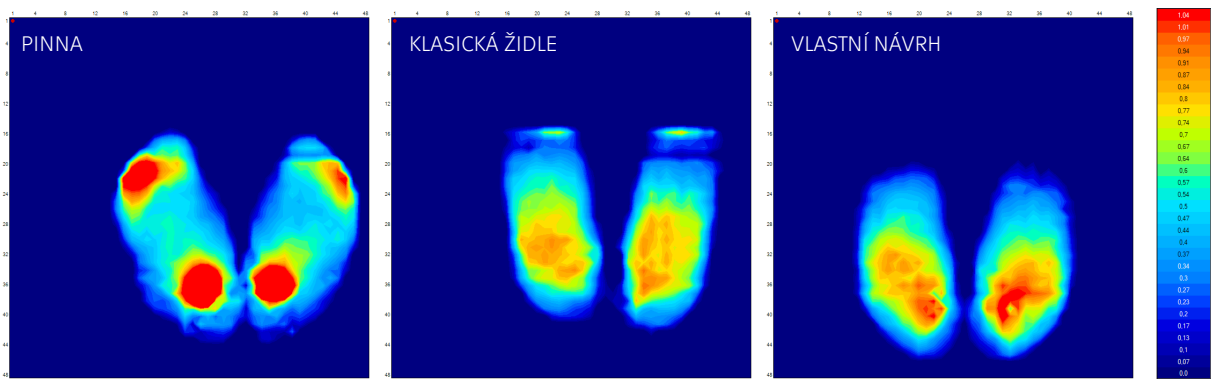
Z grafického výstupu jednoznačně vyplývá, že konvenční židle jsou ergonomicky uzpůsobené pouze na rovné střední sezení, kdy poskytují relativně rovnoměrnou podporu. Ta je na grafech patrná jako konstantní probarvení okolo oblasti sedacích kostí, které by měly přenášet největší zatížení. Naopak v poloze přední a zadní, tedy v momentě, kdy se těžiště těla přesouvá po podélné ose, lze na tlakových mapách pozorovat lokality se značně zvýšenou hodnotou tlaku. Nejkritičtější místem je nepochybně přední hrana sedáku, která nadměrně tlačí na ischiokrurální svalstvo.

Tlakové mapy navrhovaného profilu naopak ukazují, že navrhovaný profil sedáku poskytuje, narozdíl od konvenčních židlí, konstantní rozložení tlaku ve všech testovaných polohách.

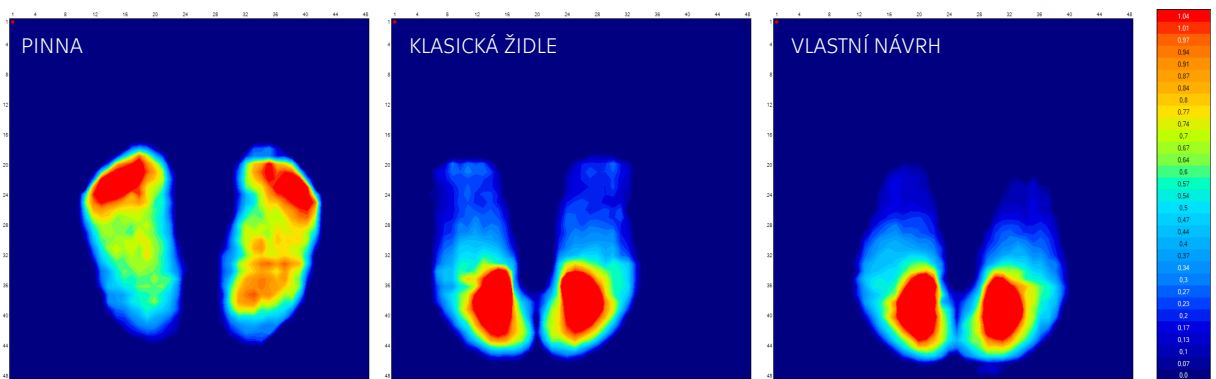
### 5.3 Sumarizace funkčnosti konceptu



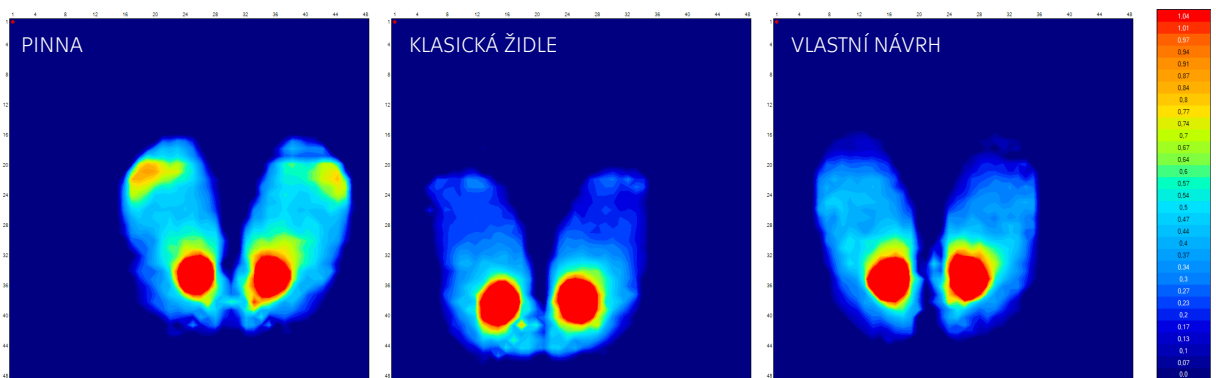
Obr. 34: Tlakové mapy při předním sezení - proband A



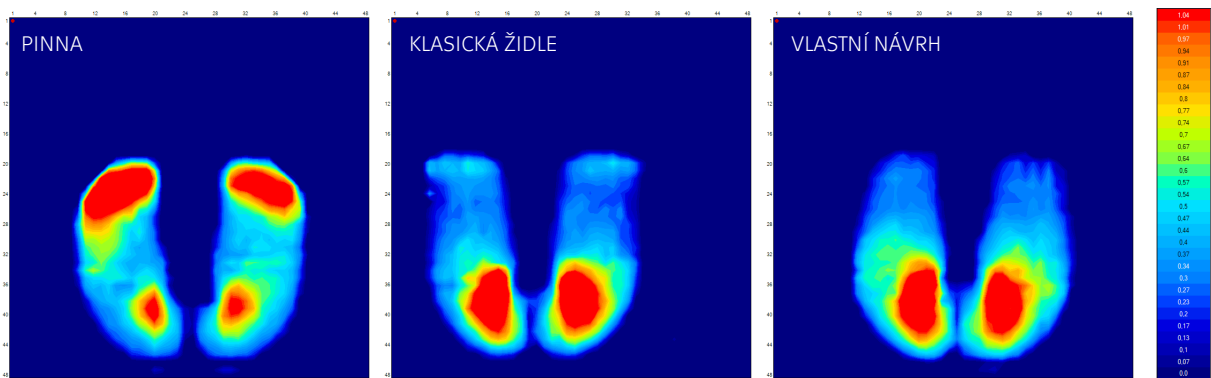
Obr. 35: Tlakové mapy při předním sezení - proband B



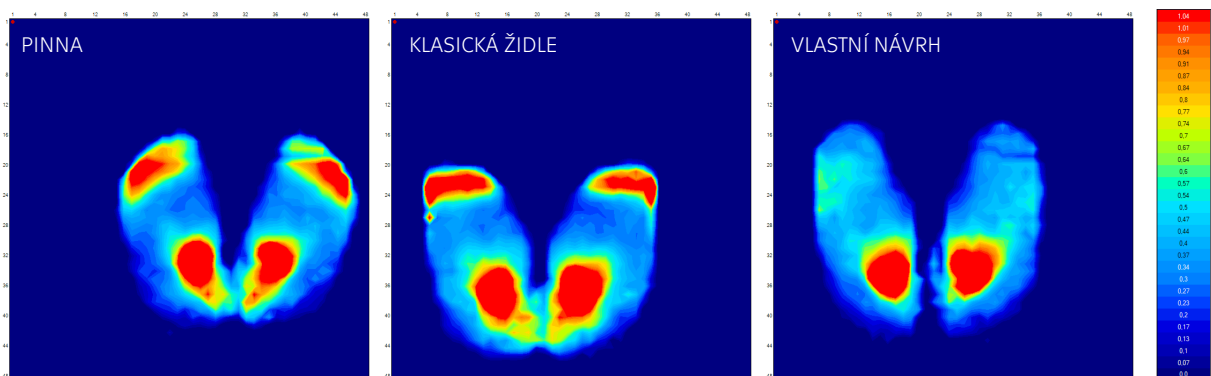
Obr. 36: Tlakové mapy při střední sezení - proband A



Obr. 37: Tlakové mapy při střední sezení - proband B



Obr. 38: Tlakové mapy při zadním sezení - proband A



Obr. 39: Tlakové mapy při zadním sezení - proband B

Z funkčního hlediska se zvolený koncept v dané chvíli jeví jako schopný a odpovídající na definovaný problém. Postupným evolučním vývojem vznikl ergonomicky alternativní tvar sedáku, který by měl být s ohledem na charakter využití školních židlí vhodnější než stávající řešení.

Po technické stránce v rámci prototypového testování vyplynulo postupně několik rozměrových nedostatků, které v několika krocích postupně odstraněny. Současně je nutné podotknout, že některá technická řešení bude třeba vyhodnotit až na finálním prototypu a s odstupem určit, zda se jedná o nejvhodnější řešení.

Celkový koncept židle byl ověřen pomocí experimentu, kdy bylo porovnáno rozložení tlaku na sedací části v různých polohách u vlastního návrhu a u konvenčních židlí. Z tohoto měření jednoznačně vyplynuly benefity navrhovaného řešení a výsledná data zároveň poukázaly na ergonomické nedostatky aktuálně využívaných školních židlí.

Současně je nutné podotknout, že komplexní a zcela relevantní hodnocení



bude, navzdory předchozím usnesením, možné provést až po otestování finálního produktu v reálném prostředí. V této fázi vývoje se nicméně koncept jakožto celek jeví příznivě.

## 6 VÝSLEDNÝ NÁVRH

Finální řešení setu školního nábytku, konkrétně kolekce tří židlí a čtyř stolů, je výsledkem postupného návrhového procesu, který byl podložen značným množstvím dat a informací. Průběžné návrhové směry a jednotlivé prototypy prošly odpovídajícím testováním a retrospektivním kritickým hodnocením s ohledem na původní záměr celé práce.

Celkový koncept navrhovaného řešení je postavený s ambicí vylepšit nedostatky aktuálně využívaného školského nábytku v oblasti ergonomie. Logicky se tak hlavním objektem v kolekci stává židle, která má na správném držení těla a celkovém vlivu dlouhodobého sezení na výkon a zdraví největší podíl. Koncept pracuje mimo jiné s dynamikou sezení a hlavně s rovnoměrnou podporou v rámci různorodých aktivit v průběhu vyučovacích hodin. Hlavním prvkem, spojujícím celou kolekci židlí, je atypicky tvarovaný sedák, jehož hlavním cílem je poskytnout komfortní podporu s ohledem na nejčastější školní aktivity. Tvarově se jedná o nepravidelně organicky profilovanou plochu, která rovnoměrně a vhodně distribuuje rozložení tlaku na sedací části mezi jednotlivé tělesná partie. Díky sedlovité přední části, která nahrazuje klasickou zaoblenou hranu, je, narozdíl od konvenčních židlí, toto vyvážené rozložení tlaku neměnné i v nestředových polohách s posunutým těžištěm. Sedák je využit v kombinaci s taktéž organicky tvarovaným opěrákem, který má nepravidelný průřez středové křivky. Ta se směrem od nejvíce předsunutého bodu (normový bod S) postupně zakřivuje a disponuje tak dostatečnou plochu. Oblast sedáku pod inkriminovaným bodem S je zpětně podsunutá, aby nezpůsobovala diskomfort v bederní oblasti.

Sedák s opěradlem jsou v rámci kolekce doplněny o tři typy podnoží, přičemž každá z nich je vhodná pro jiný způsob použití. Výchozí typ židle je designovaný na konzolová podnoží. Ta je svým konstrukčním řešením uzpůsobená pro každodenní použití v rámci klasických tříd, kde dochází k pravidelné fluktuaci vyučovacích předmětů a na vyšším stupni i celých tříd. Jedná se o odlehčenou dynamickou konstrukci, která lehce mění náklon sedáku podle umístění těžiště a podvědomě podněcuje uživatele k pohybu, čímž aktivuje fázické svalstvo a minimalizuje přetěžování měkkých tkání svalstva posturálního.

Druhým typem nosné konstrukce je klasická čtyřnohá varianta. Jedná se o statický typ podnože, která je ve srovnání s konstrukcí konzolovou bytelnější. Sedák je umístěn v mírném záklonu 2°, což zabezpečuje pohodlné sezení bez tendenčního pohybu trupu vpřed. Konstrukce je, stejně jako předchozí varianta, řešená jako stohovatelná.

Posledním typem je židle na podnoží s plynovým pístem. Jedná se o variantu, která umožňuje výškovou stavitelnost. Tu si díky jednoduchému mechanismu

shodnému například s kancelářskými židlemi může nastavit žák sám, dle vlastního uvážení. Samotnou podnož tvoří hliníkový odlitek, který může být použit samostatně jako statický, nebo doplněn o kolečka ke kancelářským židlím.

Kolekci židlí paralelně doplňují stoly, neboli školní lavice. Ty jsou, stejně jako židle, navrženy v několika rozdílných variantách, které umožňují odlišné použití. Rozměrově lze návrh stolu rozdělit na stoly jednomístné a dvojmístné, přičemž lze každou variantu doplnit o odlišné typy nosné konstrukce. Jedná se o variantu pevnou, variantu pojízdnou a variantu výškově nastavitelnou. Pojízdná varianta disponuje záměnou kluzáků na předních nohách za otočné kolečko, což umožňuje rychlou transformaci výukových prostor bez nutnosti stoly zvedat ze země. Výškově stavitelná varianta je naopak řešená rotačním výsuvem, což opět umožňuje měnit výšku stolu jednotlivým žákům bez nutnosti použití náčiní. Konstrukce stolu je doplněna o výsuvnou zásuvku Gratnells s aretací proti vypadnutí, umístěnou pod pracovní deskou.

Finální design setu je výsledkem postupného vývoje, který se z velké části věnoval primárně problematice dlouhodobého sezení v průběhu školního vyučování a jeho vlivu na výkon a zdraví podpůrně pohybového aparátu jedince. Výsledný návrh koresponduje s původní intencí, kterou bylo docílit ergonomicky vhodnějšího řešení a bude současně v pořádku i po estetické stránce.

## 6.1 Materiály

Nosná konstrukce židle je navržena z ocelových trubek, jejichž přesná specifikace se liší v závislosti na zvoleném modelu. Dynamická konzolová židle je zhotovená z ocelové svařované konstrukční trubky průměru 25 mm a tloušťce stěny 2.5 mm, válcované za tepla v jakosti S235JRG1 (ČSN 11373). Varianta čtyřnohá je navržena z obdobného typu konstrukční oceli s rozdílem v průměru a tloušťce stěny. Průměr trubky činí 22 mm a stěna trubka 2 mm. Část podnože, nesoucí zářadovou opěrku, je shodná se čtyřnohou variantou a je kvůli odolnosti navržena ze stejného typu materiálu konstrukční trubky v průměru 16 mm a stěnou 2 mm. Jednotlivé části konstrukce jsou spojené pomocí obvodových svarů a otevřené konce jsou opatřeny polyethylenovými kluzáky. U výškově nastavitelné varianty je kompletní konstrukce navržena jako hliníkové odlitky, pravděpodobně odlévané metodou tlakového lití do kovové formy. Tyto dílce jsou spojené pomocí běžně používaného plynového pístu. Nosné konstrukce jsou dokončené práškovou nátěrovou hmotou Komaxit v odstínech stupnice RAL.

Sedák a opěradlo jsou shodně navrženy jako tlakem tvarované dubové překližky o tloušťce 8 mm. Povrchově jsou upravené stálou olejovou barvou v odstínech stupnice RAL a zakonzervovány transparentním lakem. Tyto části jsou ke konstruk-

cím připevněné pomocí trhacích nýtů se zápusťnou hlavou.

Design stolu koresponduje s designem židle. Nohy nosné konstrukce jsou za tímto účelem navrženy z ocelové svařované konstrukční trubky o průměru 38 mm a tloušťce stěny 1,5 mm, válcované za tepla v jakosti ČSN 11373 (S235JRG1). Nohy jsou vzájemně propojené ocelovým uzavřeným profilem obdélníkového tvaru s podélným svárem, válcovaným za tepla v jakosti S235JR. Háček stolu je zhotoven z 4 mm silného ocelového plechu jakosti S235JR. Jednotlivé komponenty jsou spojené obvodovými sváry a opatřené stavitelnými polyethylenovými kluzáky či kolečky. Nosná konstrukce je dokončena práškovou nátěrovou hmotou Komaxit v odstínech stupnice RAL.

Stolová deska je navržena jako laminovaná dřevotřísková deska o tloušťce 22 mm. Hrany pracovní desky jsou dokončeny ABS hranou. Deska stolu je ke konstrukci připevněna ocelovými vruty M4 skrze otvory v obdélníkové konstrukci. Polypropylenová zásuvka Gratnells je přichycena k pracovní desce pomocí výpalků z ocelového plechu jakosti S235JR nahýbaných do úhelníku umožňujícímu částečný, aretovaný výsuv zásuvky.

## **6.2 Technologie výroby**

Finální řešení bylo od počátku navrženo s ohledem na výrobní možnosti společnosti Santal spol. s. r.o. a jejich subdodavatelů. Kompletní set je za tímto účelem složen z komponentů, které lze objednat jako polotovary u subdodavatelů nebo je vyrobit přímo ve výrobním závodě firmy Santal v Třeboni, kde probíhá i finální kompletace a výstupní kontrola produktů.

### **6.2.1 Nosné konstrukce**

Veškerý ocelový materiál je možné zhotovit takzvaně in-house, tedy v kovovýrobní sekci závodu společnosti Santal. Firma disponuje velkým množstvím poloautomatizovaných a automatizovaných strojů a procesů, které zabezpečí precizní zpracování jednotlivých částí nosných konstrukcí a komponentů.

Jednotlivé části nosných konstrukcí jsou nejprve formátovány na požadované rozměry. U konstrukčních trubek je tento proces prováděn na automatické formátovače profilů, která po zadání vstupních parametrů provede celý úkon formátování definovaných délek samostatně. Formátovací stanice umožňuje dělení profilového a tyčového materiálu o různých průměrech a tloušťkách stěn. Z výrobního hlediska se jedná o výhodnou metodu vhodnou pro velkosériovou výrobu z pohledu obsluhy, nákladů na provoz a časové efektivity. Deskový materiál je naopak formátován na CNC laseru pro vypalování kovových součástí. Jedná se o přesnou

a efektivní metodu výroby plošných kovových dílců.

V dalším kroku je naformátovaný materiál trvale plasticky deformován do požadovaných tvarů. Trubkové polotovary jsou tvářené na automatické ohýbače trubek, která po nastavení vstupních parametrů provede jednotlivé ohyby s maximální přesností v závislosti na dostupných maticích. Z pohledu efektivity se jedná o velmi výhodný proces tváření konstrukčních trubek, který je po úvodním nastavení schopný generovat polotovary ve velkých sériích s minimálními požadavky na obsluhu. Deskový materiál je tvářen na poloautomatickém pneumatickém CNC ohraňovacím lisu, který zabezpečuje precizní ohyby ve stanovených úhlech a rádiusech. Opět se z výrobního hlediska jedná o velmi efektivní způsob výroby dílců pro sériovou výrobu.

Takto předpřipravené dílce jsou následně spojené do výsledných konstrukcí. Tento proces probíhá pomocí technologie obloukového svařování tavící elektrodou v aktivním plynu – MAG. Technologie svařování MAG patří k nejrozšířenějším metodám svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Jedná se o metodu tavného svařování v ochranném atmosféře pomocí aktivního plynu, u kterého je spojení dosaženo přívodem tepelné energie a dendritickou krystalizací roztaveného svarového spoje [Horák, 2020].

Konstrukce jsou v posledním kroku dokončeny práškovou nátěrovou hmotou Komaxit – nanášením vrstev práškové barvy v elektromagnetickém poli. Tento způsob povrchové úpravy funguje na principu elektrostatických sil, kdy jsou elektricky nabitě částice prášku přitahovány na uzemněný předmět. Na povrchu předmětu se vytvoří vrstva prášku, která je následně v peci roztavena a vytvoří tak homogenní film o vysoké odolnosti, který předmět chrání před vnějšími vlivy.

### **6.2.2 Opěradla a stolové desky**

Opěradla a stolové desky jsou navrženy jako styčné plochy, s kterými uživatel přichází do kontaktu. Sedák a opěrák je navržen z tlakově tvarované dubové překližky. Proces výroby těchto dílců probíhá mimo výrobní závod společnosti Santal a do kompletačního procesu jsou přiváženy jako polotovary od subdodavatele. Deska stolu je naopak navržena z laminované dřevotřískové desky opatřené ABS hranou. Finální stolové desky jsou vyráběny v dřevovýrobní sekci firemního závodu.

Výroba ohýbaných překližkových dílců probíhá na principu vrstvení tenkých dřevěných dých o tloušťce mezi 0,6 a 1,5 mm, které jsou k sobě vzájemně slepené přilehlými vrstvami. Jejich orientace kresby dřeva je vůči sobě vzájemně pootočena o 90°. Takto předpřipravený sendvičový panel je následně, před zatvrdnutím lepidla, pod tlakem vtlačen do lisovací formy, v které je celý komplet vytvarován do finálního tvaru. Vytvrzený polotovar je v dalším kroku oříznutý do finálního tvaru,

jsou vyvrtány otvory pro uchycení nýty ke konstrukci a celý povrch je po zabroušení upraven barvou či lakem. Za tímto účelem je zamýšlena výroba speciálních forem pro navrhované profily sedáku a opěradla, který sériovou výrobu těchto dílců maximálně zefektivní.

Navrhovaná deska stolu z laminované dřevotřískové desky o tloušťce 22 mm je do požadovaného tvaru vyříznuta z průmyslově dostupných desek Kronoplast o standardním formátu 2800x2070 mm. Samotné formátování finálního tvaru probíhá na CNC fréze přímo ve výrobním závodě společnosti Santal. Takto předpřipravená deska je následně olepená ABS hranou na poloautomatické olepovačce. Jedná se o odolný materiál proti otěru s barevnou stálostí a jednoduchým způsobem aplikace.

Takto zpracované dřevěné dílce jsou posléze v procesu kompletace připevněny k nosným konstrukcím pomocí standardně využívaného kování.

### **6.3 Vizualizace**

Následující stránky obsahují vizualizace finálních produktů.



Obr. 40: Vizualizace



Obr. 41: Vizualizace





Obr. 42: Vizualizace



Obr. 43: Vizualizace



Obr. 44: Vizualizace



Obr. 45: Vizualizace



Obr. 46: Vizualizace



Obr. 47: Vizualizace

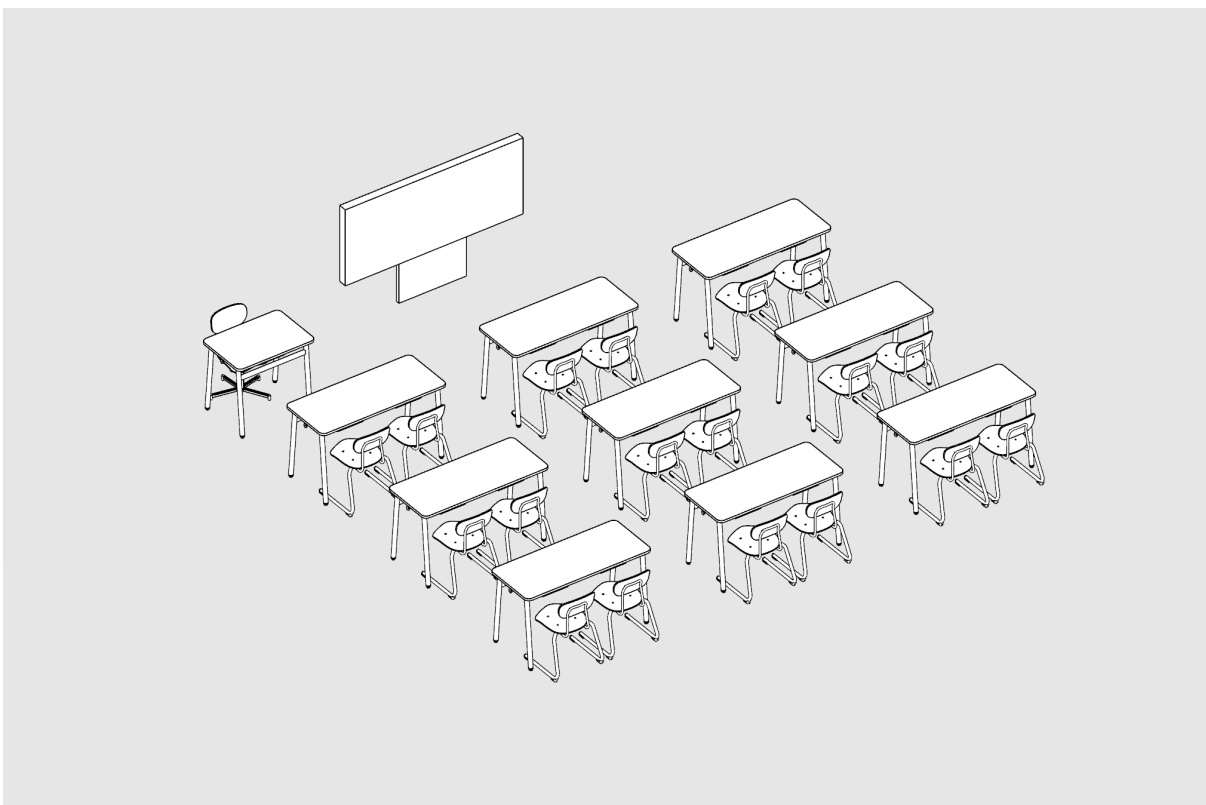


Obr. 48: Vizualizace

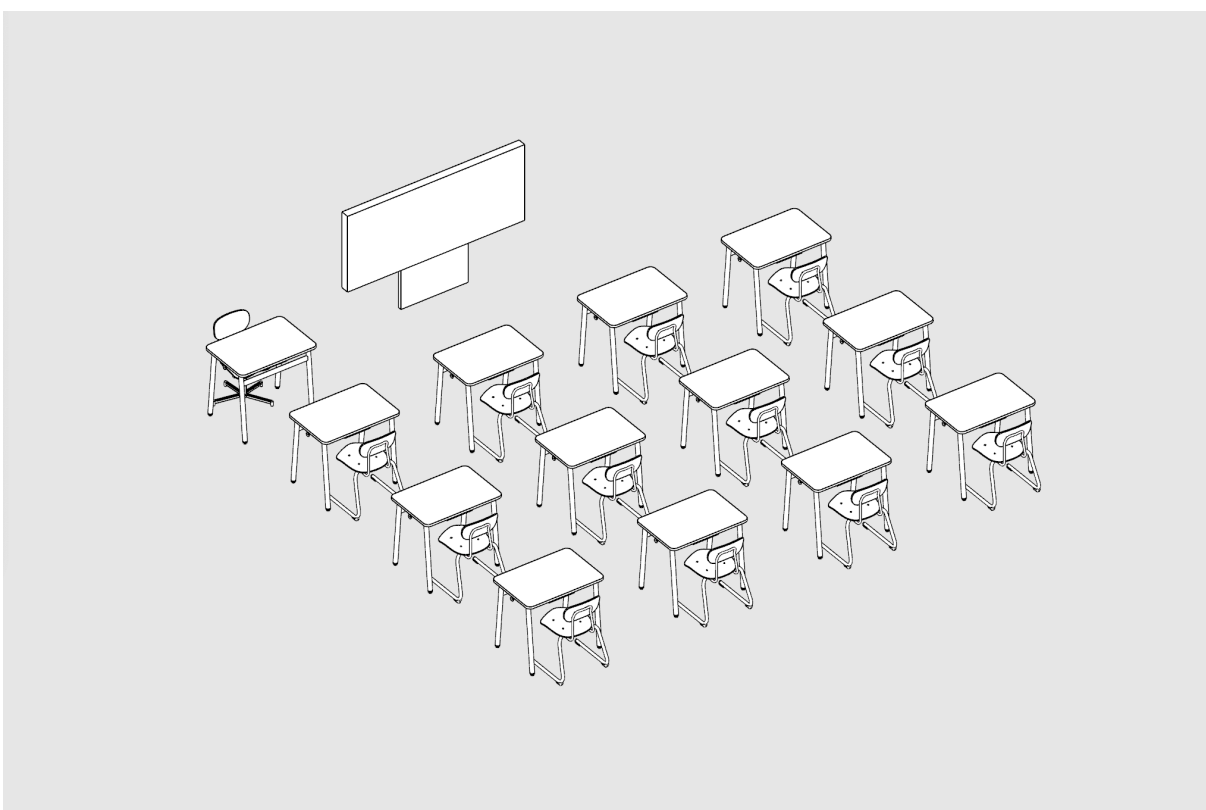




Obr. 49: Vizualizace



Obr. 50: Uspořádání třídy - jednomístná lavice

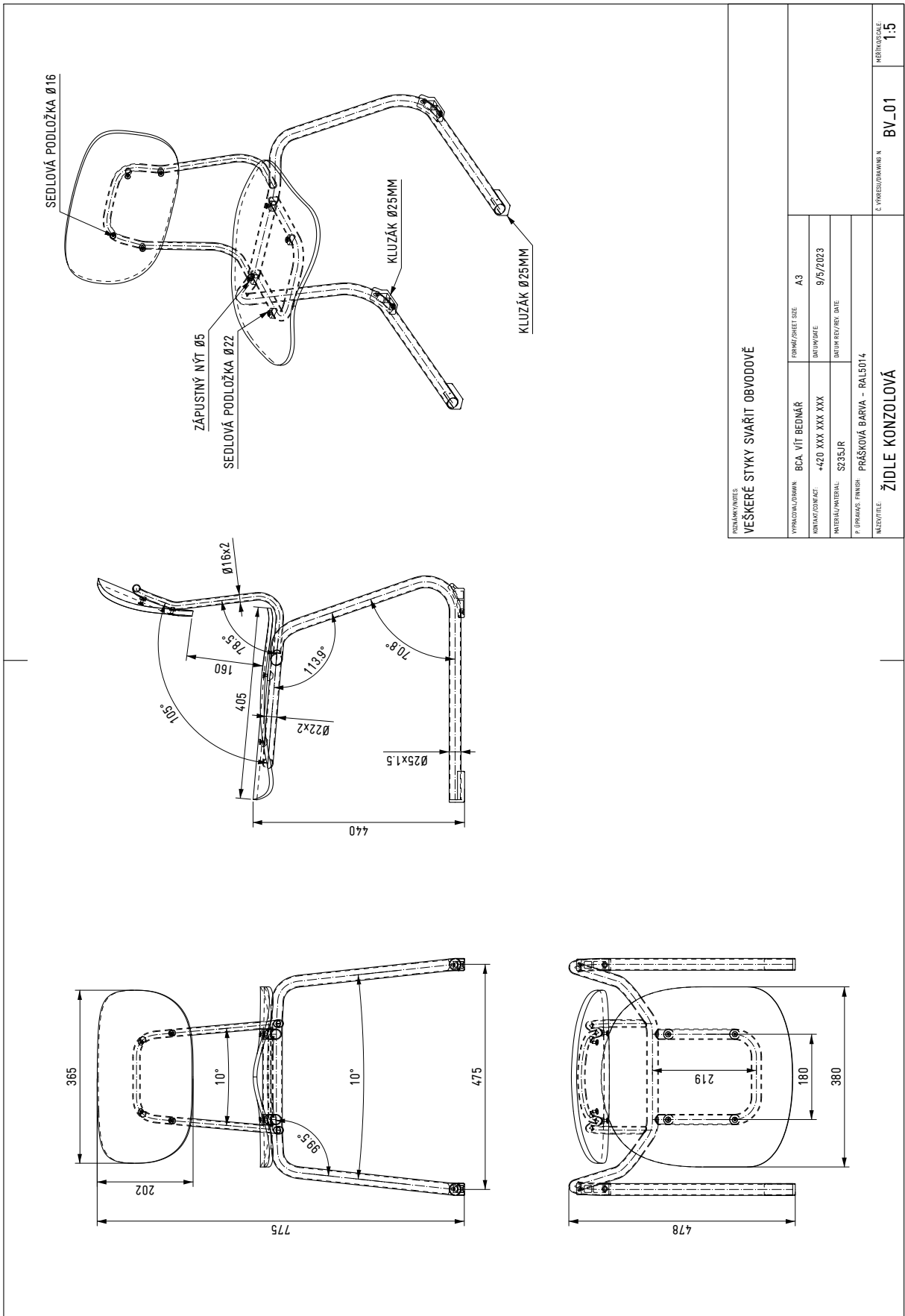


Obr. 51: Uspořádání třídy - dvomístná lavice

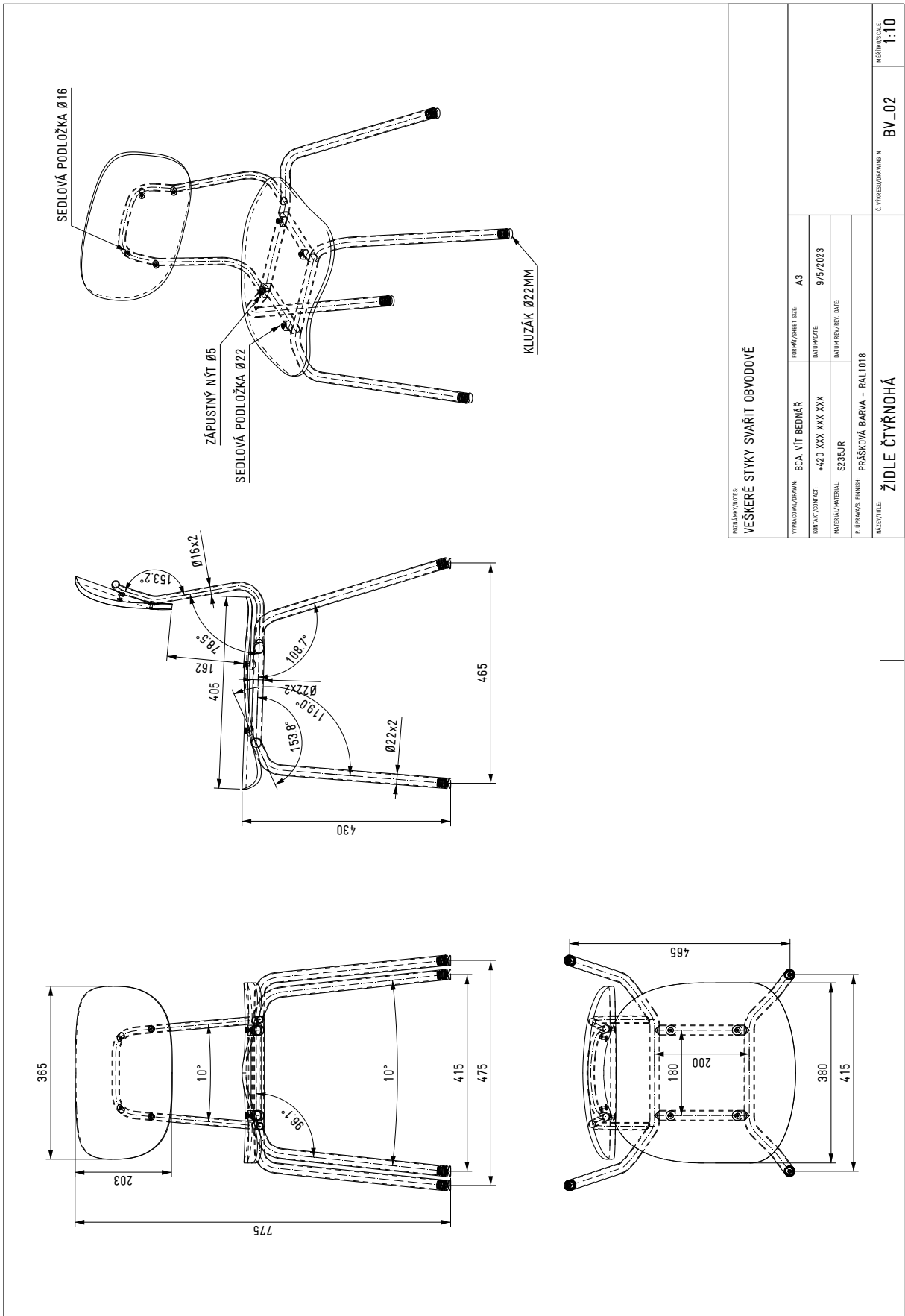
## 7 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

Definice jednotlivých použitých materiálů a výrobních technologií byla provedena v předchozích kapitolách. Před uvedením produktů do reálné výroby by nicméně tyto nutné vhodnost zvolených materiálů jednoznačně otestovat a v případě nutnosti zaměnit.

Technické výkresy sestav reprezentativních produktů ve velikosti 5 jsou zobrazené na následujících stranách.

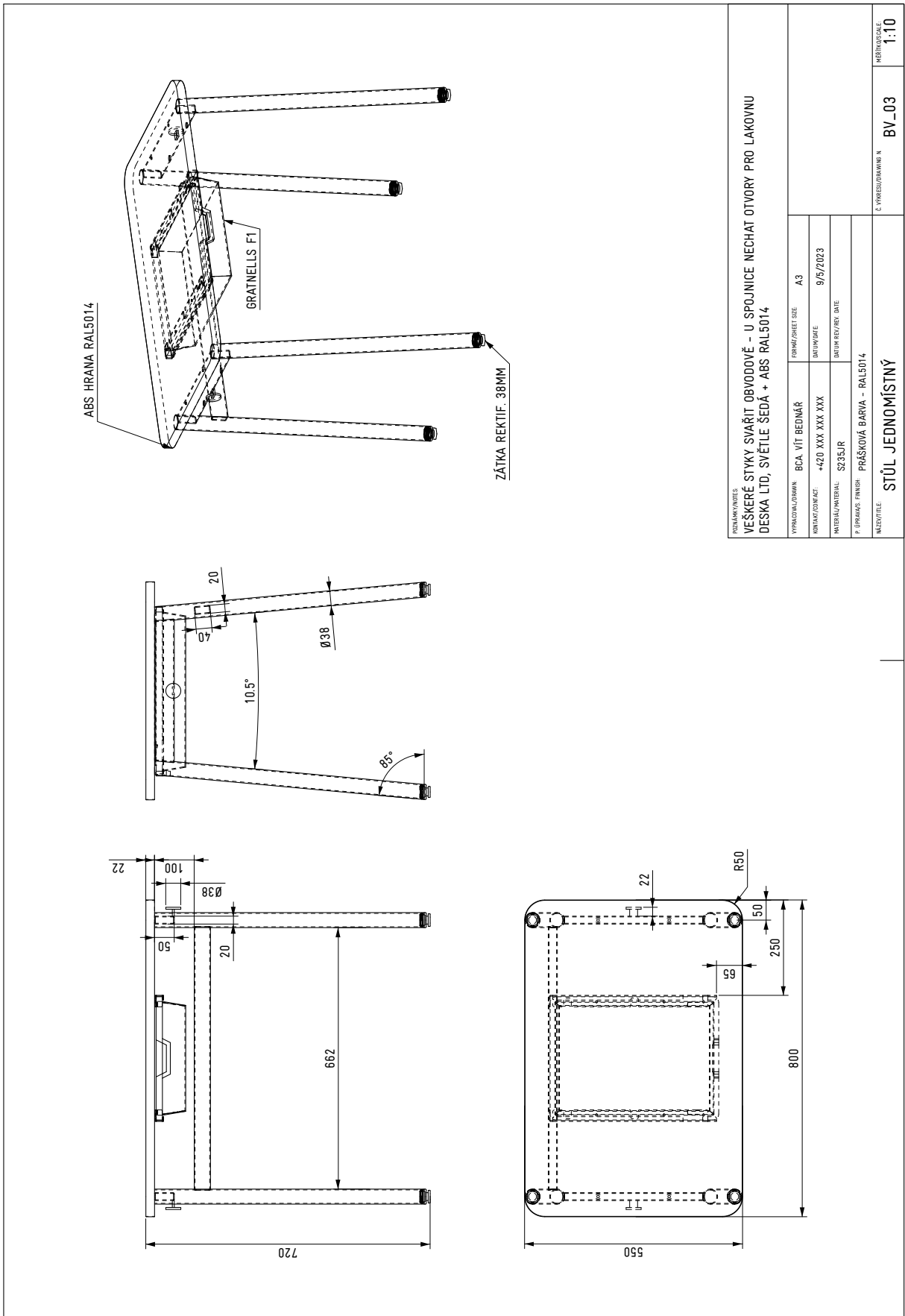


Obr. 52: Výrobní výkres konzolové židle



Obr. 53: Výrobní výkres čtyřnohé židle

PODLEŽNÝMIŠTĚ VESKÉRE STYKY SVARIT OBVOODOVĚ		FORMA/ŠEET SIZE A3
VÝROBCE/ODMÁN BCA VIT BEDNÁŘ	BRNÁR/DATE 9/5/2023	
KONTAKT/CONTACT +420 XXX XXX XXX		
MATERIÁL/MATERIAL S235JR	BRNÁR REV./REV. DATE	
P. ÚPRAVY/ FINISH PRAŠKOVÁ BARVA – RAL1018		
NÁZEV/TITLE ŽIDLE ČTYŘNOHÁ	Č. VÝKRESU/DRAWING N BV_02	MĚŘITELNOST 1:10



Obr. 54: Výrobní výkres stolu

## 8 ZÁVĚR A REFLEXE

Celý projekt byl vypracován a postaven na základě velmi obsáhlé a tématicky rozkročené analytické části. Ta v každé její fázi podrobně zkoumá a poukazuje na nedostatky současného designu školního nábytku. Výsledkem analytického procesu vznikl ucelený pohled na problematiku, který vytvořil robustní koncepční základ práce. Díky těmto poznatkům se v konečné fázi projektu podařilo přijít s komplexně řešeným produktem, který cíleně reaguje a přináší odpověď na definovanou problematiku.

Zvolené téma se v průběhu práce ukázalo jako značně komplexní záležitost s obrovským množstvím omezení a stereotypů, které ovlivňují potenciální alternativní produktové řešení na několika úrovních zároveň. Oblast školství je obecně velmi konzervativní odvětví, které v kombinaci s omezenými finančními prostředky tendenčně směřuje k zavedeným rutinním řešením. Proces změny bude muset být za tímto účelem pozvolný a silně argumentačně odůvodněný.

Navrhovaný koncept byl průběžně, v rozdílných fázích rozpracovanosti, konzultován a testován s nezávislými odborníky z různých profesí, kteří se ohledně smysluplnosti koncepčního řešení vyjádřili s minimálními připomínkami pozitivně. Z funkčního hlediska se zvolený koncept v dané chvíli jeví jako schopný a odpovídající na definovaný problém ergonomicky jednoúčelově navrhovaného nábytku.

Postupným nelineárním evolučním vývojem vznikl komplexní a funkční produkt, který na základě ergonomicky alternativního tvaru sedáku, rovnoměrně distribuujícího rozložení tlaku na jeho povrchu, řeší v souvislostech a kontextových parametrech nedostatky současných produktů.

### 8.1 Zhodnocení finálního návrhu

Koncept navrženého produktu se striktně zabývá řešením problematiky definované v průběhu teoretické části. Jednotlivé kroky vedoucí k finalizaci navrhovaného produktu byly voleny s cílem dosáhnout nejvhodnějšího možného řešení, které se vměstná do stanovených mantinelů a vytvoří tak funkční produkt po koncepční, estetické i technologické stránce.

Výsledkem procesu je set školního nábytku, který na základě získaných dat pracuje s ergonomií sedací plochy za účelem jejího zefektivnění s ohledem na aktivity žáků v průběhu vyučovacích hodin. Žákům poskytuje optimální míru komfortu a podpory při nejčastěji provozovaných aktivitách – aktivní práci na pracovní desce stolu, pasivní pozici při poslechu nové látky a středním optimálním sedu. V kombinaci se základní konzolovou variantou podnože současně židle



poskytuje optimální míru dynamiky sezení, nutné pro prevence vzniku poruch podpůrně pohybového aparátu.

Po konstrukční stránce produkty respektují výrobní možnosti společnosti Santal a jsou v tomto ohledu vyrobitelné téměř kompletně in-house ve firemním výrobním závodě pouze za použití stávajících technologií. Jednotlivé komponenty jsou navrženy z běžně dostupných materiálů a pro kompletaci jsou zvoleny ověřené spojovací technologie a produkty. Vlastní estetika produktu vychází z konstrukčního řešení jednotlivých dílců a je precizně řešená s cílem pro dynamiku, celkové měřítko a detail jednotlivých produktů. Celý návrh je rozpracován do kolekcí s různými variantami v požadovaných velikostních typech. Rozdílné varianty konstrukcí židlí a stolů umožňují alternativní orientaci tříd za účelem zefektivnění výuky dle potřeby jednotlivých předmětů nebo učitelů. Výsledné produkty kombinují silné stránky osvědčených stávajících produktů a materiálů, s inovativním přístupem k řešení otázky konceptu školního sezení.

Obecně jsou jednotlivé produkty navrženy v souladu s předem definovanými omezeními a v rámci časové dotace laboratorně otestované s cílem ověřit navrhovaná řešení. Návrh bez výhrad splňuje požadavky, které byly v úvodu práce stanovené za účelem projekt potenciálně posunout co nejbližší k překlopení do reálné výroby.

## **8.2 Porovnání s původním záměrem**

Původní záměr, tedy podrobná analýza současného stavu a následné vlastní alternativní řešení v mezích dané problematiky, se paralelně s postupem práce jevil jako mnohem ambicióznější než v úvodu práce. Analytická část průběžně poukazovala na nedostatky školního nábytku ve vztahu k typologii školní výuky a jednoznačně stanovila mantinely a směřování budoucího vývoje.

Proces navrhování probíhal postupně v logicky navazujících krocích. Jednotlivá rozhodnutí byla opřena o data a informace uvedené v analytické části a současně respektovala předem stanovené požadavky na finální řešení produktu. Ty ve své konečné podobě řeší nedostatky pozorované u současných konvenčních produktů, jsou po estetické stránce v pořádku a respektují výrobní a technologické možnosti firmy Santal. V neposlední řadě produkty splňují platná legislativní nařízení pro úspěšné splnění certifikaci a po finálním testování je teoreticky možné je zařadit do reálné výroby.

Přestože výsledný produkt prošel nespočtem změn a dílčích i koncepčních úprav způsobených vnějšími vlivy, cíl a motivace se v průběhu celého projektu nezměnili. Původní záměr celé práce je tak v konečném důsledku zjevný i na finálním návrhu školního setu.

### 8.3 Potenciální pokračování projektu

Navrhované řešení jednoznačně vybízí v projektu dále pokračovat. Tvorba finálního produktu odhalila některé dílčí detaily, které bude třeba směrem k dalším krokům upravit. Jedná se převážně o změny s ohledem na zjednodušení výrobního procesu či malé rozměrové úpravy pro celkovou optimalizaci návrhu.

V nadcházejících fázích bude dále nutné navržené produkty řádně konstrukčně otestovat a případné odhalené nedostatky upravit a zapracovat směrem do dalších prototypů. Toto pokračující prototypování musí proběhnout postupně ve všech velikostních variantách kolekcí, kde bude třeba opět provést detailní testování s cílem vyhodnocení vhodnosti dílčích konstrukčních řešení.

Nemalé úsilí bude nutné věnovat také marketingu. Vzhledem k faktu, že školní sektor je jedním z nejkonzervativnějších odvětví vůbec, postupné potenciální zavádění produktu do škol bude na tomto kroku životně závislé. Finální produkt bude muset být prezentován srozumitelně s cílem přesvědčit vedení škol, že stávající konvenční školní nábytek, na který jsou všichni již přes dekádu zvyklí, nemusí být pro žáky tím nevhodnějším řešením.

V rámci výzkumné činnosti práce odhalila potenciální směry, které jsou v současné době nedostatečně teoreticky zmapované. Jedná se především o podrobný výzkum v oblasti vlivu školního prostředí, zaměřující se na vliv jednotlivých sektorů a produktů na výkon, koncentraci a budoucí zdravotní stav žáků. S ohledem na velikost a význam odvětví se nepochybně jedná o data, která jsou pro kvalitní porozumění a další vývoj školního prostředí a předmětů spojených s výukou velmi důležitá.

## 9 TEXTOVÉ ZDROJE - LITERATURA

BARTOŠKOVÁ, Zdenka. *Kapitoly z didaktiky zdravotní tělesné výchovy*. Olomouc: Vydavatelství University Palackého, 1991

BRIDGER, Robert. *Introduction to Ergonomics*. Londýn: Taylor & Francis, 2001

BRUNECKÝ, Petr. *Historický vývoj nábytku*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1993

ČERMÁK, Josef. *Záda už mě nebolí*. Praha: Jan Vašut, 2008

ČSN EN 1729-1. *Česká technická norma: Nábytek - Židle a stoly pro vzdělávací instituce část 1: Funkční rozměry*. Praha: Český normalizační institut, 2017.

ČSN EN 1729-2. *Česká technická norma: Nábytek - Židle a stoly pro vzdělávací instituce část 2: Bezpečnostní požadavky a metody zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2017.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Epava, 2000

ELIŠKOVÁ, Miloslava a Ondřej NAŇKA. *Přehled anatomie*. Praha: Karolinum, 2006

FAIERAJZLOVÁ, Věra. *Vadné držení těla dětí školního věku v kontextu programu Zdraví 21*. In: APRA IPVZ [online]. 01/2005 [cit. 2022-12-10]. Dostupné z: [www.apra.ipvz.cz/download.asp?docid=220](http://www.apra.ipvz.cz/download.asp?docid=220)

FILIPOVÁ, Věra. *Doporučení Státního zdravotního ústavu v Praze a MŠMT pro vedení školy při nákupu školního nábytku*. In: Státní zdravotní ústav [online]. Praha, 30. 7. 2009 [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/czpzp/skola/skolni\\_nabytek\\_jan10.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/czpzp/skola/skolni_nabytek_jan10.pdf)

FAIERAJZLOVÁ, Věra. *„Zdravě sedět, více vědět!“: Možnosti prevence vadného držení těla v prostředí základní školy*. Praha, 2010. Přednáška, České Budjovice, 2010

GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada Publishing, 2002

HALADOVÁ, Eva a Ludmila NECHVÁTALOVÁ. *Vyšetřovací metody hybného systému*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2005

HNÍZDIL, Jan, Jiří ŠAVLÍK a Olga CHVÁLOVÁ. *Vadné držení těla dětí*. Praha: Triton, 2005, 31 s.

HORÁK, Zdeněk. *Návrh svařovacího procesu metodou MAG pro výrobu podvozového dílu automobilu*. Praha: Diplomová práce. ČVUT, 2020

KANICKÁ, Ludvika a Zdeněk HOLUŠ. *Židle*. Praha: Grada, 2011

KOLÍSKO, Petr a Martina FOJTÍKOVÁ. *Prevence vadného držení těla na základní škole*. Ostrava: PROprint, 2003

KRATĚNOVÁ, Jana, Kristýna ŽEJGLICOVÁ, Marek MALÝ a Věra FILIPOVÁ. *Výskyt vadného držení těla u dětí školního věku v ČR*. Demografie. 2008

Nábytkářský informační server. *Antropometrie a dimenzování*. In: n-i-s.cz [online] 2013 [cit. 2022-12-5]. Dostupné z: <https://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie-a-dimenzovani/page/342/>

KREJČÍ, Milada a Milada BÄUMELTOVÁ. *Optimalizace denního režimu žáků mladšího školního věku*. Č. Budějovice: INCA, 1999

MACHOVÁ, Jitka a Dagmar KUBÁTOVÁ. *Výchova ke zdraví*. Praha: Grada, 2009

MANDAL, A.C. *Balanced sitting posture on forward sloping seat*. In: acmandal.com [online] 1997 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <http://www.acmandal.com>

MATOUŠOVÁ, Miluše. *Zdravotní tělesná výchova: metodické texty pro školení cvičitelů zdravotní tělesné výchovy*. Praha: Sdružení pro rozvoj zdravotní tělesné výchovy, 1995

MIGLIANI, Audrey. *Schools of the Future: How Furniture Influences Learning*. In: archdaily.com [online]. 2005 [cit. 2023-01-12] Dostupné z: <https://www.archdaily.com/938717/schools-of-the-future-how-furniture-influences-learning>

MÜLLER, Thomas. Romana SCHNEIDER. *The Classroom: From the Late 19th Century until the Present Day*. Berlin, 2010

MÜLLER, Thomas. *The School Museum | Historic school furniture*. In: vsamerica.com. 2010 [cit. 2023-02-23] Dostupné z: <https://vsamerica.com/schulmuseum/>

ÖNORM A 1650. *Schülerarbeitsplätze — Sicherheitstechnische und ergo nomische Anforderungen an Sessel und Tische*. Vídeň: Austrian Standards Institut, 2017

PEŇÁZOVÁ, Jana. *Vliv školy a školního prostředí na držení těla dětí mladšího školního věku – případová studie třídy*. Brno: Diplomová práce. Masarykova Univerzita, 2016

PERNICOVÁ, Hana, Jela LABUDOVÁ, Pavel STRNAD, Taťána BĚLKOVÁ a Marie KYRALOVÁ. *Zdravotní tělesná výchova*. Praha: Fortuna, 1993, 183 s.

RAŠEV, Eugen. *Nejen bolesti zad vás zbaví Škola zad*. Praha: Direkta, 1992

SEDLÁČKOVÁ, Pavlína. *Školní nábytek ve vztahu k problematice vadného držení těla u žák 1. a 2. třídy ZŠ v Českých Budějovicích*. Č. Budějovice: Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012

SRDEČNÝ, Vojmír. *Zvláštní tělesná výchova: lékařská část-didaktická část*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978

ŠRÁMEK, Jiří. *Anatomie páteře*. In: Spinesurgery.cz [online]. 2011 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: [http://www.spinesurgery.cz/spine\\_\\_anatomy.html](http://www.spinesurgery.cz/spine__anatomy.html)

THOMPSON, Derek. *The four-letter code to selling just about anything*. In: theatlantic.com [online]. 2017 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2017/01/what-makes-things-cool/508772/>

TICHÝ, Miroslav. *Funkční diagnostika pohybového aparátu*. Praha: TRITON, 2000

## 10 OBRAZOVÉ ZDROJE

Obr. 01: Vadné zakřivení páteře. (Zdroj: [Online] In: topskolky.cz [cit. 2022-12-15]. Dostupné z: <https://www.topskolky.cz/blog/135-jak-rozpoznat-u-svych-deti-vadne-drzeni-tela->)

Obr. 02: Přední, střední a zadní sezení. (Zdroj: SEDLÁČKOVÁ, Pavlína. Školní nábytek ve vztahu k problematice vadného držení tla u žák 1. a 2. tíd ZŠ v Českých Budjovicích. Č. Budějovice: Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012)

Obr. 03: Antropometrické rozměry člověka. (Zdroj: [Online] In: n-i-s.cz [cit. 2022-12-5]. Dostupné z: <https://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie-a-dimenzovani/page/342/>)

Obr. 04: Ergonomické rozměry školního nábytku. (Zdroj: [Online] In: semanticscholar.org [cit. 2022-12-29]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Ergonomic-Based-Design-and-Survey-of-Elementary-Maheshwar-Jawalkar/e146f3c939973be702f8dc3920298dc28b9bac48>)

Obr. 05: Nevhodná výška pracovní desky stolu. (Zdroj: SEDLÁČKOVÁ, Pavlína. Školní nábytek ve vztahu k problematice vadného držení tla u žák 1. a 2. tříd ZŠ v Českých Budjovicích. Č. Budějovice: Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2012)

Obr. 06: Jean Prouvé, School Bench 1935. (Zdroj: [Online] In: vsamerica.com [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://vsamerica.com/schulmuseum/>)

Obr. 07: James Leonard, 1947. (Zdroj: [Online] In: vsamerica.com [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://vsamerica.com/schulmuseum/>)

Obr. 08: Robin Daye, Series E, 1971 (Zdroj: [Online] In: robinandluciennedayfoundation.org [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.robinandluciennedayfoundation.org/lives-and-designs/1930s>)

Obr. 09: Arne Jacobsen, Munkegaard, 1957 (Zdroj: [Online] In: vntg.com [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.vntg.com/183573/munkegaard-school-desk-and-mosquito-chair-by-arne-jacobsen-denmark-1950s/>)

Obr. 10: Wraparound, 1975 (Zdroj: [Online] In: schoolsin.com [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.schoolsin.com/sch-sc687-spbr.html/>)

Obr. 11: Ergostack, 1992 (Zdroj: [Online] In: hille.co.uk [cit. 2023-01-29]. Dostupné z: <https://www.hille.co.uk/ergostak>)

Obr. 12: Postura Plus, 1990 (Zdroj: [Online] In: kieurope.com [cit. 2023-1-29]. Dostupné z: <https://www.kieurope.com/products/by-name/postura-one-piece-chair/>)

Obr. 13: Současné školní židle z oválných trubek (Zdroj: [Online] In: skolicky.cz [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: [https://12qladsj.fra1.digitaloceanspaces.com/mydva.cz/wp-content/uploads/2023/02/my\\_dva-katalog\\_2020-aktualizace2023-web.pdf](https://12qladsj.fra1.digitaloceanspaces.com/mydva.cz/wp-content/uploads/2023/02/my_dva-katalog_2020-aktualizace2023-web.pdf))

Obr. 14: Dynamické školní židle (Zdroj: [Online] In: skolicky.cz [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: [https://skolicky.cz/katalog\\_\\_rubriky/skolni-zidle/](https://skolicky.cz/katalog__rubriky/skolni-zidle/))

Obr. 15 - 54: Archiv autora



# 11 SEZNAM ZKRATEK

PPA – podpůrně pohybový aparát

ZŠ – základní škola

RFFT – The Ruff Figural Fluency Test

SART – Sustained Attention to Response Task

MAYA – Most Advanced, Yet Acceptable

BMI – Body Mass Index

WHR – Waist to Hip Ratio

LDT – laminovaná dřevotřísková deska

MAG – Metal Active Gas

CNC – Computer Numerical Control

PUR – polyuretan

ABS – akrylonitrilbutadienstyren

# 11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Modely 1:1

Příloha 2 – Plakáty

Příloha 3 – Prezentační porfólio