

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
PEDAGOGICKÁ FAKULTA  
KATEDRA INFORMATIKY

**Mgr. Jakub Geyer**

Modelovací úlohy – Role strategií při procesu  
transformace mentální představy  
do formální reprezentace

DISERTAČNÍ PRÁCE

Studijní obor:	Informační a komunikační technologie ve vzdělávání
Školitel:	prof. Ing. Ladislav Beránek, CSc.
Školitel specialista:	PhDr. Milan Novák, Ph.D.

České Budějovice 2024

UNIVERSITY OF SOUTH BOHEMIA IN ČESKÉ BUDĚJOVICE  
FACULTY OF EDUCATION  
DEPARTMENT OF INFORMATICS

**Mgr. Jakub Geyer**

Modeling tasks – The role of strategies during  
the transformation of mental image  
into formal representation

DISSERTATION THESIS

Field of study:	Information and communication technology in education
Supervisor:	prof. Ing. Ladislav Beránek, CSc.
Supervisor specialist:	PhDr. Milan Novák, Ph.D.

České Budějovice 2024

## **Bibliografické údaje**

Jméno a příjmení autora:	Mgr. Jakub Geyer
Název disertační práce:	Modelovací úlohy – Role strategií při procesu transformace mentální představy do formální reprezentace
Název disertační práce anglicky:	Modeling tasks – The role of strategies during the transformation of mental image into formal representation
Studijní program:	Specializace v pedagogice
Studijní obor:	Informační a komunikační technologie ve vzdělávání
Školitel:	prof. Ing. Ladislav Beránek, CSc.
Konzultant/Školitel specialista:	PhDr. Milan Novák, Ph.D.
Rok obhajoby:	2024

### Klíčová slova v češtině:

*modelovací úlohy, strategie, informatika, mentální reprezentace, mentální model, formální reprezentace, 3D, databáze, modelování, vzdělávání*

### Klíčová slova v angličtině:

*modeling tasks, strategies, computer science, mental representation, mental model, formal representation, 3D, databases, modeling, education*

## **Abstrakt**

Modelovací úlohy, které spočívají v transformaci mentální představy do formální reprezentace, se velmi často vyskytují při studiu informatiky, matematiky, ale i v dalších technických i netechnicky zaměřených oborech. Z didaktického hlediska je na modelovacích úlohách zajímavé mimo jiné to, jakými způsoby/postupy řešitelé (studenti) zvládají časem náročnější, komplexnější úlohy. Často je možné setkat se s tím, že studenti mají u komplexních úloh s jejich řešením značné obtíže (nebo je uspokojivě nejsou schopni vyřešit vůbec), přestože dříve s typově podobnými jednoduššími úlohami žádné problémy neměli. Možné vysvětlení lze spatřovat ve špatném užití modelovacích strategií (např. rozděl a panu, cyklický přístup, apod.) nebo jejich úplná absence. Tato práce se zaměřuje na analýzu role strategií v modelovacích úlohách, možnosti jejich podpory/rozvoje a způsobu výuky. Je zde provedena studie, jejíž cílem bylo analyzovat možné dopady strategií v postupech studentů vysoké školy při řešení modelovacích úloh v oblastech 3D modelování a databáze. Cílem výzkumu bylo také analyzovat možnost zobecnění modelovacích strategií a jejich přenositelnosti mezi doménami s odlišným typem modelu.

## **Abstract**

Modeling tasks, consisting in the transformation of a mental image into the formal representation, very often occur in the study of computer science, mathematics, but also in other technical and non-technical fields. From the didactic point of view, it is interesting in modeling tasks (among others), which methods/procedures solvers (students) use to manage more demanding complex tasks. It is often possible to encounter students, who have significant problems solving complex tasks (or they are not able to solve them satisfactorily at all), even though they did not have any problems with similar simpler tasks before during the course. A possible explanation can be seen in the suboptimal use of modeling strategies (e.g. divide&conquer, iterative approach, etc.) or their total absence. This research is focused on the analysis of the role of strategies in modeling tasks, the possibilities of their support/development and teaching methods. The study is conducted, which aimed to analyze the possible impact of strategies in the procedures of university students in solving modeling tasks in the areas of 3D modeling and databases. The goal of the research was also to analyze the possibility of generalization of modeling strategies and their transferability between domains with different type of model.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval především své rodině a přátelům za trpělivost, toleranci a podporu při doktorském studiu a při psaní disertační práce. Dále děkuji svému školiteli, konzultantovi a všem kolegům za cenné rady, čas a pomoc při realizaci výzkumu. Zvlášť děkuji kolegům, kteří se podíleli na administraci a vyhodnocování standardizovaných testů. V neposlední řadě také děkuji všem studentům, kteří se podíleli na výzkumu svými úlohami a absolvováním psychologických testů, čímž také umožnili vznik této práce.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2024

# Obsah

<b>Bibliografické údaje .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstrakt.....</b>	<b>4</b>
<b>Poděkování.....</b>	<b>5</b>
<b>Prohlášení.....</b>	<b>6</b>
<b>Obsah.....</b>	<b>7</b>
<b>Definice pojmů a zkratk.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Úvod.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Vymezení výzkumného pole, cílů a úkolů práce .....</b>	<b>13</b>
2.1. Výzkumný problém.....	13
2.2. Výzkumné otázky a očekávání .....	15
2.3. Cíl práce .....	16
<b>3. Současný stav studované problematiky .....</b>	<b>17</b>
3.1. Mentální reprezentace .....	17
3.2. Mentální model (mentální představa) .....	18
3.3. Formální reprezentace.....	18
3.4. Složky inteligence .....	21
3.5. Problem-solving (teorie řešení problémů) .....	24
3.5.1. Strategie .....	26
3.5.2. Expertní řešitelé .....	27
3.6. Modelování .....	27
3.6.1. 3D modelování (CAD) .....	28
3.6.2. Modelování struktury databází .....	30
3.7. Informatické myšlení .....	32
<b>4. Metodologie a použité nástroje .....</b>	<b>33</b>
4.1. Volba designu výzkumu.....	33

4.2.	Design výzkumu .....	33
4.2.1.	Fáze výzkumu .....	36
4.3.	Nástroje a metody sběru a analýzy dat.....	37
4.3.1.	Kódování a analýza modelovacích úloh (GG diagram) .....	38
4.4.	Místo výzkumu a cílová skupina.....	42
4.5.	Etika výzkumu .....	42
4.6.	Volba software .....	43
<b>5.</b>	<b>Výzkumné šetření.....</b>	<b>44</b>
5.1.	Vzorek účastníků a průběh šetření .....	44
5.2.	Standardizované testy.....	49
5.2.1.	Test mentálních rotací.....	49
5.2.2.	Torranceho figurální test tvořivosti/kreativity (TTCT-Figural) .....	49
5.2.3.	Test struktury inteligence (IST 2000R) .....	51
5.3.	Výuka modelovacích strategií.....	52
5.3.1.	Volba modelovacích strategií .....	52
5.3.2.	Testovací modelovací úlohy .....	55
5.3.3.	Průběh výuky a testování (2. výzkumná fáze).....	58
5.4.	Pedagogicko-psychologické aspekty výuky 3D modelovacích úloh.....	61
5.4.1.	Skupinové (sociální) vlivy .....	62
5.4.2.	Kognitivní aspekty .....	65
<b>6.</b>	<b>Výsledky, analýza výsledků a diskuse .....</b>	<b>69</b>
6.1.	Charakteristika užitých modelovacích strategií .....	69
6.1.1.	Souhrn základních charakteristik.....	79
6.2.	Význam modelovacích strategií .....	80
6.3.	Volba modelovací strategie.....	89
6.3.1.	Význam kreativity pro volbu modelovací strategie.....	93
6.4.	Porovnání postupů studentů a expertních řešitelů.....	95



6.5. Přenositelnost / zobecnění strategií .....	97
6.6. Didaktika výuky modelovacích strategií.....	99
6.6.1. Vliv složek inteligence .....	100
6.7. Shrnutí a diskuse výsledků.....	103
6.8. Limity šetření a potřeba dalšího výzkumu .....	106
<b>7. Závěr.....</b>	<b>107</b>
<b>8. Seznamy .....</b>	<b>109</b>
8.1. Seznam obrázků .....	109
8.2. Seznam tabulek .....	110
8.3. Seznam grafů.....	111
<b>9. Použité zdroje .....</b>	<b>112</b>
<b>10. Přílohy .....</b>	<b>122</b>
Příloha 1 - Autor .....	123
Publikační činnost .....	123
Patenty, užitné vzory .....	124
Účast na grantech/projektech .....	125
Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií.....	126
Rozděl a panuj (divide and conquer).....	127
Iterativní (cyklický) přístup .....	128
Important first (Top-Down).....	129
Od jádra (postupně) / Zleva doprava .....	130
Skládání (Bottom-Up) .....	131
Pokus-omyl (Trial and Error).....	132
Příloha 3 - Zadání testovacích modelovacích úloh.....	133
3D – Žeton .....	133
3D – Hrací kostka.....	134
3D – Krabíčka.....	134

3D - Hrnek .....	135
3D – Dvoudílná kostka .....	136
3D – Držák telefonu .....	137
3D – Parametrický dům .....	138
DB – Inventář vybavení .....	139
DB – Hotel .....	140
DB – Sklad .....	141
DB – Dětský tábor .....	142
Výsledky standardizovaných testů .....	143
Výsledky modelovacích testů – použité strategie .....	146

## Definice pojmů a zkratek

3D model	Model vytřeni v 3D CAD
CAD	Computer-aided design (počítačem podporované kreslení/projektování/návrhářství)
DB	Databáze, pro potřeby této práce ve smyslu počítačové databáze
E-R diagram	Entitně-relační diagram (Entity–relationship diagram)
Features / Funkce (3D)	Jednotlivé funkce (kroky), které v parametrickém 3D modelování postupně vytváří výsledný model (např. sketch, extrude, fillet, apod.).
GG diagram	Geyer-Ganttův diagram byl vytvořen pro potřeby vizualizace a analýzy modelovacích postupů (viz <i>Nástroje a metody sběru a analýzy dat</i> )
JČU	Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Mentální představa	Pojem mentální představa je v této práci užíván jako synonymum pro mentální model (viz <i>Mentální model</i> )
UML	Unified Modeling Language (jednotný modelovací jazyk)

# 1. Úvod

V infromatických a dalších vědních oborech se lze často setkávat se specifickým typem úloh, jejichž cílem je tvorba modelu – určité oblasti reality, kterou pozoruje autor. Jedná se prakticky o formální zápis mentální představy autora o určitém jevu, který slouží k záznamu (detailnímu popisu) a možnosti komunikace tohoto záznamu prostřednictvím společného popisného jazyka. Tyto úlohy lze souhrnně nazývat jako „modelovací úlohy“, přestože jejich užití, zápis a domény, v kterých se tyto úlohy vyskytují, mohou být značně odlišné (např. 3D model, entitně-relační model, diagram aktivit, apod.). Modelovací úlohy mohou být také, na rozdíl od jiných problémových úloh, více závislé na znalostní základně, zkušenostech a přesvědčení/úsudku autora. Při procesu transformace mentální představy autora do výsledného formálního modelu hraje často roli autorovo chápání reality o zpracovávaném jevu, které se (opět na rozdíl od jiných problémových úloh, kde je zadání pevně definováno) často dotváří/zpřesňuje až v průběhu této transformace – při modelování.

Při výuce modelovacích úloh se lze zejména v pozdějších fázích, u pokročilých/komplexních úloh, setkat s jevem, že studenti nejsou schopni dojít k přijatelnému výsledku (modelu), nebo jen se značnými obtížemi a v nepřiměřeném čase. A to i přes to, že typově podobné dílčí úlohy již dříve úspěšně řešili. Tento jev se navíc objevuje i u studentů, kteří při předchozí výuce a testech zvládali problematiku velmi uspokojivě (někdy až nadprůměrně v porovnání s ostatními studenty). Příčinou může být chybně zvolená modelovací strategie (způsob vytváření modelu) pro transformaci mentální představy do formálního modelu (proces modelování) či její absence. Význam strategií pro průběh modelování je o to vyšší, že tyto strategie mohou i napomáhat dotváření mentální představy. Naopak nevhodně zvolená strategie (případně nevhodná kombinace strategií) může vést ke značným obtížím při modelování, kde je možné se setkat s takovými případy, kdy bylo nutné například v průběhu modelování dosavadní model „zahodit“ a začít úplně od začátku s ohledem na zcela chybný dosavadní model. Přestože takovým situacím nelze zcela zabránit, vhodně zvolená strategie by měla napomoci „hladšímu“ průběhu (přímější cestě k výslednému modelu) a současně zamezit vzniku vážnějších „slepých uliček“ nebo jejich dřívějšímu odhalení.

## 2. Vymezení výzkumného pole, cílů a úkolů práce

Práce se zabývá oblastí modelovacích úloh. Pojem modelovací úlohy nemá v současné literatuře ustálenou definici. Pro potřeby této práce je tak za modelovací úlohu považována taková úloha, jejíž výsledkem je model (v podobě popisu/diagramu/schématu/struktury/apod.), který pomocí pevně definované gramatiky popisuje detaily určitého jevu tak, aby jiný uživatel této gramatiky byl schopen tomuto modelu porozumět. [1] [2] Výzkum probíhá v doménách **3D CAD** (3D modelování) a **databáze** (modelování struktury databázi).

Zaměření práce se dále soustředí na problematiku strategií, které lze uplatnit na modelovací úlohy. Strategie je možné chápat jako soubor postupů a doporučení, které společně vytváří návod, jakým způsobem modelovací úlohu řešit.

Cílovou skupinou výzkumu jsou studenti informatických programů terciálního vzdělávání. Lze však předpokládat přesah problematiky do jiných oblastí či do nižších stupňů vzdělávání (například s ohledem na rozvoj 3D tisku a s ním souvisejícím 3D modelováním [3] na středních školách).

### 2.1. Výzkumný problém

Hlavní výzkumný problém lze formulovat otázkou, do jaké míry je proces modelování ovlivněn použitými strategiemi při řešení úloh.

Je možné předpokládat, že některým jedincům by zejména při řešení komplexnějších (rozsahem náročnějších) úloh mohla vhodně zvolená strategie (nebo kombinace strategií) poskytnout návodný rámec pro řešení takové úlohy. Je však možné se domnívat, že student si může tyto strategie vytvořit sám na základě pozorování a zkušeností z předchozích úloh. Teoreticky je také možné, že i nevhodně zvolená strategie umožní studentům realizovat vyhovující řešení (model).

Problematika strategií modelovacích úloh přitom není v dostupné literatuře uspokojivě řešena. Neexistuje vymezení strategií uplatnitelných pro modelovací úlohy, metodika využití strategií při výuce modelování či analýza jejich vlivů v cílových oblastech (3D modelování a databáze).

Uvažujeme-li strategie jako techniky, které přestože negarantují úspěšné řešení úlohy, tak ale slouží jako nástroj, který nás provádí procesem řešení problému (jak je definuje E. Mayer [4]);

absence těchto strategií v modelovacích úlohách může mít velmi negativní dopad. Naopak vhodně aplikované strategie mohou zejména nezkušenému (či zkušenému) řešiteli výrazně pomoci v průběhu modelování i při dotváření mentálního modelu. Rovněž zde vyvstává otázka, jakým způsobem je možné efektivně podpořit porozumění strategiím a jejich úspěšnou aplikaci.

Význam strategií pro řešení problémových úloh (mezi které zařazuje i modelovací úlohy) zmiňuje například J. Williams<sup>1</sup> [5], nebo L. Dostál<sup>2</sup> [6]. Na potřebu hlubšího výzkumu upozorňuje také D. Koch<sup>3</sup>, který společně s D. Jonassen<sup>4</sup> poukazuje také na potenciální pozitivní vztahy mezi modelovacími úlohami (jako nástroji externí vizualizace problémů) a řešením problémových úloh.

Didaktický význam modelování, zmiňuje například W. Gander [7], který je citován také kolektivem autorů JČU<sup>5</sup> v knize *Badatelsky orientovaná výuka matematiky a informatiky s podporou technologií*. Tvorba modelu včetně jeho formalizace je zde uvedena jako jeden z kroků řešení problému využívající informatického myšlení.

Z didaktického hlediska je také velmi zajímavá možnost přenositelnosti strategií z jedné domény do jiné, typově zcela odlišné. Zda je tedy možné osvojené strategie z domény s fyzickými modely (CAD design), jejichž výhodou je nižší míra abstrakce pro studenty, generalizovat a přenést tyto strategie do domény jiné, která využívá symbolické modely (např. modelování struktury databáze).

---

<sup>1</sup> Volně přeloženo: „Když jsou studenti nuceni následovat učitelem definovaný proces, studenti často používají své vlastní strategie a poté dělají práci nezbytnou pro splnění požadavků učitele.“

<sup>2</sup> „Na cestě k cíli stojí překážky, které je třeba překonat (např. nedostatek znalostí nebo bezprostředně zřejmých strategií).“

<sup>3</sup> Volně přeloženo: „Je zapotřebí mnohem více výzkumu, abychom lépe pochopili, jak se problémy řeší a jaké metody a nástroje nejlépe připraví jednotlivce na budoucí problémy.“

<sup>4</sup> Volně přeloženo: „Potenciál pro výzkum potvrzující pozitivní vztahy mezi modelováním a řešením problémů je velký.“

<sup>5</sup> „Řešení problému užitím informatického myšlení podle Gandera zahrnuje následující kroky: analýza otázky či problému, vytvoření modelu a jeho formalizace; hledání cesty řešení, nalezení nebo vytvoření algoritmu; programování, psaní programu; spuštění programu;“

Jednou z možností je výuka strategií na 3D modelovacích úlohách. Benefitem těchto úloh je především dobrá vizualizace, což (jak některé výzkumy naznačují [8] [9]) může být jedním z klíčových aspektů pro chápání modelovacího procesu a strategií. Z tohoto přístupu však vyplývá nutnost ověření možnosti přenositelnosti portfolia strategií a schopnosti jejich aplikace napříč doménami, ve kterých se tyto úlohy vyskytují.

## 2.2. Výzkumné otázky a očekávání

Výše nastíněné problémy je možno formulovat do výzkumných otázek, na které se tato práce pokouší nalézt odpovědi:

- Jaká jsou specifika modelovacích úloh ve vztahu k problémovým úlohám?
- Jak ovlivňuje šíře a hloubka aktivního portfolia strategií správnou volbu vhodné strategie pro řešení konkrétní modelovací úlohy?
- Do jaké míry je proces modelování ovlivněn dosavadní zkušeností a složkami inteligence jedince?
- Je možné proces transformace do formální představy rozvíjet i bez ohledu na cílovou doménu?

S ohledem na potenciální didaktický přínos lze definovat jednotlivá níže uvedená výzkumná očekávání. Je však nutno zdůraznit, že výzkum je koncipován přísně neutrálně a není jeho cílem tyto kladně prokázat. Naopak, nalezení potenciálních rozporů lze také pokládat za didakticky přínosné – v obou případech je možné výsledky výzkumu reflektovat při výuce modelovacích úloh.

- Široké aktivní portfolio modelovacích strategií a vhodně zvolená strategie umožňuje řešení komplexních modelovacích úloh nebo přispívá k jejich efektivnější realizaci.
- Řešení modelovacích úloh je ovlivněno složkami inteligence jedince v závislosti na typu úlohy.
- Strategie osvojené v jedné doméně dokáže student zobecnit a aplikovat i při řešení modelovacích úloh z jiné domény.

### **2.3. Cíl práce**

**Cílem výzkumu je rozpracování problematiky transformace mentální představy do formální reprezentace, možnosti podpory této transformace ve vzdělávání a identifikace významných faktorů ovlivňujících tento proces s důrazem na strategie řešení modelovacích úloh, možnosti jejich zobecnění a přenositelnost.**

Pro naplnění tohoto cíle byly definovány následující úkoly (dílčí cíle):

- 1) Vymezit problémovou oblast procesu transformace mentálního modelu do formální reprezentace.
- 2) Identifikovat specifika procesů modelování v různých typových úlohách z různých domén ve výuce.
- 3) Charakterizovat hlavní strategie řešení modelovacích úloh.
- 4) Popsat proces řešení modelovacích úloh ve vztahu k dosavadní zkušenosti a složkám inteligence jedince.
- 5) Analyzovat význam portfolia strategií pro řešení modelovacích úloh.
- 6) Analyzovat možnosti zobecnění, podpory a přenositelnosti modelovacích strategií ve vzdělávání.



### 3. Současný stav studované problematiky

Tato kapitola se věnuje vymezení základních pojmů a konceptů souvisejících s problematikou modelování, teorii řešení problémů a strategiím jejich řešení. Jsou zde popsány techniky modelování z cílových domén 3D modelování a modelování struktury databází.

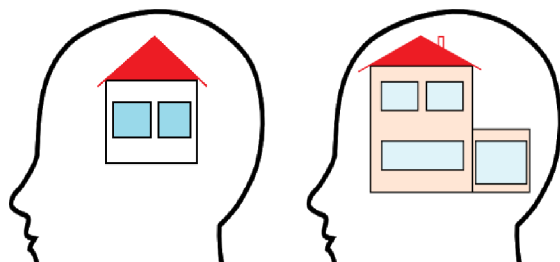
#### 3.1. Mentální reprezentace

Mentální reprezentace je chápána jako informace (soubor informací), která zastupuje v mysli určitý aspekt vnitřního či vnějšího světa. Představuje vnitřní kognitivní symboly, sloužící k reprezentaci vnější reality. Obsahuje kognitivní zpracování informací o dané entitě na příslušné vývojové úrovni kognitivní výbavy jedince [10]. M. Sedláková [11] definuje pojem mentální reprezentace jako výsledek kódování informací. Mentální reprezentace lze rozdělit na **vnitřní a vnější**.

V případě vnější reprezentace se jedná o představu něčeho známého z každodenního života (definovatelného v konkrétní sociální skupině), v obrazové (kreslení, malování, rýsování) nebo jazykové formě (jazyk přirozený, mateřský, cizí, umělý).

Naproti tomu u vnitřní mentální reprezentace se jedná o představy, které si utváří jedinec sám na základě vlastních zkušeností [10]. Vnitřní reprezentaci lze rozdělit na symbolickou a subsymbolickou. Vnitřní reprezentace také obvykle obsahuje kromě jednodušších forem (imaginativní, propoziční, verbální, atd.) i složitější informace o struktuře a vztazích, které si autor vytvořil.

Vnitřní mentální představa se tak může u jedinců významně lišit, a to především v případě, kdy se jedná o nepřesně/neúplně definované úlohy [12]. Obrázek výše znázorňuje rozdíl v mentální představě pro zadání: „Navrhněte pěkný prostorný dům s červenou střechou a velkými okny“. Mezi smíšené interní mentální reprezentace lze řadit **scénáře a mentální modely**. [23]



Obrázek 1 – Rozdílné vnitřní mentální reprezentace

### **3.2. Mentální model (mentální představa)**

Mentální model (někdy též označovaný jako mentální představa či kognitivní model) představuje jeden z možných pohledů na vnitřní mentální reprezentaci. Tento koncept však není v kognitivní psychologii všeobecně přijímán (Bruner, Brewer) a nemá ustálenou definici.

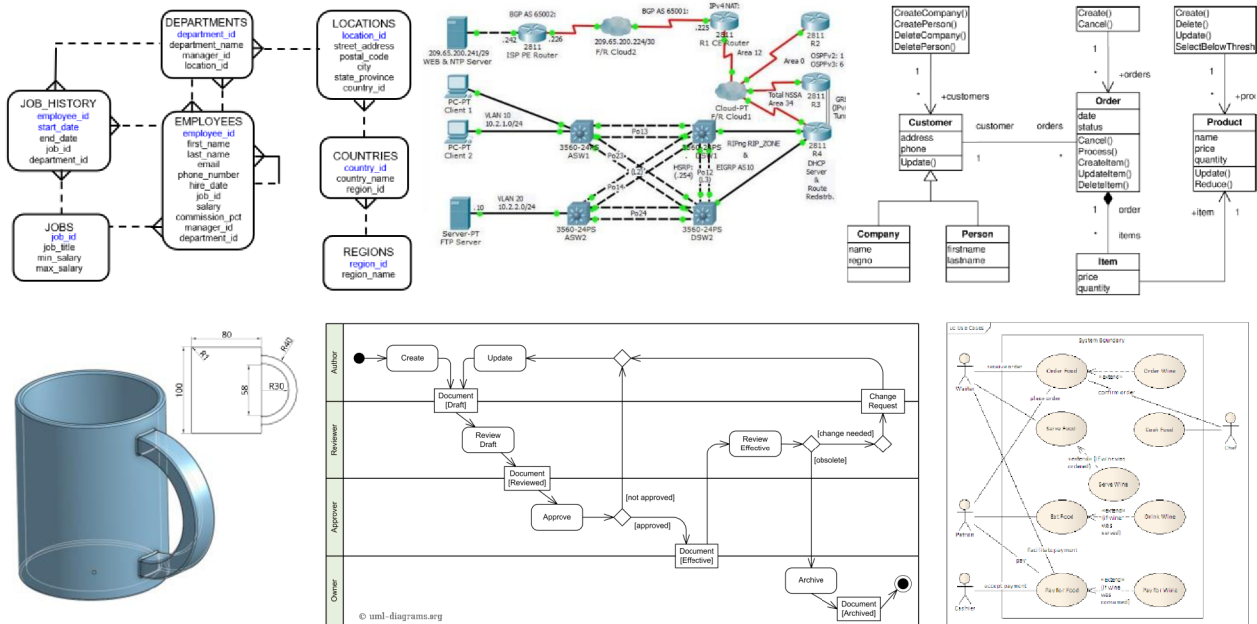
Mentální model představuje teoretický konstrukt, který obsahuje množinu informací (často volně ohraničenou), jež se vztahuje k určitému předmětu či jevu vnějšího či vnitřního světa. Mentální reprezentace se utváří v závislosti na vědomostech, do nichž se promítá příslušná kulturně a historicky podmíněná předloha. [13] [14]

Sedláková [15] definuje mentální model jako „Teoretický konstrukt zastupující multidimenzionální strukturou zpracovávání informací zprostředkovanou mentální reprezentací objektu (události, situace), která generuje v procesu jeho přímého i zprostředkovaného poznání inference logické i pragmatické povahy. Mentální model je smíšenou formou mentální reprezentace; forma je limitována povahou a způsobem poznávání objektů.“ Dále mimo jiné doplňuje, že strukturou se zde rozumí podstatné vztahy mezi jednotlivými obsahy, jež vznikly v procesu zpracovávání informací o objektu, a že poznání předmětu je zde závislé na vlastním pozorování a zkušenosti. Mentální model se skládá z propozičních a imaginativních forem, případně i z vyšší formy mentální reprezentace.

### **3.3. Formální reprezentace**

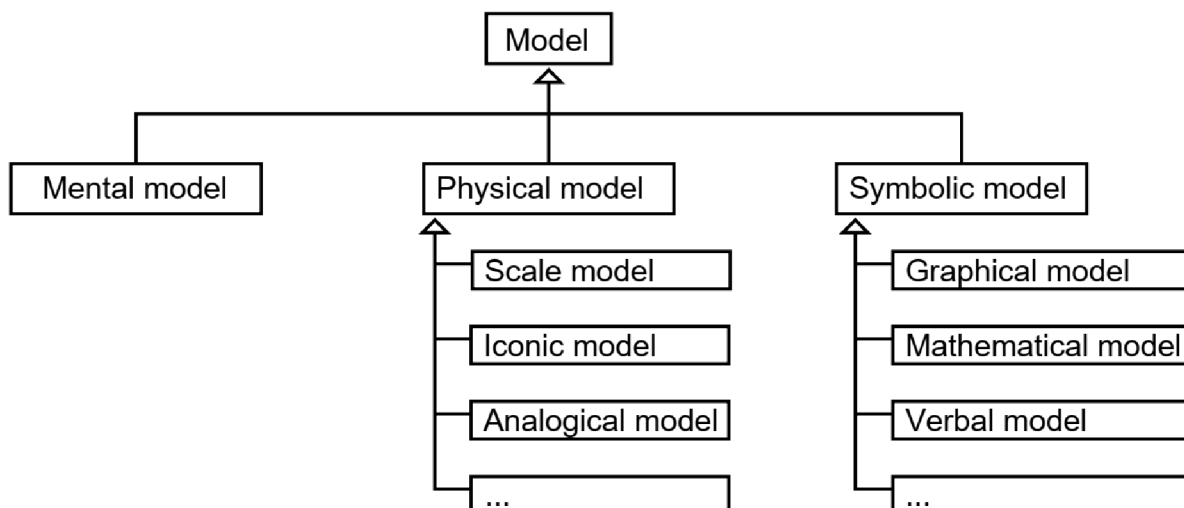
Formální reprezentace znalostí umožňuje pracovat se znalostmi tak, že zavádí určitý formalismus (reprezentační jazyk), schopný odrážet vztah mezi znalostmi o světě uloženými v lidských myslích a znalostmi zapsanými formálními prostředky. Formální reprezentace proto také zprostředkovává přenos informací mezi uživateli znalými konkrétního reprezentačního jazyka [16].

V širších souvislostech je tak možno na výsledný model v modelovacích úlohách nahlížet jako na formalizovanou mentální představu s použitím reprezentačního jazyka (v informatice například pomocí UML). Tento model je přitom vyjádřen na základě pravidel a technických specifik dané domény, v které je realizován – např. databáze, programování, poč. sítě, matematika, CAD, simulace, aj. Příklady pouze některých z mnoha používaných modelů (a jejich reprezentací) v informatice jsou uvedeny na obrázku výše.



Obrázek 2 – Příklad reprezentace modelů (ER diagram<sup>2</sup>, síťový diagram<sup>2</sup>, UML class diagram<sup>2</sup>, 3D CAD model, aktivita diagram<sup>2</sup>, use-case diagram<sup>2</sup>)

Reprezentace modelů je možné rozdělovat dle různých kritérií, nicméně obecně lze reprezentace rozdělit z pohledu struktury a použití na 3 základní typy: **mentální**, **fyzický** a **symbolický**. [17] [18] [19]



*Obrázek 3 - Typy modelů dle jejich reprezentace (převzato: B. Stein [18]).*

Mentální modely představují chápání jedince o určitém jevu [14]. Přímě zaznamenat mentální model není s použitím současných technologií možné. Obvykle se tak využívá nepřímého popisu – verbální/textový popis, pojmové mapy či kresby [18]. Je však nutno podotknout, že již snahou o zápis (přenos) mentálního modelu může docházet ke změnám v chápání jedince, a tím pádem ke změně mentální představy. A to i bez snahy o konkrétní formalizaci [20].

Fyzický model reprezentuje vizuálně fyzické předměty z reálného světa, byť se může jednat např. o zjednodušený, zobecněný či analogický model. Mezi hlavní zástupce fyzických modelů patří poměrový model/maketa (scale model), ikonický model (iconic model) a analogický model (analogical model). Ikonický model obrazově reprezentuje fyzický objekt. Jedná se například o fotografie, zachycující fyzický předmět, nebo o jeho technický výkres. Poměrový model představuje zjednodušený model. Může se jednat o zmenšený, zjednodušený model (např. dětské autíčko), nebo naopak zvětšenou část fyzického objektu (zjednodušení zde představuje oprostění od dalších částí složitějšího celku). Analogický model reprezentuje fyzický objekt reflektováním odlišných, avšak principiálně podobných jevů. Příkladem může být například hydraulický systém v podobě pomůcky pro studenty, která reprezentuje elektrický obvod (voda představuje elektrický proud). [18] [21]

Na rozdíl od fyzického, symbolický model popisuje realitu symbolicky, pomocí určitého formalismu. Umožňuje zachycení struktur a vztahů v realitě/systému. Mezi symbolické modely se řadí zejména grafické modely (graphical model), matematické/numerické modely (mathematical model) a verbální modely (verbal model). Grafické modely popisují objekty,

jejich struktury a vztahy pomocí grafů, diagramů či schémat. Příkladem mohou být entitně-relační diagramy, vývojové diagramy, schéma klopných obvodů či graf signálových toků. Rovněž některé matematické modely lze vyjádřit grafem. Verbální modely popisují realitu a její vztahy prostřednictvím textových, strukturovaných informací (raději než numericky či grafem) [22]. Příkladem může být Mulderova teorie síly. [17] [18] [19]

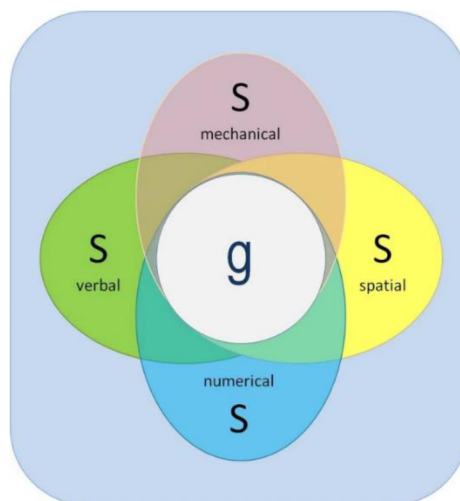
### 3.4. Složky inteligence

Na strukturu a složky inteligence není v současné psychologii zcela jednotný pohled. Nejvýznamnější teorie (podle např. [23], [24], [25], [26]), související především s různými pohledy na rozdělení na jednotlivé složky/typy inteligence, jsou shrnuty níže.

#### Generická inteligence (g) a teorie dvou-faktorové inteligence (Spearman)

Obecná inteligence, známá také jako g faktor, se vztahuje k obecné mentální schopnosti, která podle Spearmana [27] stojí za řadou specifických dovedností, včetně verbálních, prostorových, numerických a mechanických.

- **Faktor g** určuje obecnou inteligenci. Zahrnuje základní schopnost řešit problémy a komplikované úlohy, projevuje se v celém spektru různorodých situací. Faktorem g disponuje každý jedinec v různé míře.
- **Faktor s** definuje konkrétní schopnosti v určité oblasti, například matematické nebo verbální.



Obrázek 4 - Složení inteligence dle Spearmana (převzato z [25])

## Teorie primárních mentálních schopností (Thurstone)

Thurstone [28] [29] definoval na základě 56 rozsáhlých psychologických testů 7 primárních mentálních faktorů/schopností. Thurstone neodmítal myšlenku obecné inteligence, místo toho však teoretizoval, že inteligence se skládá jak z obecných faktorů, tak z řady specifických schopností (7 pojmenovaných níže).

- **Plynulost slov** Schopnost rychle a plynule používat slova při provádění takových úkolů, jako je rýmování, řešení anagramů, luštění křížovek.
- **Verbální porozumění** Schopnost porozumět významu slov, pojmů a myšlenek.
- **Numerické dovednosti** Schopnost používat čísla k rychlému výpočtu odpovědí na problémy.
- **Prostorová vizualizace** Schopnost vizualizovat a manipulovat se vzory a formami v prostoru.
- **Percepční rychlost** Schopnost rychle a přesně uchopit vjemové detaily a určit podobnosti a rozdíly mezi podněty.
- **Paměť** Schopnost vyvolat informace jako jsou seznamy nebo slova, matematické vzorce a definice.
- **Induktivní uvažování** Schopnost odvodit obecná pravidla a principy z prezentovaných informací.

## Teorie mnohočetné inteligence (Gardner)

Teorie mnohočetné/multidimenzionální inteligence podle Gardnera [29] [30] [31] navrhuje diferenciaci lidské inteligence na specifické inteligence, namísto definice jako jediné obecné schopnosti. I přes značnou popularitu je tato teorie významně kritizována odbornými psychology pro její nedostatek empirických důkazů a její závislost na subjektivním úsudku [32] [33]. Přesto je tato teorie stále využívána především zejména ve výuce [34] [35].

- **Tělesně-kinestetická inteligence** Schopnost ovládat pohyby těla, koordinovat pohyby a zacházet s předměty.
- **Interpersonální inteligence** Schopnost detekovat nálady, motivace a pocity druhých.
- **Intrapersonální inteligence** Schopnost uvědomovat si sebe sama, své vnitřní pocity, hodnoty, přesvědčení a potřeby.
- **Logicko-matematická inteligence** Schopnost myslet logicky, konceptuálně, formulace vzorců, hypotéz, kvantifikace a zobecnění.
- **Hudební inteligence** Schopnost rozlišovat zvuky, rytmus, tón. Porozumění hudbě/melodii.
- **Naturalistická inteligence** Schopnost rozpoznávat a kategorizovat zvířata, rostliny a další objekty v přírodě.
- **Verbálně-lingvistická inteligence** Schopnost verbálního vyjadřování, popisu, porozumění významu slov a textu.
- **Vizuálně-prostorová inteligence** Schopnost prostorové představivosti, porozumění obrazům a vizualizace.

## Triarchická teorie inteligence (Sternberg)

Triarchická teorie inteligence [36] [26] [10] zahrnuje tři subteorie/části. První je zaměřena na složky myšlení a myšlenkové procesy. Druhá tzv. zkušenostní teorie, monitoruje vliv zkušenosti na inteligenci a její složky. Třetí tzv. kontextová subteorie se zabývá vlivem kulturních podmínek a okolního prostředí na jedince. Sternberg definoval 3 základní aspekty/typy inteligence:

- **Analytická inteligence** Schopnost rozboru a řešení problémů. Zahrnuje zpracování komplexních informací, využívá především zkušenost z minulosti.
- **Kreativní inteligence** Schopnost přicházet s novým/kreativním řešením. Používá se zejména při řešení nových problémů a situací. Často může vést k originálním řešením.
- **Praktická inteligence** Využívá se zejména u problémů sociálního charakteru (např. ve vztazích a při komunikaci) a u problémů běžného každodenního charakteru. Zahrnuje schopnost uplatnit, použít, implementovat a využít praktické dovednosti.

### 3.5. Problem-solving (teorie řešení problémů)

Teorie řešení problémů je na mezinárodním poli dlouhodobě oblastí zájmu, především v rámci psychologie, ale současně i pedagogiky, kde je zkoumána především možnost rozvoje kompetencí spojených s řešením problémů. [6] Definice toho, co je to problém, problémová situace a řešení problému se však významně liší. Ucelený základní přehled dosavadních poznatků a definic v této oblasti publikovali např. E. Mayer [4] nebo J. Dostál [6] (převzaté definice níže).

Problém tak lze definovat jako *„Obtíž teoretické nebo praktické povahy, která vyvolává zkoumavý postoj subjektu a vede jej k obohacení jeho vědomostí.“* (Cz. Kupisiewicz), nebo jako *„Interakční vztah subjektu k jeho okolí, který v sobě zahrnuje vnitřní rozpor, jež subjekt řeší hledáním přechodů od iniciálního stavu k finálnímu stavu (cili)“* (J. Linhart). Z didaktického hlediska lze na problém nahlížet jako *„Praktickou nebo teoretickou obtíž, kterou žák samostatně řeší svým vlastním aktivním zkoumáním.“* (W. Okońem)

Problémy a problémové úlohy se dají rozdělit na dobře (úplně) definované a špatně (nepřesně/neúplně) definované úlohy [4] [12]. Za problémovou situaci lze poté obecně označit takovou situaci, kterou si jedinec uvědomuje, a která obsahuje souhrn podmínek určujících vznik a specifiku problému. Tyto problémové situace lze dále dělit na statické a dynamické s ohledem na vznik a specifika problému v čase [6].



Ucelený přehled typů problémových úloh, mezi které řadí i modelovací úlohy (design), představil v roce 2011 Jonassen. [37] Identifikuje zde také klíčové komponenty jednotlivých typů a možné kognitivní přístupy. Modelování zde přitom neuvádí jako možný přístup pouze k modelovacím úlohám/problémům (design problems), ale také ke slovním úlohám (story problems), rozhodování (decision making), troubleshootingu a politickým/principiálním problémům (policy problems).

<b>Problem type</b>	<b>Case Components</b>	<b>Cognitive Scaffolds</b>
Story	problems, examples, analogues	analogical, causal, questioning, argumentation, modeling
Rule-using/induction	examples, problems, analogues	analogical, causal, questioning
Decision making	problem, case studies, prior, experiences, alternative perspectives	causal, argumentation, modeling
Troubleshooting	problems, prior experiences	causal, argumentation, modeling
Policy analysis	case studies, problems, prior experiences, alternative perspectives	analogical, questioning, argumentation, modeling
Design	problems, prior experiences, alternative perspectives	causal, argumentation, modeling
Dilemmas	case studies, alternative perspectives	argumentation

*Tabulka 1- Rozdělení problémových úloh podle Jonassena [37]*

Většina konceptů řešení problémů předpokládá minimálně 4 dílčí fáze, které jsou postupně realizované při řešení problému. [38] Jedná se o:

Vstupní fáze: Vnímání problému a pokus o porozumění problému/situaci.

Procesní fáze: Generování možných variant a přístupů k řešení.

Výstupní fáze: Plánování a implementace řešení.

Kontrolní fáze: Zhodnocení/ověření řešení a případné modifikace.

Názory na vymezení oblastí řešení problémů a modelování se v literatuře významně liší. Někteří pokládají modelování za jednu z možných metod (či součást procesu) při řešení problémů [5] [7], nebo přímo za druh neúplně definovaných problémových úloh [20], jiní naopak považují řešení problémů za přirozenou součást modelovacích úloh [17]. Rozdíly mezi problémovými úlohami a modelovacími úlohami shrnuje J. Zawojewski [39], který konstatuje,

že i přes podobnosti se jedná o procesy s významnými rozdíly. Při řešení problémů jsou dané parametry a cíle považovány za statické a neměnné, zatímco při modelování jsou parametry i cíle dynamické, neustále podléhají cyklické reinterpretaci. Modelovací úlohy jsou také více závislé na znalostech a předpokladech, které do procesu vnáší řešitel.

### 3.5.1. Strategie

Strategie lze v rámci problémových či modelovacích úloh definovat jako techniky, které přestože negarantují úspěšné řešení úlohy, tak slouží jako nástroj, který nás provádí procesem řešení problému. [4] Z didaktického hlediska lze strategie řešení problémů a specifických úloh považovat za jeden z primárních výstupů moderního vzdělávání [38].

Dostál [6] definuje strategie řešení problému jako posloupnosti kroků sestávajících z aplikace vhodných metod a prostředků vedoucích k úspěšnému vyřešení problému. Se zvyšujícím se počtem řešených problémů dochází k ustálení postupů užívaných při řešení. Do strategie se promítá jednak typičnost okolností problému, které jedinec posuzuje a s ohledem na ně volí podobu jednotlivých kroků a dále úspěšnost aplikace navržených postupů a prostředků při řešení jednotlivých problémů, přičemž ty, které se neosvědčily, nebývají dále v podobných problémových situacích využívány.

Problematiku strategií řešení problémů shrnuje Gick [40], který zde zdůrazňuje význam řešení problémů s použitím reprezentací založených na znalostech specifické domény, jako jsou modely a schémata. Uvádí, že problémy s využitím schémat mnohem častěji vyžadují aplikaci strategií.

Za příklady obecných strategií řešení problémů z pohledu kognitivní psychologie je možné považovat [41]:

- Přímá fakta – nalezení přímé cesty na základě dobře známých řešení
- Heuristika – použití nejbližšího nebo nejčastějšího řešení
- Analogie – redukce nového problému na existující resp. podobný
- Lezení do kopce – provedení jakéhokoli kroku, který se přiblíží postupně k cíli
- Algoritmická dedukce – aplikace známého a dobře definované řešení problému
- Vyčerpávající hledání – řešení pomocí systematického hledání všech možných cest
- Rozděl a panuj – řešení problému pomocí rozdělení na sadu dílčích problémů
- Analýza a syntéza – rozklad daného problému na známé kategorie

### 3.5.2. Expertní řešitelé

Expertní řešitelé představují vysoce trénované a zkušené odborníky na specifickou problémovou oblast. Mezi nejvýraznější charakteristiky expertů, které je odlišují od řešitelů nováčku paří: rozsah znalostí a informací, strategie řešení problémů, dovednosti, odbornost, paměťová kapacita, schopnost reprezentace problémů, výkonnost a přesnost. [41]

Očekává se, že expertní řešitelé budou schopni řešit rozsáhlé úlohy/problémy ve své expertní oblasti. Jejich řešení by měla být efektivní a vykazující malou chybovost, případně budou schopni své chyby sami identifikovat a opravit. Na rozdíl od nezkušených nováčků by se neměli dopouštět užití heuristiky dostupnosti ale řešit úlohy komplexně a nezaujatě. [42]

### 3.6. Modelování

Model v kognitivní rovině můžeme chápat jako představu člověka o reálné skutečnosti (ať už současné či budoucí). Je to soubor znalostí o části světa/reality, které je možné zaznamenat prostřednictvím vhodného popisného jazyka [43]. Může se přitom jednat o zjednodušenou či generalizovanou reprezentaci [19]. Proces tvorby modelu a jeho formalizaci – modelování, lze proto chápat jako proces transformace mentální představy člověka do formální reprezentace.

Proces tvorby výsledného (formalizovaného) modelu lze chápat následovně. Jedinec vnímá a pozoruje určitou entitu a její vlastnosti -> realita R. Tuto entitu chápeme jako zdrojovou. Jedinec si následně vytváří kognitivní model KM (mentální představu), kterou následně pomocí zvoleného jazyka zaznamenává do podoby modelu M. Na základě tohoto modelu M si jiný jedinec (čtenář) vytvoří vlastní kognitivní model KM2, díky kterému poznává realitu R2. [43]

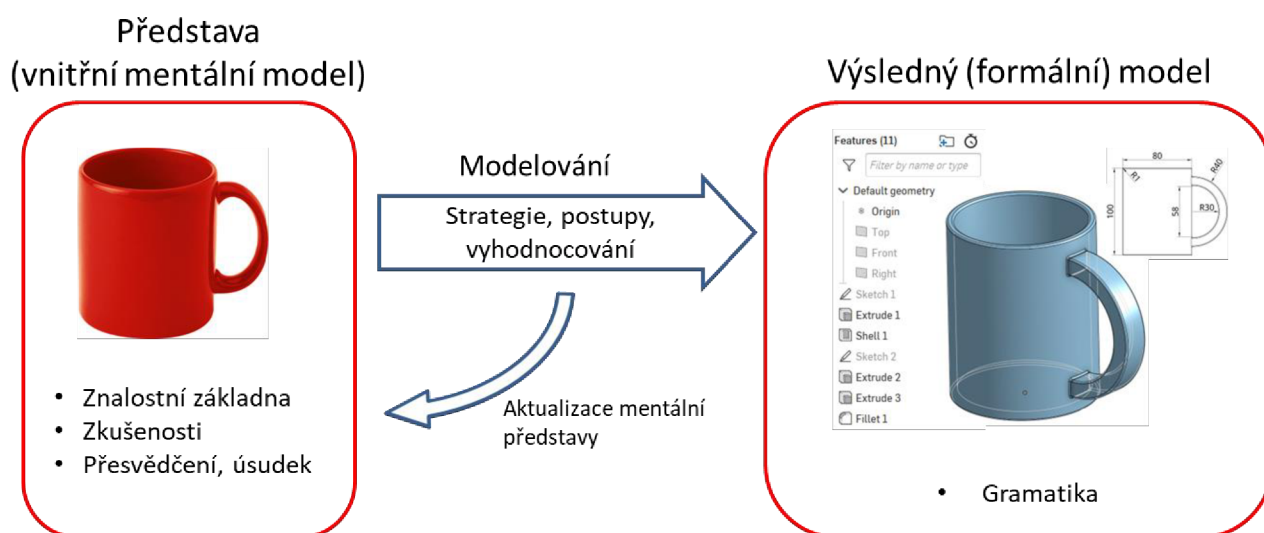


Obrázek 5 – Znárodnění vztahu reality, kognitivního modelu a formalizovaného modelu  
(volně převzato z: Dostál J. [41])

KM2 se přitom může od KM lišit, stejně jako R2 od R. Tento proces může být ovlivňován celou řadou faktorů. Již proces poznávání je závislý na znalostní základně, zkušenostech a často

dokonce přesvědčení jedince (příkladem z obrázku níže může být přesvědčení, že hrnek má dno). Mezi tyto lze zahrnovat sociálně-kulturní faktory, stejně jako individuální atributy.

Zásadní roli hraje také „správnost“ a přesnost modelu M, tedy schopnost autora přenesení modelu KM do modelu M bez faktických chyb a včetně všech požadovaných atributů. Stejně tak je zásadní schopnost porozumění čtenáře modelu M.



Obrázek 6 – Proces transformace mentální představy do formálního modelu

Na rozdíl od jiných problémových úloh (viz kapitola *Problem-solving*) jsou zde cíle a parametry úlohy dynamické a v rámci modelování může docházet k jejich modifikaci. Společným důsledkem je pak postupné dotváření/zpřesňování kognitivního (mentálního) modelu. Je to dáno charakterem modelovacích úloh, kdy se jedná typicky o neúplně definované úlohy [12]. Změny v chápání reality až v průběhu formalizace tak způsobují dotváření (aktualizaci) mentálního modelu. Lze se proto domnívat, že u modelovacích úloh může docházet ke zpřesnění vnímání reality až díky pokusu o formalizaci. [39] [44]

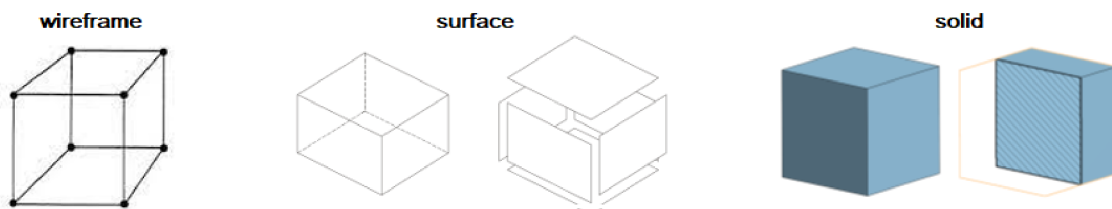
### 3.6.1. 3D modelování (CAD)

Pojem computer-aided design (CAD), česky překládán jako počítačem podporované kreslení, projektování či návrhářství (nebo dnes často ponecháváno design jako počestěné), vznikl již v padesátých a šedesátých letech dvacátého století, společně s computer-aided manufacturing (CAM). CAM (česky počítačem podporovaná výroba, nebo někdy také počítačem podporované obrábění) se zaměřuje na ovládání, plánování a řízení chodu výrobních strojů, zatímco CAD je

určen pro tvorbu, analýzu a optimalizaci modelů. První CAD softwary byly přitom určeny pouze pro práci ve 2D, až koncem šedesátých a začátkem sedmdesátých let se objevují první základní operace ve 3D. [45] [46]

Geometrické modelování (2D nebo 3D) je proces úplného matematického popisu (geometrická databáze) fyzické entity. Geometrické modelování se obecně využívá k vizualizaci, analýze, dokumentaci a výrobě produktu. Podle reprezentace existují 3 typy 3D modelů [47]:

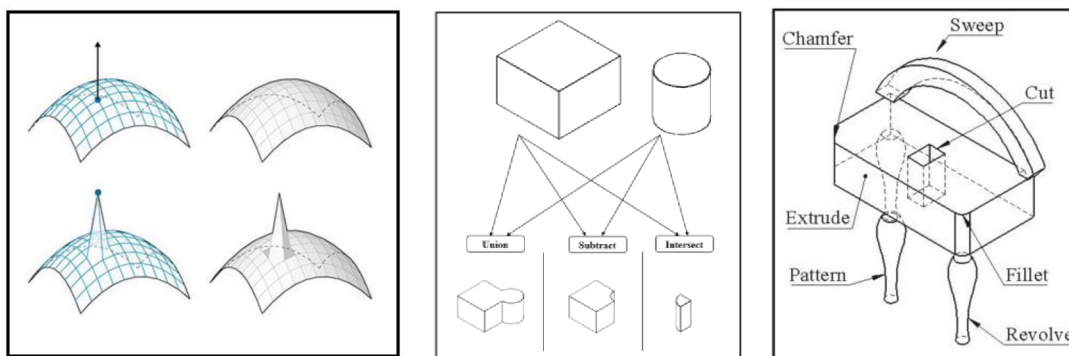
- **Wire-frame (drátěný) model** obsahuje informace o bodech (souřadnicích) a hranách. Neexistují zde explicitní informace o křivkách ani tělesech.
- **Surface (povrchový) model** představuje rozšíření drátěného modelu o povrchy, objekt je tvořen uzavřenými povrchy a jejich orientací (avšak pouze implicitně, model neobsahuje informaci o tělesech a jejich obsahu). 2D křivky mohou být definovány matematicky, zakřivené povrchy jsou však definovány pomocí povrchů (typicky trojúhelníků se skrytými hranami).
- **Solid (objemové/pevné) modely** reprezentují kompletní informace o tělesu, včetně jeho obsahu.



*Obrázek 7 – Typy reprezentace 3D modelů*

Existují různé přístupy k tvorbě 3D modelů. Vyjma specifický přístupů jako 3D skenování se jedná především o:

- **Surface mesh modeling** (modelování povrchů)
- **Constructive Solid Geometry** (skládání ze základních tvarů, včetně jejich kombinování)
- **Feature-based modeling** (modelování pomocí funkcí/prvků, kde jsou 2D tvary „vytahovány“ do 3D a následně pomocí dalších funkcí modifikovány)



Obrázek 8 – Přístupy k tvorbě modelů (zleva: mesh modeling, CSG, feature-based; převzato z [47])

Většina dnešních softwarových nástrojů umožňuje kombinaci těchto přístupů. Podle toho, zda je historie kroků zaznamenávána a je možno do ní zasahovat (s následnou propagací této změny do následných kroků) lze modelování rozdělit na **parametrické** a **neparametrické (přímé)**. Využitím hodnot parametrů funkcí v historii (features list) jako proměnných je v parametrickém modelování dosaženo parametrizace (tvorby dynamicky konfigurovatelných objektů).

### 3.6.2. Modelování struktury databází

Po vzniku relačních databází v roce 1970 (E. F. Codd [48]) výrazně stoupla potřeba standardu pro modelování struktury databází. Tento standard musel obsahovat (v souvislosti s relačními databázemi) informace o entitách, jejich vlastnostech a vzájemných vztazích. V roce 1976 byl představen **Entitně-Relační diagram** (Entity–relationship diagram [49]), který společně s **Diagramem tříd** (Class diagram) představují 2 nejpoužívanější způsoby zápisu datových struktur, resp. umožňují popsat část reálného světa z pohledu klíčových prvků (entit/tříd), jejich vlastností a vztahů. Class diagram je součástí standardu UML [50], vyvinutého společností Rational Software v roce 1995, který byl v roce 2005 adoptovaný jako ISO standard<sup>6</sup>. UML obsahuje kromě diagramu tříd také vlastní standard pro zápis E-R diagramu<sup>7</sup>.

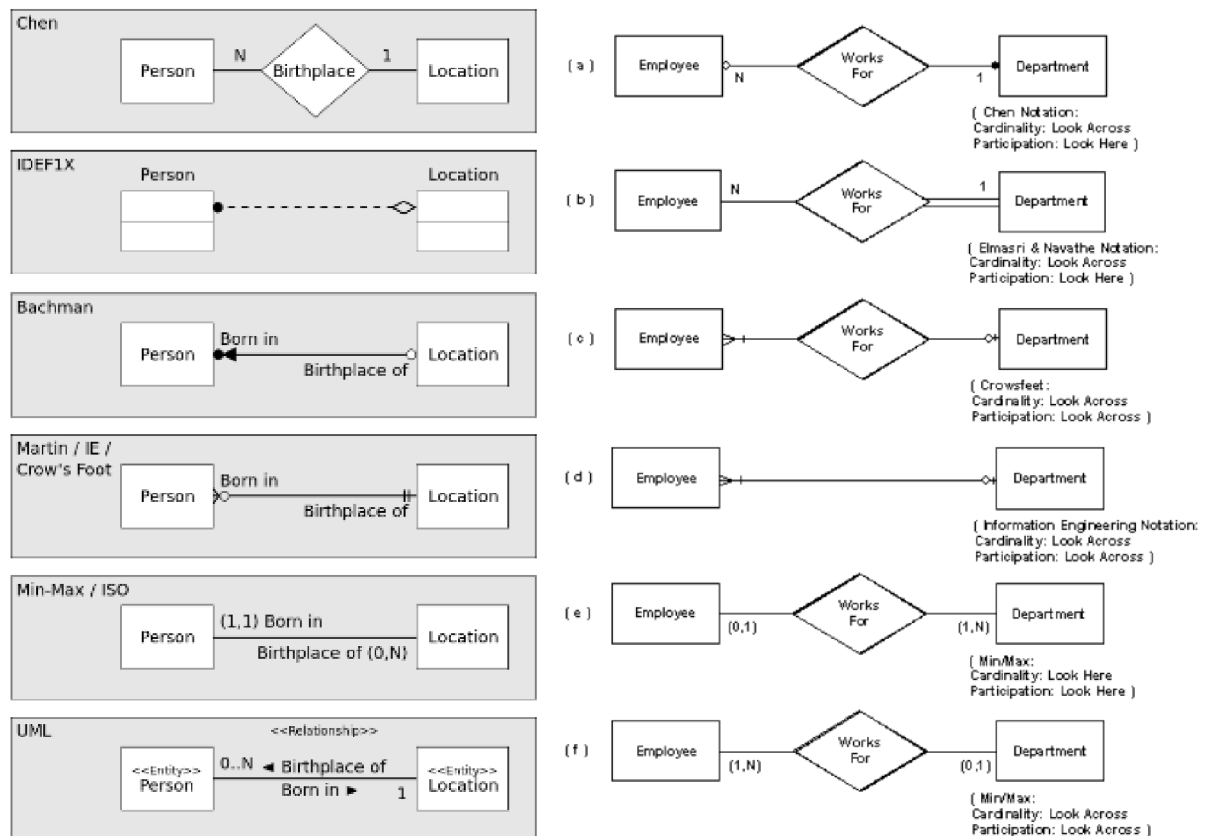
Pro modelování základní struktury databáze se typicky využívá E-R diagram, s ohledem na jeho vyšší míru abstrakce. Pro výuku je také vhodný s ohledem na nezatíženost např. procedurálními

<sup>6</sup> [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=32620](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32620)

<sup>7</sup> <http://www.uml.org.cn/UMLTools/pdf/ermodeling.pdf>

prvky. Až následně dochází často k převodu do jiného diagramu (modelu) s ohledem na konkrétní typ cílové databáze (relační, dokumentová, grafová, atd.). [51]

Existují různé varianty zápisu (notations) E-R diagramu. Mezi nejznámější patří **Chenův zápis**, **Crow's foot** a **UML zápis**. Existuje však celá řada dalších variant a modifikací (např. Barkerův zápis, který je variantou Crow's foot a je využíván především společností Oracle).



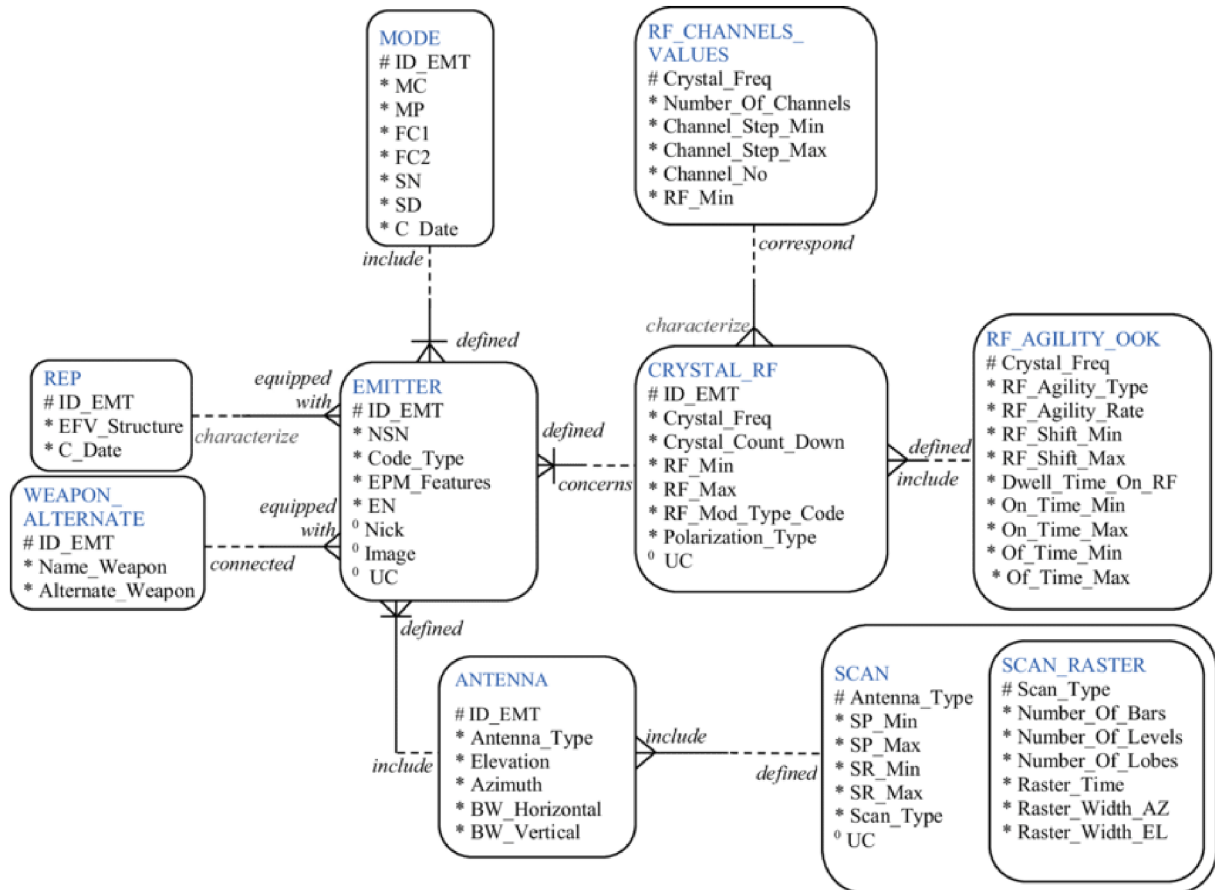
Obrázek 9 – Varianty zápisu E-R diagramu (převzato z Wikipedia<sup>8</sup> a z [52])

Bez ohledu na typ zápisu je E-R diagram tvořen následujícími prvky:

- **Entita** reprezentuje kolekci prvků reálného světa (osob, míst, předmětů, událostí, apod.). Jednotlivé prvky představují instance těchto entit.
- **Atribut** je popisná vlastnost nebo charakteristika entity. Typicky rozlišujeme povinné a volitelné atributy. Můžeme popisovat i další vlastnosti (např. unikátnost).
- **Vztah** (relationship) představuje přirozenou vazbu mezi 2 entitami (případně jednou – cyklická vazba), resp. logickou vazbu mezi jejich instancemi. Pro vztah je obvykle

<sup>8</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/File:ERD\\_Representation.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:ERD_Representation.svg)

definována minimálně násobnost (kardinalita) a povinnost (parcialita) v každém směru. Některé varianty zápisu také vztahy pojmenovávají (popisují jejich význam), či přímo na vazby umísťují atributy nebo další přidání informace (např. nepřenosnost, výlučnost mezi více vazbami, apod.).



Obrázek 10 – Příklad entitně-relačního diagramu (Barkerův zápis, převzato z [53])

### 3.7. Informatické myšlení

Informatické myšlení je myšlenkový proces zabývající se formulací problémů a formulací řešení problémů způsobem, umožňujícím tato řešení efektivně provést agentem (člověkem či strojem). Mezi hlavní koncepty řešení patří dekompozice, generalizace a rozpoznání vzorů, abstrakce, algoritmizace a automatizace, vyhodnocování a zdůvodnění. [54]

Informatické myšlení rozvíjí schopnost žáků provádět pokročilou analýzu a aplikovat různé postupy (strategie), vedoucí k řešení problému a jejich zápisu. Mezi nejčastější užití i mimo oblast informatiky patří analýza rozsáhlých dat, modelování a simulace. [55]



## 4. Metodologie a použité nástroje

Tato kapitola pojednává o designu a fázích výzkumu, cílové skupině, použitých nástrojích a celkovém konceptu výzkumu.

### 4.1. Volba designu výzkumu

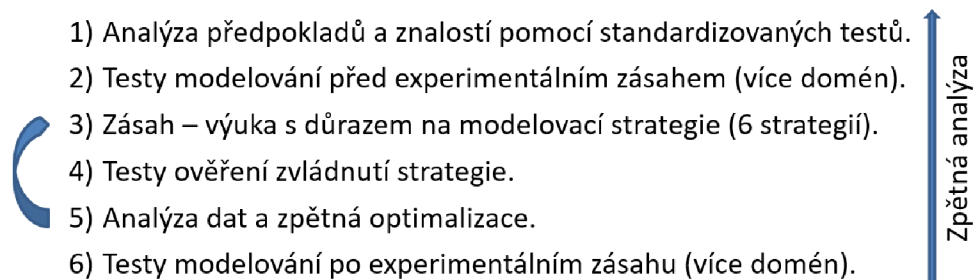
Zásadní je volba mezi kvalitativním a kvantitativním typem výzkumu. Jak definují aktuální zdroje [56] [57], cílem kvantitativního výzkumu je typicky potvrzení či vyvrácení definovaných teorií/hypotéz, převládá zde deduktivní charakter a důraz je kladen na dostatečnou kvantitu a nezávislost vzorku. Oproti tomu kvalitativní výzkum je hloubkový rozbor konkrétní oblasti, kde cílem je formulace nových teorií a hypotéz, jehož charakter je explorativní a heuristický, s důrazem na induktivní poznání. Kritici kvalitativního výzkumu často poukazují na možnou subjektivitu kvalitativního výzkumu [58].

V době vzniku výzkumu bylo nalezeno poměrně malé množství odborné literatury, která by byla zaměřena na problematiku výuky modelovacích úloh. Naopak se bylo možno setkat s články, které poukazovaly na potřebu hlubšího výzkumu v této oblasti [8] [43] [59]. V počátečních fázích také nebylo zcela zřejmé, jaké mohou být příčiny problémů studentů při řešení komplexních úloh (až po první fázi předvýzkumu byla vyvozena možnost vlivu užitých strategií). Z těchto důvodů byl zvolen jako design **kvalitativní výzkum**, konkrétně **metoda zakotvené teorie** (grounded theory) [60]. Tato metoda je zde vhodná především pro identifikaci potenciálních vztahů/závislostí v datech a rovněž připouští i využití kvantitativní analýzy dat. S ohledem na potřebu rozvoje možných teorií vniklých při analýze dat je v rámci výzkumu využito také metod **akčního výzkumu** [61] [62] [63]. Akční výzkum je využit ve výukové části výzkumu (výuka modelovacích strategií). Přestože akční výzkum není hodnotově neutrální [58], nedochází zde k ovlivnění výzkumu vzhledem k odlišné povaze cílů.

### 4.2. Design výzkumu

Při výzkumu byl zvolen kvalitativní přístup, jako stěžejní byla zvolena metoda zakotvené teorie. Data jsou pořizována cyklicky s tím, že každý cyklus je přizpůsobován na základě vyhodnocení předchozích cyklů (viz *Fáze výzkumu*). Cyklus trval obvykle půl roku (jeden akademický semestr).

Přestože sběr dat probíhá do určité míry i v průběhu semestru (z časových důvodů především standardizované testy, zaznamenávány jsou i některé úlohy v rámci standardní výuky), s ohledem na výzkumný problém (komplexní, náročnější úlohy), počáteční heterogenitu skupiny (viz *Skupinové (sociální) vlivy*) a cíle výzkumu, je sběr dat realizován zejména v závěrečné části semestru. Základním předpokladem je, že studenti již mají znalosti z cílové domény (nebo obou cílových domén) a ovládají gramatiku formální reprezentace.



*Obrázek 11 – Výzkumný cyklus*

První částí cyklu (na obr. body 1 a 2) je testování pomocí standardizovaných testů a testování pomocí modelovacích úloh (z jedné, nebo z obou cílových domén: 3D modelovací úlohy, modelování struktury databázi). Tato část probíhá v rámci standardní výuky (před částí „výuky strategií“).

Druhá část cyklu (na obr. body 3–5) představuje akční zásah – výuku zaměřenou na zvládnutí vybraných strategií. Jednotlivé strategie jsou postupně představovány na typizovaných úlohách, po kterých vždy proběhne testování porozumění a schopnosti aplikace strategie. Tato část probíhá opakovaně – postupně pro jednotlivé strategie. Metodika této části vychází z akčního výzkumu – způsob výuky je zde postupně upravován na základě reflexe z předchozích cyklů.

Třetí částí cyklu (na obr. bod 6) je opětovné testování pomocí modelových úloh. Tyto úlohy jsou odlišné od úloh z první části, nicméně typově a způsobem řešení jsou podobné.

Následná analýza dat spočívá především ve zpětném porovnávání a rozboru postupů řešení jednotlivých modelovacích úloh. Přestože v rámci analýzy dochází i k porovnávání přístupů jednotlivých řešitelů (studentů) – kvantitativní metody, klíčová je analýza a srovnání mezi úlohami vždy jednoho řešitele (úlohy před akčním zásahem a po něm). Na základě této analýzy společně s analýzou dat ze standardních testů jsou konstruovány zakotvené teorie.

**Klíčové je porovnávání úloh a jejich postupů před a po zásahu (tedy porovnávání studenta se sebou samým, nikoliv s jinými studenty). Tento postup byl zvolen s cílem minimalizace možných nežádoucích externích vlivů a umožňuje zohlednit odlišné počáteční podmínky (znalosti, zkušenosti). Důraz je zde kladen na sledování postupného vývoje/změn u jednotlivých studentů (případová studie), nikoliv na porovnávání mezi různými studenty.**

Pro dosažení prvního definovaného dílčího cíle (vymezit problémovou oblast modelování) je využito především rešerše odborné literatury a analyticko-syntetických metod aplikovaných na získaná data. Výstupem je zde vymezení modelovacích úloh vůči problémovým úlohám a charakteristika modelovacího procesu.

Výstupem naplňujícím druhý dílčí cíl (identifikovat specifika procesů modelování ve výuce) představuje rozbor procesu modelování v doménách CAD a databáze, identifikace problémových oblastí modelovacích úloh při výuce (v těchto doménách) a jejich možných příčin. Využity jsou zde zejména metody analýzy a indukce ze záznamů řešení modelovacích úloh studentů.

Třetí dílčí cíl (charakterizovat hlavní strategie) je stanoven jako popisný, nepředpokládá se zde vytváření nových teorií či závěrů. Je zde využita metoda akčního výzkumu, jehož výstupem je popis užitých strategií a způsobu jejich výuky. Jako zdrojová data jsou zde užívána nejen vědecká literatura, ale i učebnice, elektronické kurzy, rozhovory s odborníky a další materiály. Cílem je kompozice hlavních strategií, které je možno aplikovat při výuce.

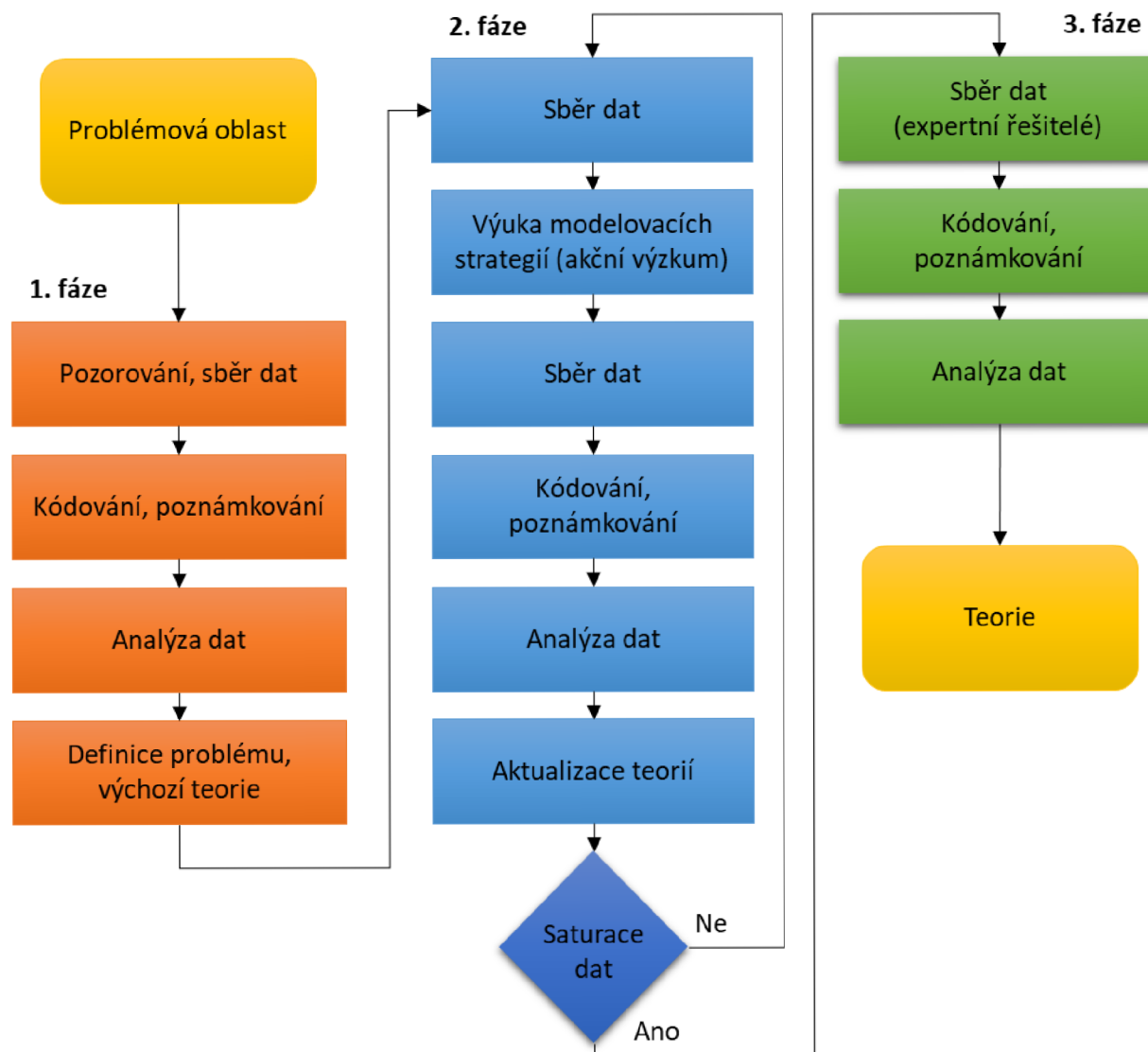
Čtvrtý dílčí cíl (popis vztahu modelovacích úloh a složek inteligence) se pokouší identifikovat možné závislosti způsobu řešení modelovacích úloh na složkách inteligence jedince. Je zde užíváno metod indukce na základě záznamu řešení modelovacích úloh a psychologických testů jejich řešitelů. Výstupem je zde popis teoretických korelací nebo naopak jejich teoretické vyloučení.

Pátý a šestý dílčí cíl (analyzovat význam portfolia strategií, analyzovat možnost zobecnění a přenositelnosti modelovacích strategií) využívají jak kvalitativních, tak doplňkově i kvantitativních metod. Výstupem je popisný rozbor, který hodnotí vliv užitých strategií na postupy při řešení modelovacích úloh, a to v doméně, ve které byly strategie vyučovány (CAD), i v doméně odlišné (databáze). Zdrojem dat jsou zde záznamy modelovacích úloh studentů, které jsou kódovány a následně analyzovány. Kvantitativní měření (především čas, který

řešitelé strávili nad konkrétními částmi a prvky modelu) jsou použity s ohledem na počet respondentů pouze informativně a slouží především k lepší orientaci a hledání souvislostí v datech.

#### 4.2.1. Fáze výzkumu

Z pohledu delšího časového horizontu a s ohledem na cíle lze celkový průběh výzkumu rozdělit na několik fází.



Obrázek 12 - Fáze výzkumu

**1. fáze (předvýzkum)** byla zaměřena především na definici problému a sběr dat – řešení modelovacích úloh a jejich analýzu. V této fázi neprobíhal žádný zásah (akční výzkum), hlavním cílem zde bylo nalezení možných příčin selhávání některých studentů při modelování komplexních úloh. V rámci výuky 3D modelování a databází byly zaznamenávány všechny typy úlohy (od základních až po nejpokročilejší – v rámci kurzu). Díky této fázi bylo zaměření výzkumu dále zúženo na strategie modelovacích úloh. Data z této fáze je možno do určité míry využít jako kontrolní (přestože nelze přímo kvantitativně srovnávat), neboť je možno srovnávat postupy typově podobných úloh v průběhu kurzu.

**2. fáze** je reprezentována diagramem v designu výzkumu (*Obrázek 11 – Výzkumný cyklus*). Tento cyklus se periodicky opakuje. V každém cyklu je získáno značné množství dat (obrazových záznamů modelovacích úloh, odpovědních dotazníků, standardizovaných testů, nahrávek rozhovorů, historie modelování z aplikací, ad.). Na základě analýzy těchto dat jsou indukovány teorie, rovněž je v případě potřeby aktualizován obsah dalšího cyklu (výběr standardizovaných testů, vybrané strategie a jejich výuka).

**3. fáze** výzkumu je zaměřena na srovnávání postupů řešení modelovacích úloh s tzv. expertními řešiteli z cílových domén. Tato fáze využívá stejné modelovací úlohy (a dotazníková šetření) jako 2. fáze, které jsou však předloženy expertním řešitelům s vysokou odborností a letitými zkušenostmi v dané oblasti. Experti pouze vypracovali řešení modelovacích úloh (nebyli ovlivněni výukou strategií ani se na výuce jinak nepodíleli). Tyto úlohy jsou následně analyzovány a porovnávány s postupy studentů z 2. fáze.

### **4.3. Nástroje a metody sběru a analýzy dat**

V první fázi výzkumu byly nejdříve využívány k analýze postupů **listy funkcí** (features lists, history) z aplikací využívaných k modelování (Onshape, Fusion360, apod.). Doplňkově byl pořizován také záznam obrazovky, což se později ukázalo jako klíčové. Řešitelé (studenti) často využívali funkci zpět, která se do historie nezaznamenává (resp. vrací kroky historie), zakládali nové projekty (začínali znovu), apod. Některé chyby v postupech by tak bez záznamu obrazovky nebyly zaznamenány. V dalších fázích tak byl využíván převážně **obrazový záznam** (i přes náročnější zpracování), studenti byly také instruováni, aby veškeré pomocné poznámky či nákresy realizovali na počítači, aby rovněž došlo k jejich zaznamenání.

**Standardizované testy** byly administrovány v písemné podobě (na papír v souladu s doporučeními pro daný test).

**Dotazníková šetření** (zejména doplňkové otázky ke každé modelovací úloze) byla realizována prostřednictvím elektronických formulářů (MS Forms, Google Forms). Tato data byla zaznamenávána a analyzována v tabulkovém procesoru (MS Excel). Z doplňkových rozhovorů se studenty (individuální i skupinové) byl pořizován **audio záznam**, který byl následně poznámkován k odpovědím z formulářů.

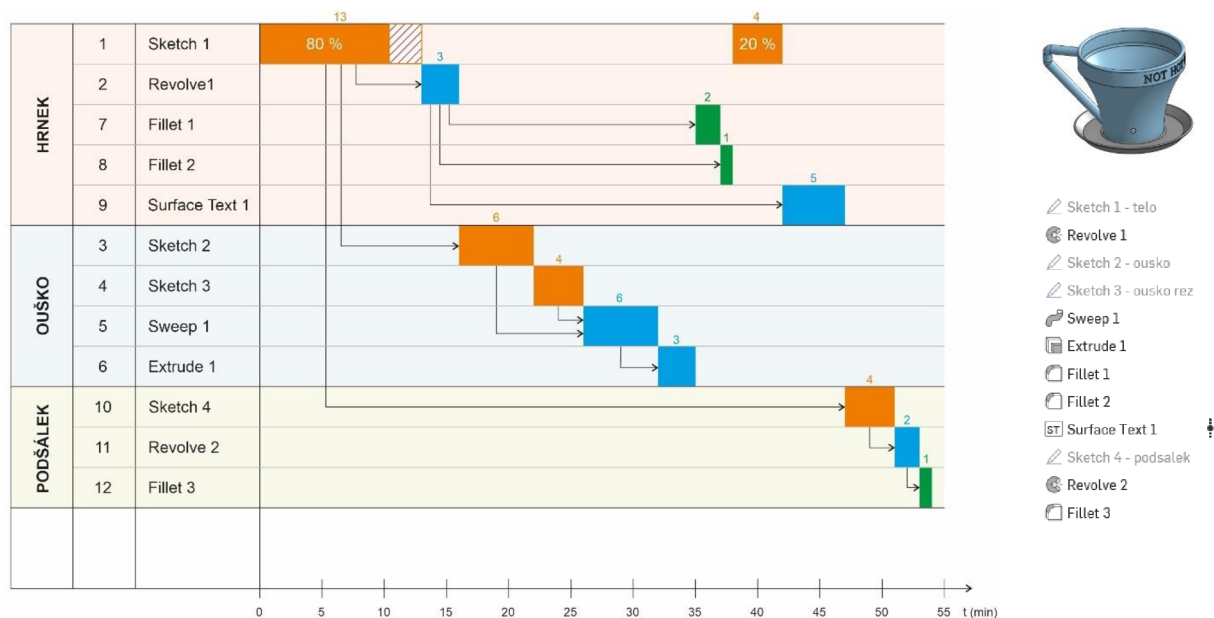
#### **4.3.1. Kódování a analýza modelovacích úloh (GG diagram)**

Pro počáteční kódování a analýzu je využíván software **ATLAS.ti** (placená desktopová verze). [64] Pro efektivní srovnávání postupů modelovacích úloh se však nástroje dostupné v rámci této aplikace zdají jako nevyhovující. Přestože zejména textové mapy/diagramy vztahů aplikace ATLAS.ti lze využít v určitých částech analýzy, pro rozbor modelovacích postupů se tyto ukázaly jako nedostatečné a nepřehledné. Pro vizualizaci postupů a analýzu bylo nezbytné zakódovat postupy do diagramů, které by poskytovaly přehled o způsobu modelování hlavních logických celků (tvořených kolekcemi funkčních kroků), závislosti jednotlivých kroků, časových a pořadových údajích (posloupnost operací včetně modifikací či odstranění dosavadních prvků).

Žádný ze standardních uvažovaných diagramů (sekvenční diagram, diagram aktivit, Ganttův diagram, stavový diagram, CPM – metoda kritické cesty, ad.) neobsahoval všechny potřebné údaje či neumožňoval efektivní analýzu (požadavky především na přehlednost, porovnatelnost postupů). Pro potřeby této práce tak byl vytvořen nový typ diagramu, který vycházel především ze sekvenčního Ganttova diagramu (Linked Gantt chart). Modifikovaný diagram (dále GG diagram), na rozdíl od Ganttova diagramu neslouží k plánování, ale ke zpětnému chronologickému popisu průběhu projektu/aktivit. Zaznamenány jsou také závislosti jednotlivých kroků, typy akcí a modifikace/odstraňování předchozích prvků.

GG diagram (příklad níže) je tvořen horizontálními liniemi (pools), které představují hlavní funkční celky (díly/části) modelu. Určení těchto dílů může být implicitní (odvozené při analýze) nebo explicitní (na základě definice řešitele). Do těchto linií jsou postupně přidávány jednotlivé akce, které byly použity pro tvorbu dílu. Akce mohou být sdružovány (resp. strukturovány) dle jejich závislostí, například extruze při tvorbě 3D modelu je obvykle plně závislá na konkrétní

skice (podobně jako atributy jsou přiřazeny konkrétní entitě v modelu databáze). X-osa představuje časovou osu a jednotlivé záznamy mohou obsahovat stručný název/popis akce a případné další informace (například procentuální zastoupení na výsledku akce v důsledku mazání částí sketche).



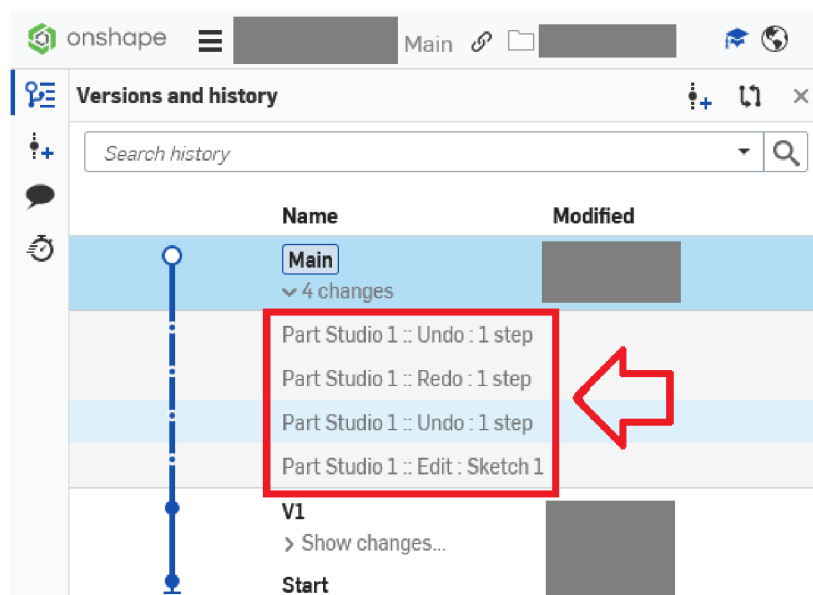
Obrázek 13 - Příklad GG diagramu (model hrnku s podšálkem)

První sloupec reprezentuje název linie (díličího prvku). Druhý sloupec identifikuje pořadí akce (prvku modelování), jehož název je uveden ve třetím sloupci. Druhý sloupec může být vynechán – pořadí je rovněž zřejmé z časové osy. Doba trvání je zakreslena do časové osy a počet minut je dále pro přehlednost uveden také jako atribut konkrétní akce (číslo nad akcí). Pokud byla část akce modifikována nebo odstraněna, vyskytuje se tato akce na časové ose vícekrát, odstranění při modifikaci je vyznačeno funkčním (nikoliv časovým) podílem, jako atribut akce (procenta, šrafování). Šipky mezi jednotlivými akcemi znázorňují přímou závislost na předchozích akcích (tedy např. že extrude využívá konkrétní sketch nebo že zaoblení proběhlo na dílu vzniklého pomocí funkce revolve). Odstraněním prvku, na kterém je akce závislá, přitom způsobí chybu v modelu (nebo vyžaduje také jeho odstranění/modifikaci, princip kaskády).

Typy jednotlivých akcí mohou být pro přehlednost barevně odlišeny. Zde operace ve 2D (např. sketch, plane, decal) vyobrazeny oranžově, 3D operace (např. extrude, revolve, loft, shell, boolean) vyobrazeny modře, specifické modifikace (např. fillet, chamfer, move face) zeleně. Akce související s konfiguracemi (parametrizace, proměnné) jsou zobrazeny fialově.

Diagram může obsahovat i další popisné údaje, vztahující se k jednotlivým akcím (atributy akcí), nebo k průběhu jako takovému (např. zvýraznění chyby či zahození celého modelu).

Obrázek 13 představuje ukázkou výsledného modelu a seznam funkcí přímo z aplikace (vpravo). Z tohoto seznamu však není patrná např. pozdější modifikace *Sketch 1*, kterou řešitel provedl. Některý modelovací software (v tomto případě 3D CAD OnShape) může zahrnovat i kompletní historii modifikací (viz obrázek níže) včetně časů, a to dokonce i při použití krokování (šipek zpět/vpřed). Většina modelovacího software ale takto detailní historii nedisponuje a současně není v žádném případě možné detekovat např. zahození celého modelu (vytvoření nového souboru/dokumentu).

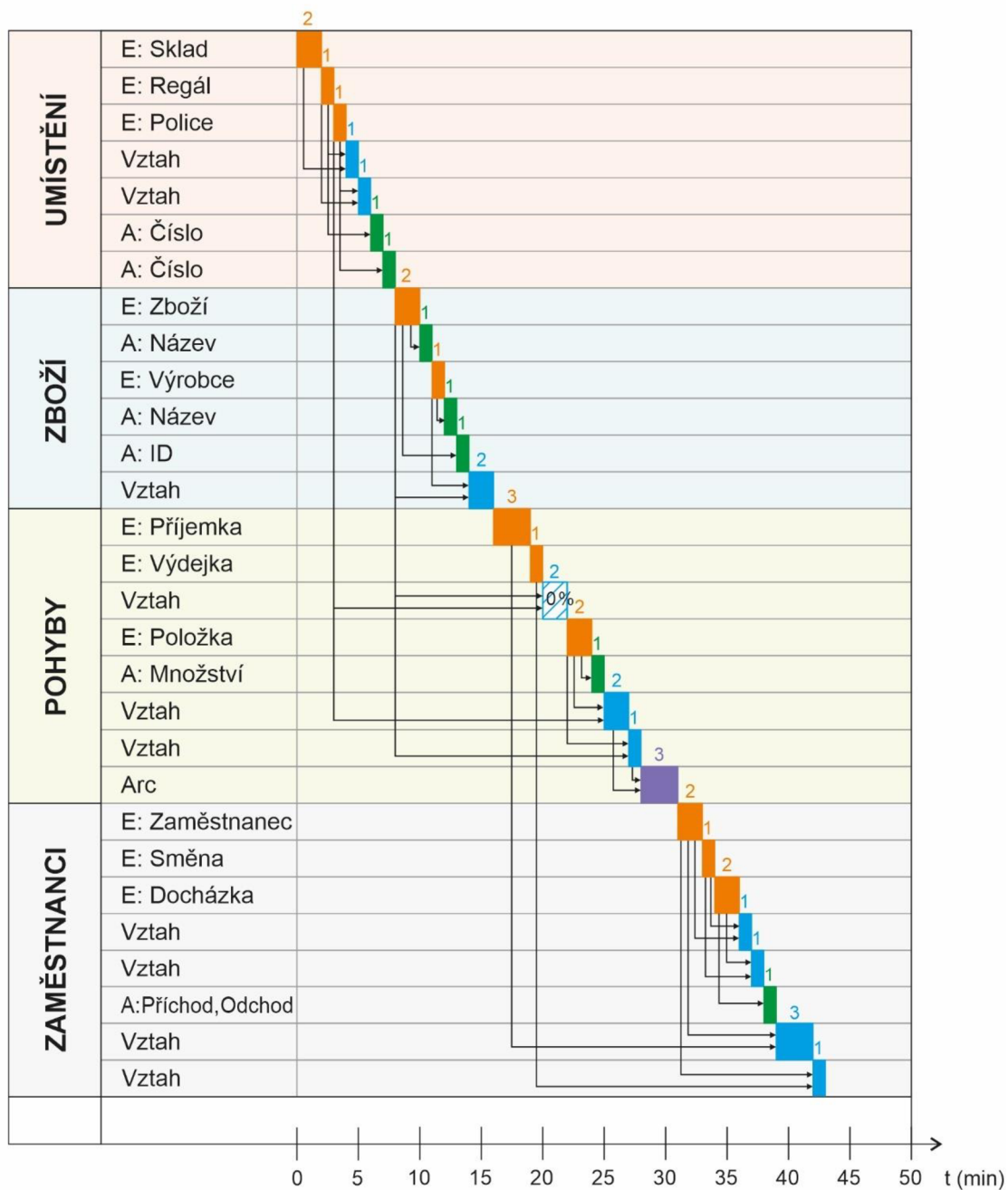


Obrázek 14 – Detailní historie změn v 3D CAD OnShape

GG diagram pro postup modelování schéma databáze je principiálně stejný jako při použití pro 3D modelovací úlohy. Hlavními akcemi jsou v tomto případě tvorba entit (v diagramu použita oranžová barva), definice atributů entit (v diagramu zeleně) a realizace vztahů mezi entitami (v diagramu modře). Šipky opět vyjadřují závislosti na již existujících prvcích. Například atribut je tak závislý na entitě, které je přiřazen, nebo vztah je zde typicky závislý na dvou entitách, mezi kterými je vztah realizován. V závislosti na použitém diagramu (Crow's foot, Chenův, apod.) může docházet i k jiným případům (např. atribut závislý na vazbě). Vztahy mohou být pojmenované, v takovém případě je vhodné uvést do názvu akce.



Pokud je to modelování nebo z doplňujících informací patrné, mohou být akce opět seskupeny do linií (pools).



Obrázek 15 – Příklad GG diagramu (model schéma databáze Skladu)

#### **4.4. Místo výzkumu a cílová skupina**

Výzkum je primárně realizován na studentech informaticky zaměřených studijních programů na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích (dále JČU). Probíhá především v rámci předmětu 3D modelování a tisk, kterého se účastní především studenti Přírodovědecké fakulty, ale také studenti Pedagogické, Zemědělské a Ekonomické fakulty. Příležitostně se jedná i o studenty jiných než informatických oborů (kteří proto neabsolvovali výuku databází). Těmto studentům jsou zadávány pouze standardizované testy a úlohy z domény 3D modelování (CAD), úlohy z domény databází není možno zadat. Ve 3. fázi jsou testováni expertní řešitelé z řad odborníků na dané oblasti (z JČU i z komerční sféry).

#### **4.5. Etika výzkumu**

Všichni účastníci výzkumu byli starší 18 let. Všichni účastníci podepsali písemný souhlas s pořizováním záznamu (audio/video) a souhlasili s participací na výzkumu za podmínky anonymizace zaznamenaných dat. Každému z účastníků bylo náhodně přiděleno pořadové číslo ve skupině (např. student *IS7*, nebo expert *E2*). Podepsaný souhlas účastníků je k dispozici k nahlédnutí pouze v odůvodněných případech (např. při obhajobách, oponentům, apod.), neobsahuje však zástupná čísla, aby nebylo možno identifikovat konkrétní studenty s jejich výkony.

Vybrané ukázky z úloh (především záznamy obrazovky), které by mohly obsahovat identifikaci participantů (přihlášený uživatel, názvy projektů/souborů, apod.) jsou editovány – dotčená místa jsou oříznuta/začerněna.

Všichni účastníci participovali na výzkumu dobrovolně bez finanční náhrady. S ohledem na časovou náročnost, která však přímo nesouvisela s požadavky vyučovaných kurzů (psychologické testy, dotazníky, testování v jiné doméně) byl čas studentů věnovaný výzkumu pozitivně hodnocen pro zápočet kurzu. Toto však nemá vliv na průběh či závěry výzkumu ani na hodnocení studentů. Jedná se pouze o motivační složku, společně s výsledky vlastních standardizovaných testů, které byly zdarma poskytnuty jednotlivým studentům.

Expertní řešitelé souhlasili se zveřejněním počtu let profesní praxe v konkrétní doméně a se zveřejněním firmy/instituce, v kterých odborník primárně aktuálně působí. Souhlas byl udělen i přes upozornění, že vzhledem k těmto údajům není možné zaručit anonymitu.

## 4.6. Volba software

Pro 3D modelovací úlohy byl primárně využíván CAD software OnShape. Hlavní výhodou tohoto software je kompletní cloudové provedení, které umožňuje sdílení a kolaboraci na jednotlivých projektech. To usnadňuje mimo jiné odevzdávání výsledných modelů pro jejich analýzu. Veškeré vzorové úlohy byly připravené v tomto software. Autor práce je také držitelem certifikátů *OnShape Associate* a *OnShape Professional*. Autor považuje tento software celkově (subjektivně) za jeden z nejlepších parametrických CAD, vhodný pro začátečníky (díky modernímu a intuitivnímu UI) i experty (pokročilé funkce). Je také vhodný pro kombinaci s 3D tiskem [65]. Studenti nicméně nebyli omezováni a pokud měli již zkušenosti s nějakým parametrickým CAD, mohli používat software od libovolného výrobce. Jako alternativa byl doporučen například Fusion360, který je také realizován jako cloudový software.

Pro modelování struktury databází byl studentům doporučen software VisualParadigm online a DrawSQL. Oba jsou k dispozici jako cloudový software. I v tomto případě však studenti mohli použít libovolný nástroj, který umožňoval tvorbu E-R diagramu (bez ohledu na jeho variantu).

Veškerý uvedený software byl k dispozici v licenční verzi určené pro edukativní účely nebo je k dispozici zdarma.

## 5. Výzkumné šetření

Tato kapitola popisuje průběh a detaily výzkumného šetření, použité standardizované testy, pedagogicko-psychologické aspekty výuky a informace o účastnících.

### 5.1. Vzorek účastníků a průběh šetření

Šetření probíhalo primárně v rámci výuky kurzu 3D modelování a tisk, kterého se účastní studenti z různých fakult JČU (nejčastěji studenti technických oborů Přírodovědecké fakulty, Pedagogické fakulty, Ekonomické fakulty a fakulty Zemědělské a technologické). Tento kurz je nabízen každý semestr a celkově zahrnuje 56 výukových hodin<sup>9</sup> (podrobnější přehled průběhu kurzu a testování je popsán v kap. 5.3.3). Přehled účastníků jednotlivých fází je uveden v tabulkách níže. Uvedení studenti ve většině případů odevzdali všechny 3D modelovací úlohy a vypracovali všechny testy (výjimečně některý ze studentů např. 1 úlohu neodevzdal z důvodu absence – v některých případech studenti dodělali úlohu/test dodatečně). Studenti, kteří ještě neabsolvovali v některém z předešlých semestrů kurz databází nevypracovávali úlohy z této domény. Studenti, kteří se neúčastnili některého z testů nebo neodevzdali více úloh (vyšší míra absence) nejsou v seznamu zahrnuti.

Zadání všech testovacích modelovacích úloh, tak jak jej obdrželi studenti a expertní řešitelé, je k dispozici v *Příloha 3 - Zadání testovacích modelovacích úloh*.

Vyhodnocení standardizovaných testů probíhalo až po skončení kurzu a studentům bylo následně zasláno individuálně jejich dosažené hodnocení emailem. Analýza modelovacích úloh rovněž probíhala až po skončení kurzu.

---

<sup>9</sup> 1 vyučovací hodina = 45 min

Fáze výzkumu	Rok	Počet účastníků	Standardizované testy	Testované modelovací úlohy
1. fáze	2020	8	Test mentálních rotací	3D – Žeton 3D – Krabička 3D – Dvoudílná kostka 3D – Parametrický dům
1. fáze	2021	4	Test mentálních rotací	3D – Žeton 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Parametrický dům 3D – Držák telefonu DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
2. fáze	2023	13	Test mentálních rotací TTCT-Figural IST 2000R	3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
2. fáze	2024	9	Test mentálních rotací TTCT-Figural IST 2000R	3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
2. fáze	2024	12	Test mentálních rotací TTCT-Figural IST 2000R	3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
3. fáze	2023/ 2024	3D – 2 DB – 2	---	* Podle domény

*Tabulka 2 – Přehled účastníků výzkumného šetření a testovaných úloh (podle jednotlivých fází)*

3D modelovací úloha *Držák telefonu* a databázové úlohy v 1. fázi roku 2021 proběhly nad rámec původního plánu. Důvodem bylo primárně předběžně otestovat tyto úlohy (pochopitelnost zadání a modelovací nástroj DrawSQL a VisualParadigm online). Proti předchozímu ročníku, kde byly 3D modelovací úlohy analyzovány pouze z futures listů zde také byl poprvé použit video-záznam obrazovky, ve kterém (na rozdíl od futures listů) byly patrné i všechny chyby/nežádoucí kroky (odstraněné funkce, apod.). Pro analýzu dat se původně zamýšlené listy funkcí ukázali jako nevhodné, kódování tak bylo nutno provádět převážně z videa (záznamu obrazovky). Původní předpoklad, že k odstraňování/výrazným zpětným změnám bude docházet spíše minimálně a nebude to mít význam pro celkový postup se nepotvrdil, neboť téměř u všech studentů v první fázi se podařilo zjistit výrazný zásah/změnu či přímo zahození dosavadního modelu a start od začátku.

Celkově se výzkumu zúčastnilo **46 studentů** (resp. 61, nicméně 15 bylo z výsledků vyřazeno pro absenci testů/úloh), z toho 26 studentů Přírodovědecké fakulty, 9 studentů Ekonomické fakulty, 5 studentů Pedagogické fakulty, 4 studenti Zemědělské fakulty a 2 studenti Filozofické fakulty. Databázové modelovací úlohy vypracovávalo **19 studentů (15 v rámci 2. fáze)**. Celkem bylo vypracováno **237 modelovacích úloh z domény 3D, 75 úloh z domény databáze**. Bylo realizováno **46 testů mentální rotací, 34 testů TTCT-Figural a 34 testů IST 2000R**.

Genderová vyváženost/zastoupení ani věkové skupiny nebyly v tomto výzkumu zohledňovány ani vliv těchto faktorů nebyl nijak zkoumán. Skladba účastníků byla typická pro vysokoškolské prostředí s ohledem na cílovou oblast. Autor práce neměl žádný vliv na to, kteří studenti si uvedený kurz *3D modelování a tisk* zapsali.

Ve 3. fázi byli testováni také **4 odborníci (expertní řešitelé)**, 2 pro každou oblast (doménu). Odborníci vypracovávali pouze úlohy ze své domény (nepodařilo se nalézt/zajistit odborníky, kteří by byli expertními řešiteli v obou testovaných doménách). Nad rámec je zde jako pátý expert (E3) uveden také autor této disertační práce, který je tak jediný expertní řešitel pro obě domény. S ohledem na objektivitu toto není zcela ideální, přestože analyzované řešení úloh je z doby přípravy úloh (začátek výzkumu nebo i mnohem starší – některé 3D modelovací úlohy autor vytvořil již v roce 2018). E3 je zde přidán zejména pro srovnání použitých strategií (jako řešení autora zadání úloh).

<b>Expert (anonymní označení)</b>	<b>Firma/instituce v které odborník primárně působí</b>	<b>Počet let profesní praxe, která zahrnuje cílovou doménu</b>	<b>Testované modelovací úlohy</b>
3DE1	ČD Cargo, a.s.	11 let	3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům
3DE2	<i>Robert Bosch,</i> spol. s r.o.	9 let	3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům
E3 (3D) * Jakub Geyer (autor)	Jihočeská univerzita v Český Budějovicích	11 let	3D – Žeton 3D – Hrací kostka 3D – Krabička 3D – Hrnek 3D – Dvoudílná kostka 3D – Držák telefonu 3D – Parametrický dům
DBE1	Jihočeská univerzita v Český Budějovicích	21 let	DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
DBE2	ČD Cargo, a.s.	19 let	DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor
E3 (DB) * Jakub Geyer (autor)	Jihočeská univerzita v Český Budějovicích	11 let	DB – Inventář vybavení DB – Hotel DB – Sklad DB – Dětský tábor

*Tabulka 3 – Přehled expertních řešitelů*

Na konci kurzu studenti vyplnili dotazník (online) hodnocení kurzu, kde měli možnost především vyjádřit se k představeným modelovacím strategiím a celkově hodnotit kurz a uvést možná doporučení pro další ročníky. Toto hodnocení bylo zcela anonymní (není tak možné spárovat např. hodnocení představených modelovacích strategií s konkrétními studenty, a to ani v anonymizované podobě). Seznam otázek:

- 1) Jak celkově hodnotíte kurz?  
(x/10), 1 = nejhorší hodnocení, 10 = nejlepší hodnocení
- 2) Slovní hodnocení kurzu.  
Co se Vám na kurzu líbilo/nelíbilo? Co Vám chybělo? Apod.
- 3) Jaká byla časová náročnost?  
Celková délka kurzu, čas na úlohy, apod.
- 4) Jak jste spokojeni se softwarem?  
Srozumitelnost, problémy, náročnost, apod. Chyběl Vám nějaký software/typ softwaru? Apod.
- 5) Jak hodnotíte použitelnost představených modelovacích strategií?  
Je pro Vás zahrnutí těchto strategií do výuky přínosné? Pomohli Vám při řešení úloh?
- 6) Uvažujete v nejbližší budoucnosti o zakoupení 3D tiskárny?  
Ano / Ne / Již mám / Mám přístup ke sdílené tiskárně (školní/firemní/veřejné/apod). / Nevím / Jiná
- 7) Doporučení pro další ročníky?  
Co byste na předmětu změnili? Co Vám chybělo?
- 8) Různé.  
Cokoliv co Vás ke kurzu napadne.

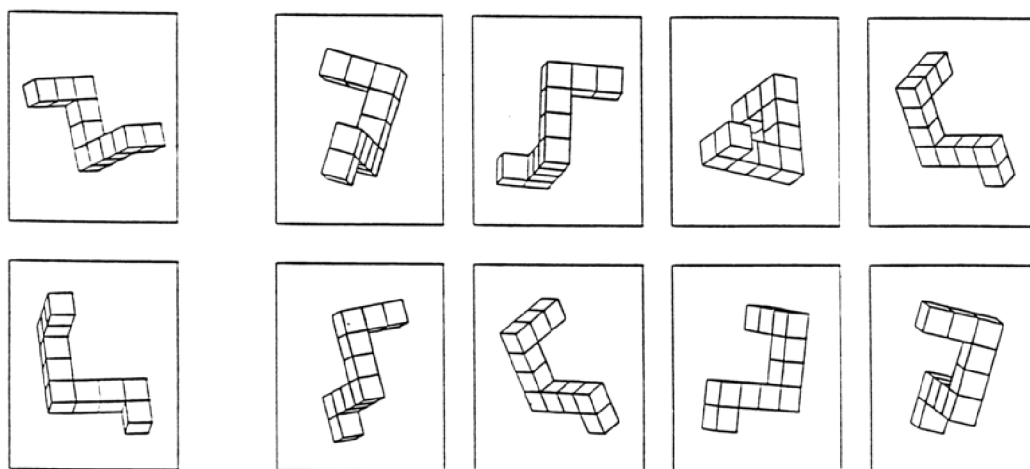


## 5.2. Standardizované testy

Tato kapitola obsahuje přehled tří použitých standardizovaných testů. Jejich výběr byl proveden na základě literární rešerše i úsudku autora. Test mentálních rotací byl zvolen s ohledem na úzkou vazbu k problematice a metodám výuky 3D modelování [66]. Torranceho figurální test tvořivosti/kreativity byl zvolen pro analýzu vztahů mezi přístupem studentů k modelování, volbě strategií a jejich kreativitou [67] [68]. Test struktury inteligence (IST 2000R) byl zvolen jako multidimenzionální test pro analýzu možných závislostí mezi jednotlivými složkami inteligence a modelovacími technikami [69] [70].

### 5.2.1. Test mentálních rotací

Test mentálních rotací je testem zaměřeným na prostorovou představivost a vizualizaci, který byl poprvé publikován v roce 1978 (Stevena G. Vandenberg, Allana R. Kuse [71]). Úkolem je vybrat obrázek zobrazující stejný díl jako na vzorovém obrázku, pouze jinak prostorově natočený.



Obrázek 16 – Ukázka z testu mentálních rotací

### 5.2.2. Torranceho figurální test tvořivosti/kreativity (TTCT-Figural)

Torranceho test kreativity či figurální test tvořivého myšlení [72] [73] je psychologický výkonový test měřící schopnosti divergentního myšlení, užívaný především k měření tvořivosti/kreativity jedince. Test obsahuje čtyři hlavní faktory sledované v divergentním myšlení:

originalita = jedinečnost odpovědi

fluence = počet možných (uznatelných) odpovědí

flexibilita = rozmanitost odpovědí

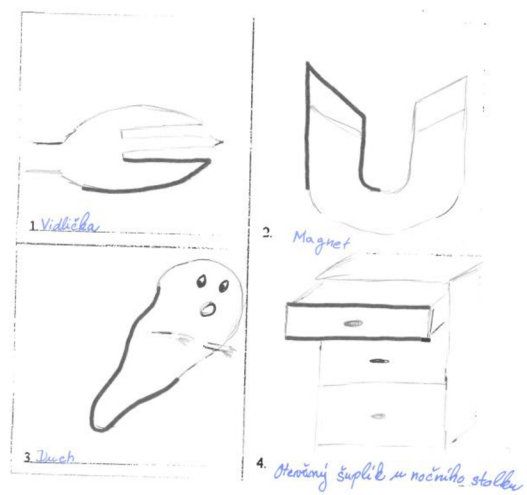
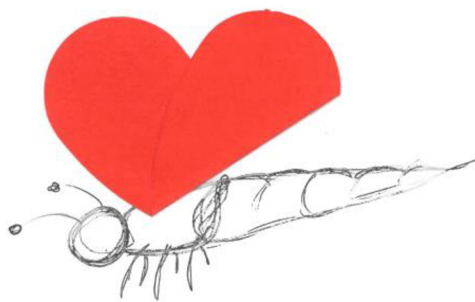
elaborace = podrobnost/detailnost odpovědi

Test se skládá ze 3 částí:

Tvoření obrázku s využitím vystřiženého útvaru

Dokreslování neúplných figur

Tvorba nových obrazců s využitím připravených kruhů



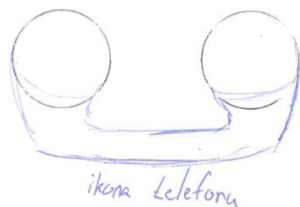
Logo



Lupa



ikona adresy



ikona telefonu



MacE - ten kelímek

Obrázek 17 – Ukázky z figurálního testu tvořivého myšlení (ze 3 částí)

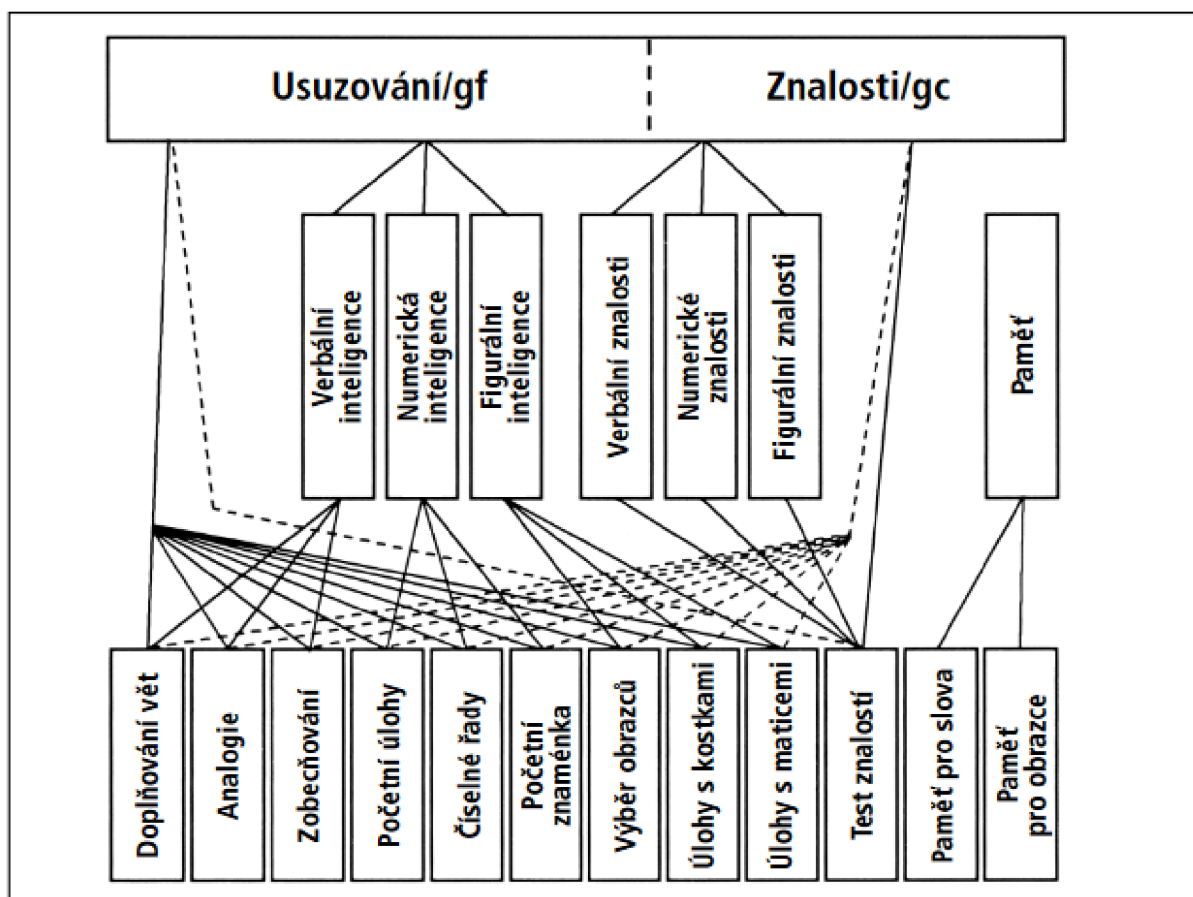
### 5.2.3. Test struktury inteligence (IST 2000R)

Test struktury inteligence I-S-T 2000 R [74] představuje aktualizovanou verzi původního Amthauerova testu [75]. Test je určen pro měření následujících poznávacích schopností:

Verbální inteligence  
Numerická inteligence  
Figurální inteligence  
Celková úroveň poznávacích schopností  
Paměť  
Znalosti (verbálně, numericky a figurálně kódované)  
Krystalizovaná inteligence  
Fluidní inteligence

Obsahuje následující dílčí subtesty:

- Verbální inteligence
- Doplnění vět
  - Analogie
  - Zobecňování
- Numerická inteligence
- Početní úlohy
  - Číselné řady
  - Početní znaménka
- Figurální inteligence
- Výběr obrazců
  - Úlohy s kostkami
  - Úlohy s maticemi
- Paměť
- Slova
  - Obrazce



Obrázek 18 – Hierarchická struktura schopností v testu I-S-T 2000 R  
(převzato z Příručka k I-S-T 2000 R [76])

### 5.3. Výuka modelovacích strategií

Kapitola popisuje volbu modelovacích strategií, průběh výuky a testovací modelovací úlohy (včetně doplňkových formulářů). Kompletní přehled 6 modelovacích strategií v podobě, v jaké byly k dispozici studentům (pomocné listy k výuce modelovacích strategií) jsou uvedeny v Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií.

#### 5.3.1. Volba modelovacích strategií

Vzhledem k tomu, že oblast strategií pro modelovací úlohy není v současnosti uspokojivě prozkoumána a popsána, byly možné strategie čerpány nejen z vědeckých publikací, ale i z učebnic (např. [46] [47] [77] [78] [79]) a odborných online kurzů (např. Oracle Academy, OnShape Learning Center, Microsoft educational SQL courses, SolidWorks training courses, apod.).

Dále lze za součást uvažovat také podpůrné metody (doplňující tyto strategie), např. abstrakce, redukce, analogie, heuristika. U některých strategií je možné spatřovat překryv se strategiemi problémových úloh, což je způsobeno (jak popisuje v souhrnném článku Zawojewski [39]) doposud ne zcela objasněným vztahem mezi problémovými a modelovacími úlohami.

Popisy strategií v dostupných zdrojích či doporučené postupy se přitom často shodují (či výrazně překrývají), přestože jejich názvy se mohou lišit. Pro souhrn obsahující všechny základní přístupy, jejichž principy se od sebe dostatečně zásadně odlišují, tak byly vybrány následující hlavní strategie:

**rozděl a panuj** (divide and conquer)

**iterativní přístup**, nazýván také jako „cyklický přístup“

**important first** (nejdřív to hlavní), často nazývána také jako „top-down“

**od jádra** (postupně / od středu), někdy nazýván také „zleva doprava“  
nebo „od jednoho konce na druhý“

**skládání** (bottom-up)

**pokus-omyl** (trial and error)

Každá ze strategií má přitom specifické rysy a dílčí kroky, které jsou podstatné pro správný výběr a aplikaci konkrétní strategie. Strategie (tak jak byly předloženy na pomocných listech studentům v průběhu výuky), jsou vyobrazeny v příloze v *Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií*. Příklad strategie *Rozděl a panuj* níže.

V průběhu sestavování strategií a jejich doporučených kroků se jako velmi specifická ukázala strategie *pokus-omyl*. Důvodem jsou velké rozdíly v popisu její aplikace, některé aktuální publikace [80] dokonce poukazují na to, že žádná taková strategie neexistuje. S ohledem na potřeby výzkumu byla tato strategie ponechána, i přes možnou podobnost některých kroků s iterativním přístupem.

## Rozděl a panuj (divide and conquer)

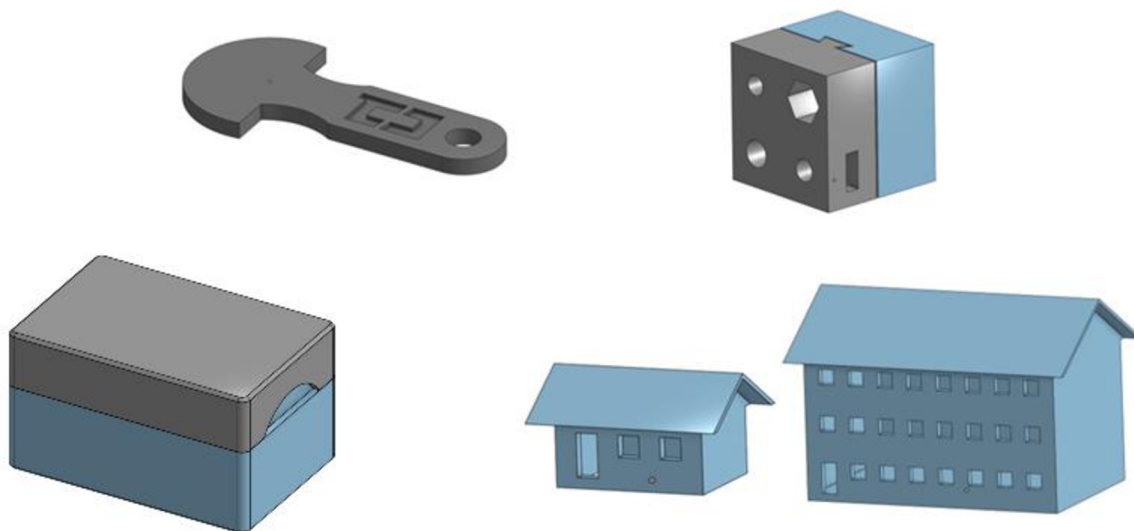
- Vhodná, pokud je celek možno rozdělit na více částí, které jsou na sobě buďto zcela nezávislé, nebo lze jejich vzájemnou závislost dobře definovat. Vyžaduje alespoň základní představu o celkovém modelu (pro definici částí).
- Spočívá v rozdělení komplexní úlohy na menší celky.
- Velmi užívaná u rozsáhlých úloh.

### Postup

- 1) Identifikace klíčových částí celku, kterým lze určit samostatný význam či funkci.
  - Hrubá definice (poznámenání) těchto částí.
- 2) Identifikace vztahů mezi jednotlivými částmi. Pokud není jednotlivé části možné modelovat samostatně – příliš velký vliv souvisejících částí (vysoká provázanost), nelze strategii *rozděl a panuj* aplikovat (nebo je nutno optimalizovat způsob rozdělení).
  - Definice (poznámenání) pouze vnějších vztahů (s dalšími částmi), které budou později použity pro napojení na další části.
- 3) Určit, v jakém pořadí budou části modelovány, zejména s ohledem na vazby mezi částmi. V některých případech nemusí na pořadí záležet.
  - Definovat optimální pořadí.
- 4) Modelování jednotlivých částí. Pokud i jednotlivé části nejsou tvořeny dostatečně jednoduchými prvky (stále vysoká komplexnost), je možné i tyto dále dělit či aplikovat jinou strategii.
  - Modelovat jednotlivé části.
- 5) Sestavení kompletního modelu z částí – vypořádání závislostí mezi díly.
  - Sestavení částí dohromady.
  - Nemělo by vyžadovat větší/zásadní zásahy do již existujících částí.

### 5.3.2. Testovací modelovací úlohy

V první fázi (předvýzkum) každý student vypracoval 4 parametrické modely („žeton“, „krabička“, „dvoudílná kostka“, „dům“) na základě společného zadání v parametrickém CAD programu OnShape (zadání v Zadání testovacích modelovacích úloh (včetně příkladů řešení)).



Obrázek 19 – Ukázka řešení testovacích modelů (1. fáze)

Pro bližší pochopení postupu studentů v prvním běhu kurzu, problémů, s kterými se potýkali v mentální představě byl připraven polostrukturovaný rozhovor s následujícími klíčovými otázkami (které byly studentům pro lepší pochopení dovysvětleny včetně příkladů):

- 1) Jaký vliv na vaši orientaci měla rostoucí komplexnost modelů?
- 2) Popište způsob přenesení vašich představ do formálního modelu. Uveďte největší problémy, kterým jste při tomto procesu čelili.
- 3) Odpovídá výsledný formální model vaší původní představě? Kde a proč jste případně museli změnit model nebo představu?
- 4) Jakým způsobem jste při tvorbě modelu postupovali? Měli jste pro postup určenou nějakou „strategii“?

V rámci druhé fáze studenti zpracovávali 6 úloh z oblasti 3D modelování („hrací kostka“, „krabička“, „hrnek“, „dvoudílná kostka“, „držák telefonu“ a „dům“). Pro analýzu dopadu výuky strategií do jiné domény byly dále testovány 4 databázové úlohy („inventář“, „hotel“,

„*dětský tábor*“ a „*sklad*“). Tyto úlohy byly modelovány v online nástroji DrawSQL nebo VisualParadigm (online verze). Úlohy *inventář* a *hotel* byly testovány na začátku kurzu a *dětský tábor* a *sklad* na jeho konci (úlohy *inventář/sklad* a *hotel/dětský tábor* jsou si přitom typově podobné, správnost vypracovaných modelů nebyla se studenty řešena). Podrobné zadání úloh je k dispozici v Zadání testovacích modelovacích úloh (včetně příkladů řešení).

Ke každé modelovací úloze (3D i databáze) studenti vyplnili online dotazník, který obsahoval následující otázky, které byly zvoleny pro lepší pochopení postupů a motivace studentů:

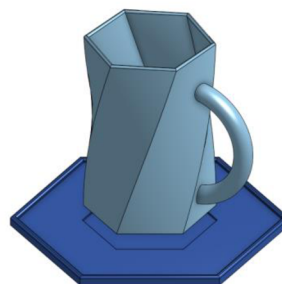
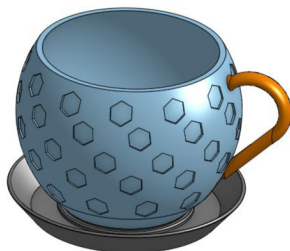
- 1) Popište strategii a hlavní kroky Vašeho postupu při modelování.  
Měl/a jste pro modelování nějakou strategii/postup? Lišil se nějak předpokládány postup před modelováním od skutečného průběhu?
- 2) Vyskytl se při modelování nějaký zásadní problém(y)?  
Jaký? Víte, proč k němu došlo?
- 3) Odpovídá výsledný model Vaší původní představě?  
Kde a proč jste případně musel/a změnit model nebo představu?
- 4) Jak jste spokojen/a s výsledným modelem?  
Celkový dojem z výsledku.
- 5) Jaká byla časová náročnost na tuto úlohu?  
Váš přibližný čas na tvorbu modelu. Byl tento čas dostačující?

Ukázky zadání úloh s možným řešením (komplet všech úloh – viz *Příloha 3 - Zadání testovacích modelovacích úloh*):

### **3D – Hrnek**

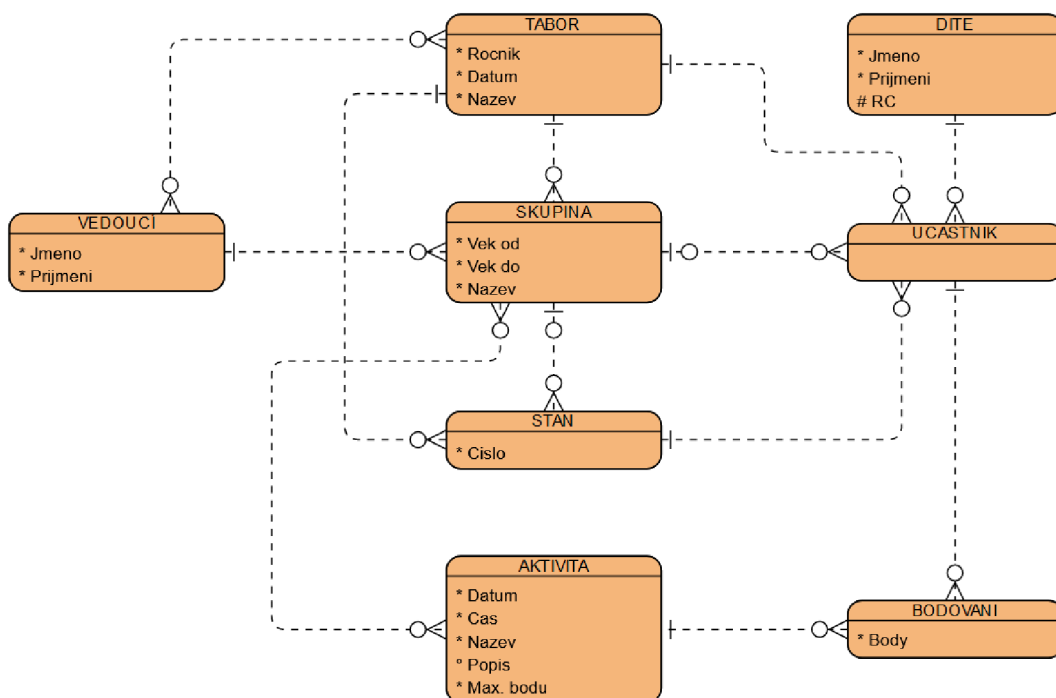
Vytvořte model hrnku s podšálkem. Hrnek by měl „zapadnout“ do středu podšálku. Hrnek by měl mít minimálně 1 ucho. Hrany hrnku ani podšálku nesmí být ostré. Dno hrnku by mělo být užší než horní část a tělo by mělo být zdobeno (obrázkem/logem/nápisem/apod.). Nezapomeňte, že model musí být tisknutelný na FFF (FDM) 3D tiskárně.





## DB – Dětský tábor

Vytvořte diagram pro databázi účastníků letního tábora. Tábora se účastní děti 3 věkových skupin (6- 10let, 11- 14let, 15- 17let), kde každá skupina má vlastní program a zodpovědného vedoucího. Vedoucí připravuje aktivity pro svou skupinu na každý den (např. hry, výlety, úkoly, apod.). Každá aktivita má předem stanovený čas a maximální počet bodů, které může každý účastník ze skupiny za aktivitu získat. Ubytování na táboře je ve dvoulůžkových stanech s podsadou. Na konci tábora jsou vyhlášeni nejúspěšnější účastníci z každé skupiny a nejúspěšnější stan (součet bodů 2 účastníků z jednoho stanu).



### 5.3.3. Průběh výuky a testování (2. výzkumná fáze)

Studenti se nejdříve v rámci kurzu 3D modelování a tisk seznamovali se základními pojmy z oblasti 3D tisku a jeho využití a dostupnými technologiemi 3D tisku. Déle byly studentům představeny možné reprezentace 3D objektů (drátěná, povrchová, objemová) a základní principy tvorby těchto modelů:

Constructive Solid Geometry (CSG, skládání základních tvarů)

Sketch -> Extrude

Push/Pull

Scriptování (matematické funkce, programování)

„Elektronické sochařství“

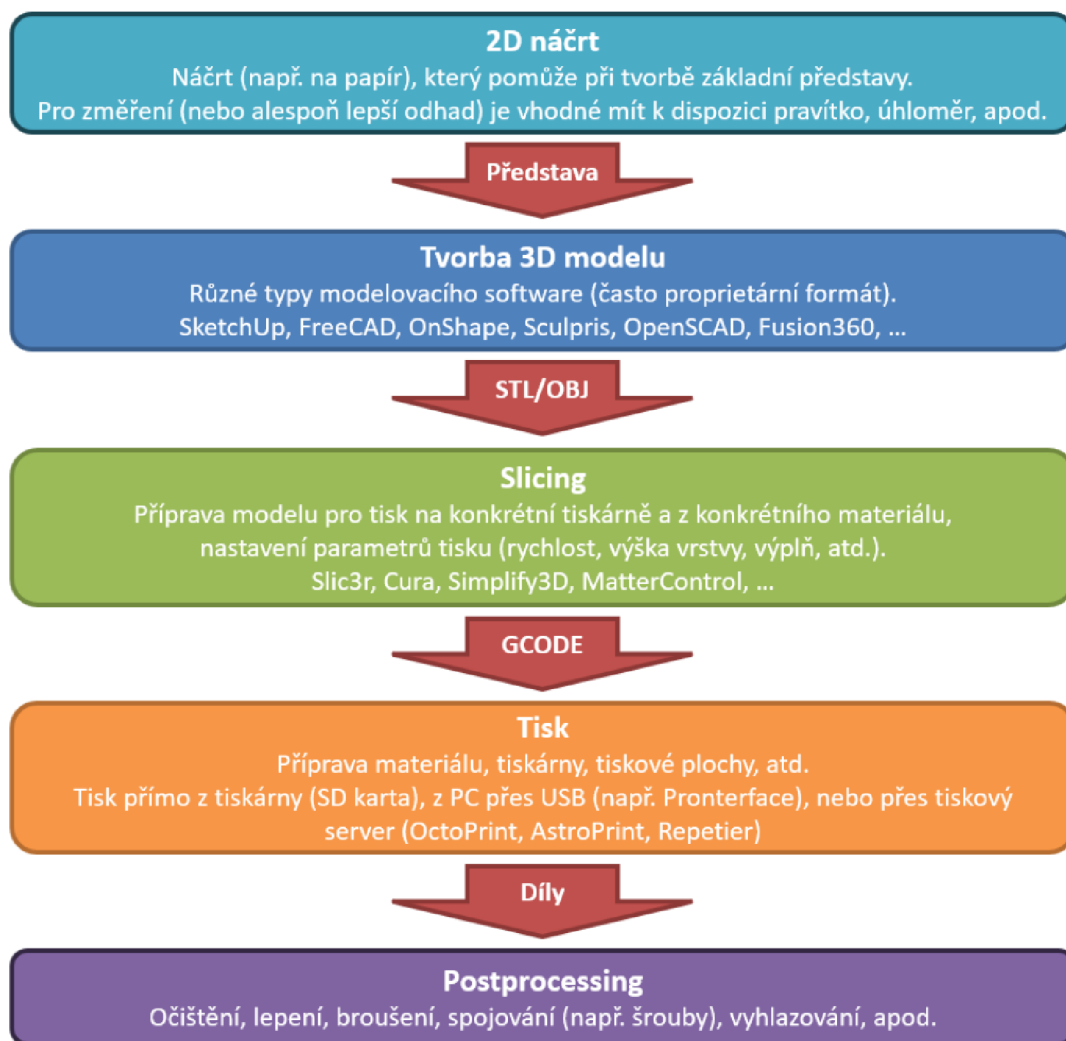
3D skenování

Studenti byli rovněž seznámeni s procesem tvorby modelu a jeho tisku. Tento proces si následně procvičovali na jednodušších úlohách, nejdříve v neparametrickém 3D CAD SketchUp, a následně v parametrickém 3D CAD OnShape. Vypracovávali např. modelovací úlohy 2 žetonů do nákupního košíku, magnetky na lednici, vizualizátor extruderu (magnetická přichytka), šachové figurky, přívěšek na klíče, apod. Studenti se rovněž seznámili s problematikou slicing, dostupnými materiály a jejich vlastnostmi. Tato část výuky odpovídala časově přibližně 18 hodinám (24 vyučovacích hodin<sup>10</sup>). Ve výuce docházelo k pravidelnému střídání výkladu teoretických základů a praktického procvičování. 3D tisk modelů probíhal paralelně (není tak zahrnut do uvedeného času).

Po jednotlivých úlohách (po vypracování) byly studenti vždy seznámeni s příkladem optimálního řešení a postupem který k tomuto vedl (pouze technický postup bez řešení strategie). Hlavním cílem bylo seznámení se software, funkcemi a základními principy.

---

<sup>10</sup> 1 vyučovací hodina = 45 min



*Obrázek 20 – Proces tvorby 3D modelu a jeho tisku*

Po zvládnutí základů modelování a 3D tisku byly studentům představeny pokročilé funkce a koncepty, např. sestavení (assembly), využití závislostí ve 3D (projekce a průnik do nákresu), využití vzorů/opakování (pattern) a parametrizace včetně proměnných. Důraz byl kladen také na orientaci objektu pro tisk (včetně využití podpor, více materiálového tisku či možnosti rozdělení modelu ve vztahu k tisknutelnosti a pevnosti modelu) a modelování s ohledem na cílovou technologii 3D tisku (její vlastnosti a omezení). Tato část výuky odpovídala časově přibližně 12 hodinám (16 vyučovacích hodin). Součástí této výuky bylo také testování modelovacích dovedností na úlohách *Hrací kostka*, *Krabička* a *Hrnek*. Ti studenti, kteří již v některém z předchozích semestrů absolvovali kurz zaměřený na databáze, také vypracovali databázové modelovací úlohy *Inventář vybavení* a *Hotel*.

Po zvládnutí pokročilých funkcí byly studentům představeny modelovací strategie. Jako opora byly studentům rozdány pomocné listy se základními informacemi o strategiích a dílčích krocích (viz *Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií*). Strategie byly studentům představovány na úlohách *Hrnek* a *Krabička* (které již dříve absolvovali, jedná se tak o úlohy s dobře známým zadáním i řešením). Důraz byl přitom kladen na odlišné postupy a v některých případech i využití odlišných modelovacích funkcí (feature). Studenti si zvládnutí jednotlivých strategií otestovali na prezentovaných úlohách.

<b>Strategie</b>	<b>Úloha</b>	<b>Základní popis</b>
Rozděl a panuj	Hrnek	Hrnek a podšálek jsou modelovány zcela samostatně, až následně dochází ke sjednocení velikostí (např. pomocí proměnných) a provázání (např. prolisek na hrnek v podšálku).
Iterativní přístup	Krabička	Nejprve je vytvořen velmi hrubý koncept – např. dutý kvádr, který reprezentuje požadavky na krabičku (tvar, objem). Následně je postupně model zpřesňován (rozdělen na krabičku a víčko, vyřešen mechanismus uzavírání, prolisů, zaoblení, zdobení a parametrizace).
Important first	Hrnek	Nejdříve je vytvořen společný náčrt, který obsahuje základní vlastnosti všech částí modelu (hrnku, podšálku, ucha). Na základě společného náčrtu jsou modelovány (závisle) jednotlivé části.
Od jádra	Krabička	Nejprve budeme modelovat spodní část krabičky, kde budou definovány také základní rozměry. Až následně budeme modelovat víčko, které bude na spodní části závislé. Potom případně modelujeme další části (loga, prolisky, apod), vše postupně závislé na již hotových částech.
Skládání (bottom-up)	Hrnek	Na začátek si specifikujeme všechny známé požadavky na model (např. jakým způsobem budeme hrnek držet v ruce, jak bude zdobený, kolik bude zabírat prostoru, jaký tvar bude mít podšálek, apod.). Každý jednotlivý prvek modelujeme samostatně, a následně skládáme dohromady. Např. hrnek spojíme s ouškem a s logem (obojí modelováno zcela samostatně).
Pokus-omyl (trial and error)	Krabička	Nevíme, jak bude krabička vypadat – máme např. pouze informace o tom, co se do krabičky musí vejít (k čemu je určena). Vytvoříme několik zjednodušených variant (různých tvarů a velikostí), příliš neřešíme detaily. Postupně rozvíjíme a vybíráme nejvhodnější řešení.

#### *Tabulka 4 – Přehled použitých modelů pro výuku strategií*

Výkladu včetně ukázky každé strategie bylo věnováno přibližně 30 minut. Strategie byly přitom rozděleny do 2 skupin (v tabulce první 3 a druhé 3), které byly představeny vždy v 1,5 hod bloku společně (2 výukové hodiny). **Celkově tak byly výuce modelovacích strategií věnovány 4 výukové hodiny.** Strategie byly představeny v pořadí, v jakém jsou uvedeny. Celkově se mohly uvedené časové dotace a struktura v rámci jednotlivých kurzů mírně odlišovat v závislosti na práci studentů, jedná se však pouze o mírné odchylky s předpokládaným zanedbatelným významem. Způsob výuky a časová dotace na výuku modelovacích strategií byly vždy stejné.

V závěrečné části kurzu proběhlo v rámci výuky testování modelovacích dovedností na úlohách *Dvoudílná kostka*, *Držák telefonu* a *Parametrický dům*. Studenti se znalostí modelování struktury databází také vypracovali databázové modelovací *Sklad* a *Dětský tábor*. V této části se studenti také seznámili s postprocessingem a možnými kombinacemi 3D tisku s dalšími technologiemi. Tato část zahrnovala 12 vyučovacích hodin.

Testování pomocí standardizovaných psychologických testů probíhalo typicky v průběhu první poloviny kurzu. S ohledem na časové dispozice jednotlivých testů probíhali společně testy mentálních rotací a test tvořivosti. Samostatně pak probíhal test struktury inteligence. S ohledem na mentální náročnost testů tyto probíhali v dopoledních hodinách (např. hned po krátkém zopakování látky / zodpovězení dotazů z předchozích hodin a spuštění 3D tisku).

#### **5.4. Pedagogicko-psychologické aspekty výuky 3D modelovacích úloh**

Tato kapitola popisuje potenciálně problematické pedagogicko-psychologické aspekty a situace, které se vyskytly při výuce 3D modelovacích úloh. V průběhu šetření, zejména v rámci 2. fáze v akčním výzkumu, byla výuka přizpůsobována tak, aby bylo zamezeno možným negativním vlivům (zahálení, demotivace, strach, vzdávání se, apod.). K jednotlivým aspektům jsou diskutovány potenciální příčiny a možná řešení.

#### 5.4.1. Skupinové (sociální) vlivy

V rámci tradičního vzdělávání ve třídách působí na jedince celá řada sociálních vlivů, která má vliv na studentovo soustředění, přístup k výuce a výkonnost. Mezi faktory lze přitom zařadit jak vliv spolužáků, tak vyučujících. [12]

##### Heterogenita skupiny

V rámci všech vzdělávacích úrovní jsou třídy/skupiny často velmi heterogenní. Obvykle se jedná o žáky/studenty stejného věku bez ohledu na jejich konkrétní schopnosti a učební předpoklady [81] (výjimkou z pohledu věku je terciální vzdělávání, kde se přes převládající věkovou skupinu často vyskytují i věkově výrazně odlišní jedinci). Mezi příčiny této heterogenity patří předchozí vzdělání, různé sociální zázemí, etnický původ, apod. [12]

Pro výuku 3D modelování se heterogenita skupiny ukázala jako velmi typická, ať se jednalo o skupinu studentů či o specifický kurz pro již praktikující učitele. I v rámci skupiny studentů stejného studijního programu existovaly mezi studenty především na začátku kurzu značné rozdíly. S ohledem na zvyšující se popularitu 3D tisku v posledních letech a zavádění této oblasti i do sekundárního vzdělávání [3], se ve skupině často vyskytnou jedinci, kteří již mají s 3D modelováním nějakou zkušenost. Praktické dovednosti studentů se však velmi liší. Někteří studenti využívali modelování spíše k návrhu velmi jednoduchých modelů či k minimálním úpravám již dostupných modelů (převaha neparаметrického modelování), jiní měli již zkušenosti s návrhem obtížnějších modelů, ale nikdy například nevyužívali sestavení (assemblies) či jiných pokročilých modelovacích metod (dynamické parametry a proměnné, práce s povrchy, závislé díly, apod.). Zkušenosti některých studentů byly vysoce ovlivněné cílovou technologií produkce (obvykle FFF/FDM 3D tisk [82]) nebo zájmovou oblastí (mechanické díly, cosplay, architektura, virtuální realita, atd.).

Práce s heterogenní skupinou je pro učitele náročná. Na jednu stranu je nutno sjednocovat znalosti a dovednosti, na druhou stranu je nezbytný individuální přístup ke studentům. Jako problematické se projevíly již úvodní teoretické lekce (přehled technologií 3D tisku, základy tvorby 3D modelů, seznámení se software). Při využití převážně frontální výuky se již v těchto úvodních lekcích projevovaly u studentů známky snížení pozornosti, nesoustředění a nepochopení problematice. Důvodem přitom může být jak vysoké/nevstřebatelné množství

informací (u studentů bez předchozích zkušeností), tak nezáměr a ztráta pozornosti při výkladu již známých faktů.

Řešení může představovat důraz na autonomní koncepci. V tomto případě bylo čerpáno především z principů problémového vyučování [83] [84] a badatelsky orientované výuky [85]. Do výkladu byla často zařazována samostatná činnost studentů, a to především individuální, výjimečně v malých skupinách, aby nedocházelo k zahálení (social loafing [86]). Místo frontálního výkladu tak studentům byly kladeny otázky a úkoly, např.:

Která z technologií 3D tisku umožňuje největší množství detailů?

Jaké rozměry budeme pro modelování potřebovat?

Jak rozdělíme model na 2 části? Jak ho po vytištění spojíme dohromady?

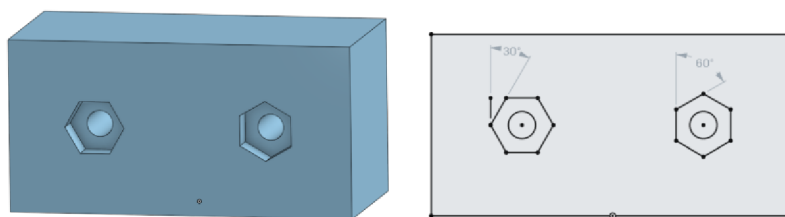
Jak je možné vymodelovat předložený tvar co nejrychleji (na co nejméně kroků)?

Lze uvedený tvar vytisknout pomocí technologie FFF/FDM? Jak?

Resp. část frontálního výkladu byla zachována (s ohledem na časové možnosti), nicméně vyjma prokládání běžnými cvičeními, videi, apod., byla již v úvodních lekcích část nahrazena výše uvedenými cvičeními.

### Konformita

Sociální potřeba a výkonové potřeby (především potřeba vyhnout se neúspěchu) však mohou mít i negativní dopad. Jedním z pozorovaných jevů je konformita (tendence přizpůsobit názory a chování ostatním členům skupiny). Mezi příčiny patří právě potřeba vyhnout se neúspěchu (mít pravdu) a být oblíbený. Pokud je například skupině studentů prezentována otázka: „Která ze dvou orientací slotu pro matku je vhodnější pro tisk?“, a je požadováno zdůvodnění před ostatními studenty, část studentů typicky vyčkává, a přikloní se názorově k „silnějšímu“ studentovi a jeho argumentaci. Bez vlastní analýzy se tak často přidávají ke špatné odpovědi. Tento jev popsal a experimentálně ověřil např. S. E. Asch [87].



*Obrázek 21 – Otázka pro studenty: orientace tisku (zadání + řešení)*

### Sociální facilitace

Způsob jednání a výkon jedince je do určité míry ovlivňován přítomností jiných osob. Míra ovlivnění je přitom závislá jednak na povaze jedince, a jednak na faktorech sociálního vlivu [88]:

síla sociálního vlivu (význam konkrétních přihlízejících pro jedince)

počet přihlízejících (nelineární faktor, který výrazně roste do počtu přibližně 5 přihlízejících)

blízkost (sociální „vzdálenost“ přihlízejících od jedince, početnost kontaktu)

Za speciálním případ sociální facilitace je také někdy považována „nepřímá účast“ jiných osob, mezi které lze zahrnout např. mediální přenos, online výuku, apod.

Pro sociální facilitaci ve výuce je z hlediska výkonu typické, že u jednodušších úloh dochází obecně k mírnému zlepšení, které lze vysvětlit chvilkovým zvýšením koncentrace a motivací v důsledku sociálních potřeb. Naopak u složitějších úloh dochází často k zaměření na kvantitu (zvládnou co nejvíce z úlohy), ale dochází ke snížení kvality a zvyšuje se chybovost. Při modelování komplexních úloh je tak nutné zajistit, aby výkon studentů nebyl ovlivněn skupinou. Rizikovým faktorem jsou především studenti, kteří jsou se svou prací již hotovi, nebo samotný vyučující (pokud je například při řešení k dispozici pro konzultace). Tito mohou způsobovat také snížení koncentrace na úlohu a ke konfliktu v zaměření pozornosti (místo na úlohu např. na učitele nebo na diskusi se spolužákem).



## 5.4.2. Kognitivní aspekty

Tato kapitola popisuje osobní kognitivní aspekty, které je možno pozorovat na studentech při řešení modelovacích úloh.

### Osobnostní charakteristiky

Na přístup k řešení úloh mají zásadní vliv osobnostní charakteristiky jedince, které jsou v současné době nejčastěji popisovány pomocí pětifaktorového modelu osobnosti, tzv. **Big Five** („velká pětka“) [89]. Tento model rozděluje charakteristiky na:

- otevřenost zkušenostem (openness to experience)
- svědomitost (conscientiousness)
- extraverze (extraversion)
- přívětivost (agreeableness)
- neuroticismus (neuroticism)

Lze se domnívat, že pro modelovací úlohy budou hrát zásadní roli především otevřenost zkušenostem a svědomitost. Je to dáno tím, že pro úspěšné zvládnutí modelovacích úloh je často zapotřebí zvědavosti, kreativity a představivosti, ale v kombinaci s dobrou organizovaností, svědomitostí a efektivitou. U studentů s nízkou svědomitostí lze očekávat vysoká míra chaotičnosti, nepřesností a chyb v průběhu modelování. Studentům s nízkou otevřeností naopak hrozí přílišná fixace na již zažitá řešení a postupy, což může být v rozporu s dynamičností a různorodostí modelovacích úloh.

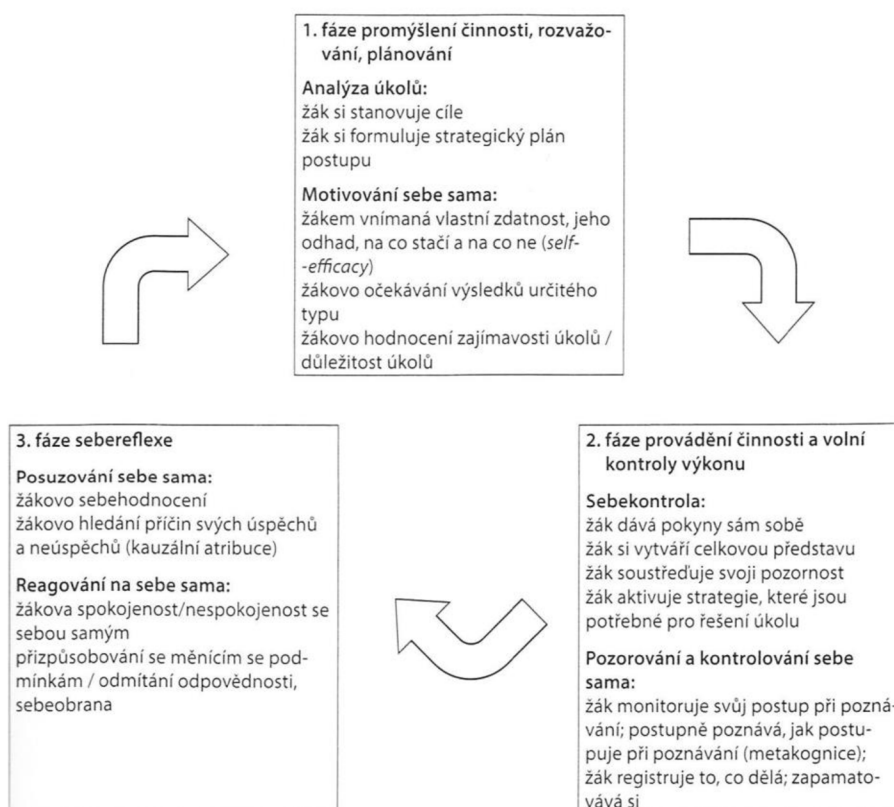
### Motivace a sebereflexe

Mezi zásadní faktory ovlivňující vzdělávání patří potřeby, které slouží jako motivace studentů k učení. Mezi tyto lze řadit **kognitivní potřeby, sociální potřeby, výkonové potřeby či potřeby perspektivy** (modifikovaně podle Hrabal et al. [90], převzato z Mareš [12]). Nedostatek motivace může vést ke ztrátám pozornosti, soustředění a k **zahálce**. Zvýšené riziko zahálky je především při práci v týmu, kde dochází často ke změně individuální zodpovědnosti na týmovou. Z hlediska prevence proti zahálce je u modelovacích úloh zásadní motivace a poskytování hodnocení a zpětné vazby (průběžně, důležité je věnovat dostatek času procvičování a dílčím úlohám). Z hlediska týmu je zásadní možnost identifikace a ocenění

individuálního podílu na práci. Vhodnější je pro modelovací úlohy formování menších týmů, případně princip „laviny“ (postupné spojování menších týmů do větších, integrace jejich řešení).

Další možnou příčinou selhávání a demotivace je **strach** a frustrace z neúspěchu. Tyto mohou vést k předčasnému „vzdávání se“ při řešení modelovacích úloh. Důvody pro negativní dopad mohou být jak sociální, tak testová úzkost. [91] Pokud student opakovaně selhává při řešení úlohy, může nabít dojem, že tyto úlohy jsou nad jeho schopnosti, nebo že na tento typ úloh „nemá nadání“.

Prevencí může být aplikace autoregulovaného učení a sebereflexe. Cyklus (tak jak ho definuje Zimmerman [92]) obsahuje mimo jiné tvorbu strategického plánu postupu (1. fáze), utváření celkové představy a sebekontrolu (2. fáze) a sebereflexi (3. fáze). Díky sebereflexi mají možnost upravit strategii postupu.

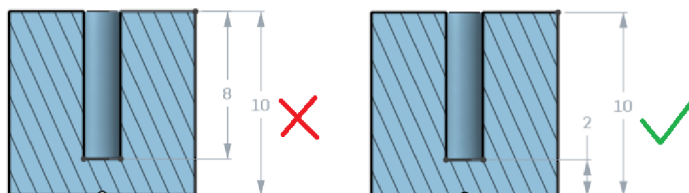


**Obrázek 22 – Cyklický model autoregulovaného učení (modifikovaně podle Zimmermann [92], převzato z Mareš [12])**

## Kognitivní zkratky

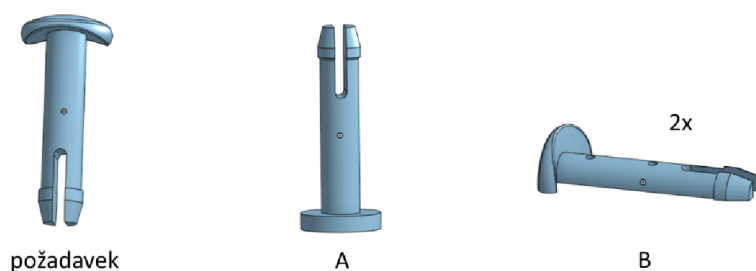
Při řešení modelovacích úloh se často projevovale zkratkovité jednání – hledání nejsnazších cest k cíli, který by alespoň přibližně odpovídal požadavkům. Místo podrobné analýzy problému docházelo k užití omezené racionality, příklon k již známým řešením a postupům či slepého napodobování ostatních řešitelů ve skupině. Konkrétně se jednalo o následující kognitivní zkratky/zkreslení.

**Heuristika dostupnosti** (availability bias) spočívá v upřednostňování informací, které si snadno v souvislosti s úlohou/jevem vybavíme [10]. Při rozhodování, jakým způsobem postupovat tak studenti často využívají jednodušších, resp. často běžně užívaných funkcí, přestože při pozdějších modifikacích či parametrizaci mohou způsobit problémy. Rovněž při modelování závislostí studenti často volí jednodušší definice, které jsou pro ně snadněji dostupné/představitelné. Například při modelování zahloubení do kostky o rozměrech 10\*10\*10 mm, které má ponechat zbývající tloušťku stěny 2 mm, studenti často nastaví zahloubení slepě na 8 mm, místo nastavení zahloubení až k cílové vrstvě a odsazení 2 mm (a to i přes upozornění na možnou budoucí změnu velikosti kostky).



*Obrázek 23 – Zahloubení kostky (heuristika dostupnosti)*

**Heuristika kotvení a přizpůsobování** (anchoring effect) je způsobena počátečním zaměřením se (ukotvením) na konkrétní informaci, která však nemusí být příliš relevantní nebo může být dokonce nepravdivá [93]. Ukotvení přitom může nastat na základě vlastního úsudku, nebo na základě externí informace (např. od spolužáka). Student si například na začátku modelování ukotví, že modelovaný objekt bude na 3D tiskárně tištěný jako jeden kus (protože v reálném světě se obvykle jedná o jeden celistvý díl), přestože v praxi je vhodné/nezbytné tento rozdělit a tisknout na více dílů (s ohledem na pevnost, zbytečné podpory, apod.). Výsledkem studentova snažení bude pravděpodobně model, který buďto nebude splňovat zadání, nebo bude výsledné řešení suboptimální (v důsledku přizpůsobování se mylným potřebám tisku jako jednoho dílu).



*Obrázek 24 – Přizpůsobení modelu na základě nevhodného ukotvení*

Varianta A na obrázku výše, přestože bude tisknutelná vcelku bez podpor, má méně optimální tvar a výslednou pevnost (při 3D tisku po vrstvách jsou typicky nejslabší vazby v ose Z). Varianta B, kde je objekt tisknut na 2 poloviny (a následně slepen) je rovněž tištěna bez podpor, má požadovaný tvar a mnohem lepší mechanické vlastnosti (vzhledem k tiskové orientaci).

**K sebepřeceňování** (overconfidence / Dunning-Kruger efekt) může docházet u studentů, kteří v důsledku nedostatku zkušeností nadhodnotí svůj výsledek (spokojí se se suboptimálním řešením, aniž by se pokusili o jeho zlepšení) [94]. V heterogenních skupinách může být toto jednání posíleno efektem kontrastu (contrast effect) / nadhodnocování (overplacement), kdy student se základními znalostmi v oblasti bude zpočátku působit jako mnohem větší odborník než jeho spolužáci, kteří v oblasti nemají zkušenosti žádné.

Ve snaze vyhnout se výše uvedeným kognitivním zkratkám/zkreslením byly v rámci výuky opakovaně zdůrazňovány dva principy. Prvním je důraz na porozumění zadání a kritický přístup k prvotním představám. Před započítím samotného modelování bylo doporučeno vytváření alespoň základního náčrtku s poznamenáním všech podstatných vlastností (ze zadání, případně požádat o zpřesnění). Druhým principem je průběžná a opakovaná reflexe v průběhu modelování, zda dosavadní model odpovídá původním požadavkům. V případě rozporu je tak možno tento řešit co nejdříve a vyhnout se tak větší nutnosti přepracování.

## 6. Výsledky, analýza výsledků a diskuse

Tato kapitola popisuje zjištěné výsledky, jejich analýzu, diskusi a indukované teorie. Struktura kapitoly se snaží reflektovat stanovené úkoly, definované v souvislosti s cíli disertační práce. V závěru kapitoly je k dispozici souhrn zjištění a limity provedeného výzkumu.

### 6.1. Charakteristika užitých modelovacích strategií

Níže je popsána základní charakteristika užitých modelovacích strategií (viz *Volba modelovacích strategií* a *Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií*) a způsob jejich analýzy pomocí GG diagramu. Dále jsou zde popsány pozorování z aplikace jednotlivých strategií studenty na zadaných úlohách (zejména potenciální problémy při aplikaci).

Výběr strategií pro výuku (a jejich navržená aplikace do cílových domén) lze považovat za dostatečně komplexní a úplný (pro zvolené domény), neboť jen u poměrně malého množství úloh (42 z celkových 312 modelovacích úloh) se nepodařilo strategii identifikovat. U těchto úloh lze rovněž v některých případech v odpovědích studentů jasně identifikovat absenci jakékoliv strategie:

*„Žádnou [strategii] jsem neměl.“*

*„Vůbec jsem nevěděl, jak začít, tak jsem to nějak zkusil.“*

*„Žádnou strategii jsem na začátku neměla.“*

*„Strategii jsem neměl, ale nakonec to nějak dopadlo.“*

V některých případech mohlo u těchto úloh velké množství chyb a rozsáhlých změn identifikaci strategie znemožnit. Tyto problémy také vedly k nedokončení těchto úloh v potřebném čase (celkem 16 jen málo rozpracovaných úloh, u některých dalších pak chybí významné části ze zadání).

U ostatních úloh se podařilo strategie identifikovat, a to i v případě, že strategie nebyla patrná z doplňkového formuláře (v takovém případě byla identifikována přímo na základě kroků řešení úlohy). U expertních řešitelů nebyl problém s identifikací strategie (ve většině případů také strategii přímo uvedli či popsali do doplňujících formulářů).

Všechny strategie byly v předložených testovacích modelovacích úlohách využity. Výjimkou je strategie *Pokus-omyl*, kterou se podařilo identifikovat pouze jednou (v podobě, jak je tato strategie definována, tedy že řešení úloh zcela náhodným způsobem není považováno za strategii *Pokus-omyl*). Malý výskyt využití této strategie je však možné vysvětlit výběrem řešených úloh.

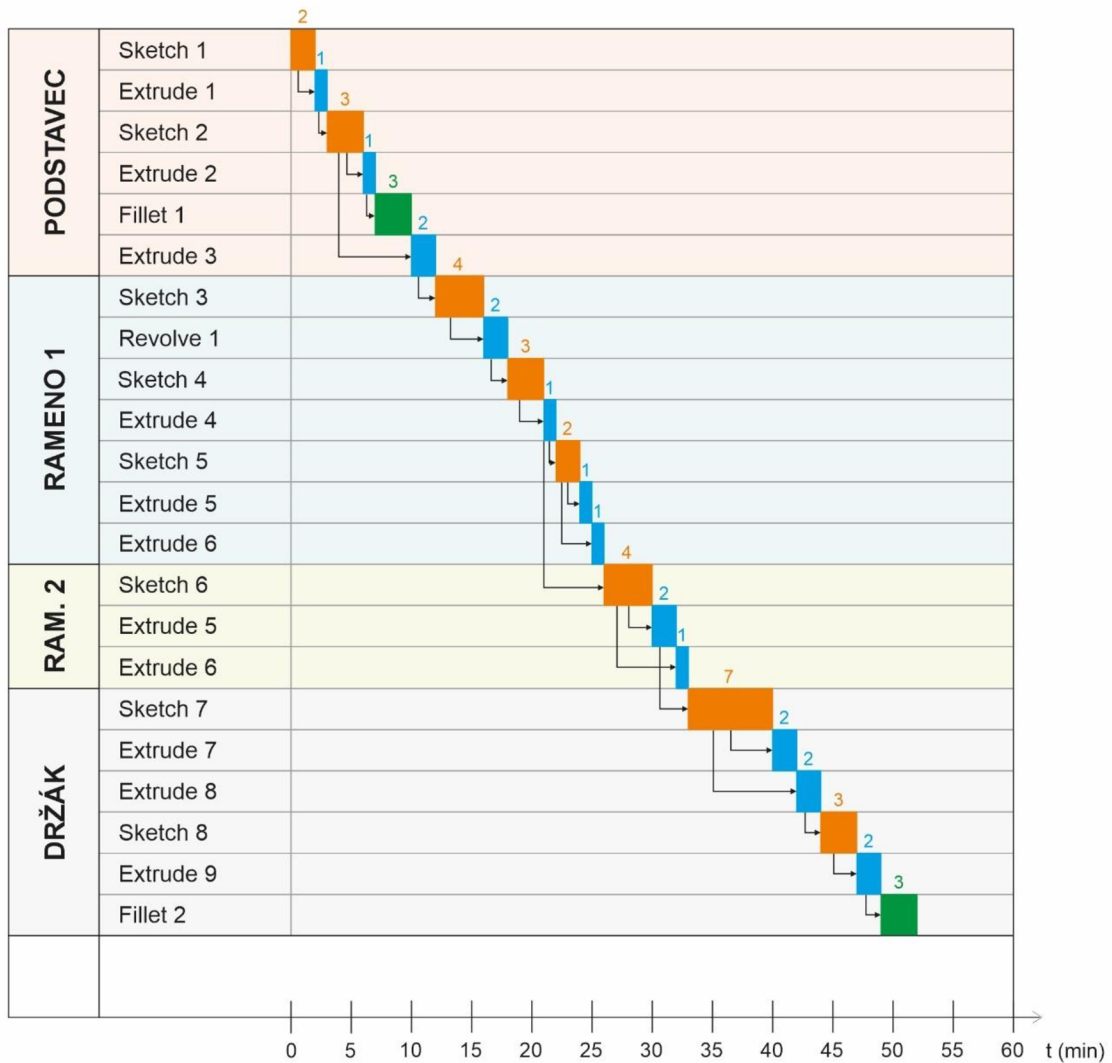
### **Strategie: Od jádra**

Strategie *Od jádra*, nebo také *zleva doprava* či *postupně* (postupné rozvíjení) spočívá v postupném rozvíjení modelu od jednoho místa (jádra). Model se postupně rozvíjí navazováním na již hotové části modelu (z počátku na jádro, dále pak na dříve přidané části). Nové části jsou modelovány včetně detailů, které jsou v danou chvíli známy. Jádro může být na začátku zvoleno jako nějaká klíčová/hlavní část, o které má řešitel dobrou představu, nebo může být zvoleno i náhodně.

Tato strategie je vhodná pro úlohy, u kterých má řešitel dobrou alespoň základní představu o některé z částí výsledného modelu. Jelikož každá další část je závislá na předchozím již hotovém modelu, každá potenciální chyba může značně ovlivnit výsledek (a vést až k selhání řešení). Důležitá je tak průběžná kontrola, zda celkový model vyhovuje požadavkům zadání.

Postup při strategii *Od jádra* je do určité míry podobné strategii Important first (Top-Down), nicméně nevyžaduje celkovou představu o výsledném modelu. Rovněž zde dochází k postupnému rozvíjení a nové části nemusí být závislé na „jádro“.

Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu připomíná výsledný diagram „vodopád“, kde jednotlivé akce jsou závislé na jednom z blízce předcházejících kroků.



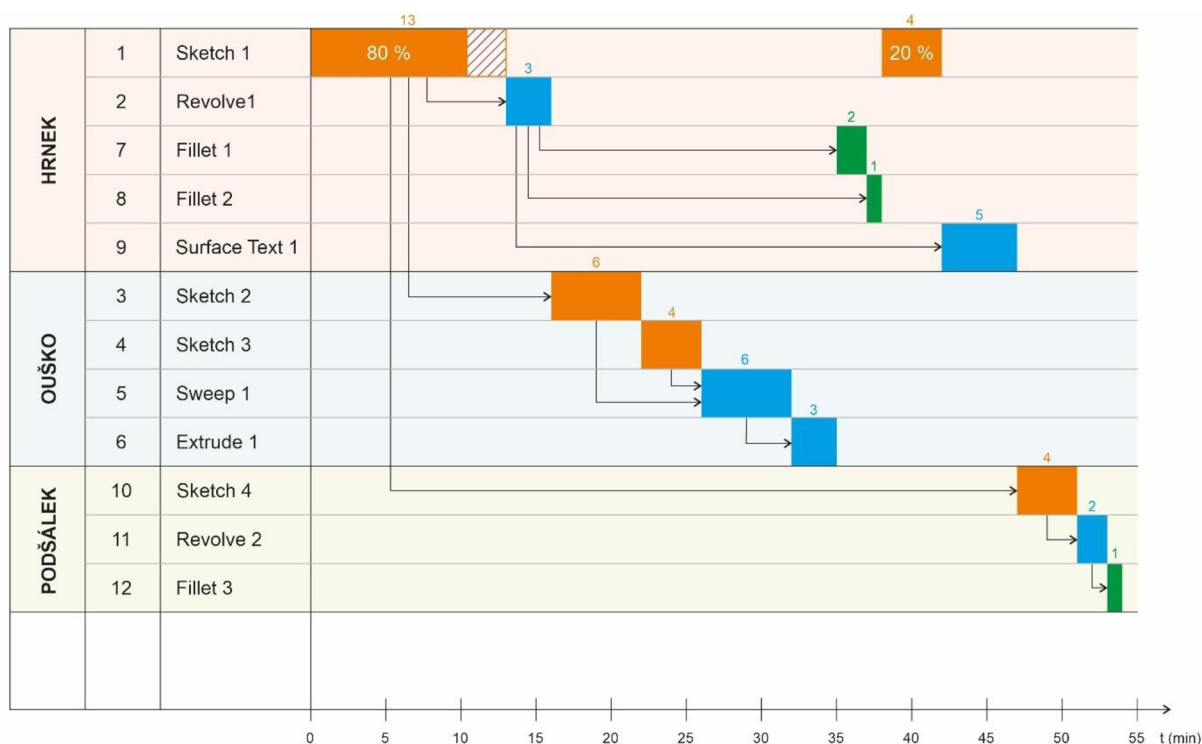
Obrázek 25 – GG diagram – strategie Od jádra

Optimálně by zde nemělo docházet k rozsáhlejším úpravám již hotových částí modelu (to může vést k problémům/rozsáhlým úpravám v závislých částech). Specificky v doméně 3D modelování toto často vede k chybám ve funkcích, zejména pokud nejsou velmi pečlivě a správně definovány závislosti. Řešitelé nováčci například často používají ukotvení pomocí fixní hodnoty, namísto dynamických závislosti tam, kde ale požadavek na fixní hodnotu neexistuje (např. ve sketch, kde má být čára ukotvena do třetiny, zadají vzdálenost čáry fixně od kraje). Odstranění velkého množství chyb po úpravě v historii modelu je tak často velmi obtížné a časově náročné.

## Strategie: Rozděl a panuj

Strategie rozděl a panuj je často uváděna jako jedna z nejběžnějších strategií pro řešení rozsáhlých komplexních problémů. Spočívá v rozdělení úlohy na větší množství menších částí, které je tak snadnější řešit (tyto části by měli mít samostatnou funkčnost/význam). U modelovacích úloh je užití této strategie vhodné, pokud existuje alespoň základní představa o celkovém (výsledném modelu), aby bylo možné identifikovat jednotlivé části pro rozdělení (definice dílů a jejich základní charakteristika). Tyto části by přitom na sobě měly být málo závislé, nebo jejich vzájemnou závislost dobře popsat. Z principu je tato strategie aplikovatelná pouze na rozsáhlejší úlohy, menší jednodušší úlohy nemá smysl dělit na menší celky, nebo to může být z hlediska řešení i škodlivé.

Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu vznikají jednotlivé linie (pools), které jsou modelovány víceméně samostatně, s nízkým počtem závislostí mezi jednotlivými liniemi. Na obrázku níže tyto linie (části) představují *Hrnek*, *Ouško* a *Podšálek*. Vztahy mezi nimi mohou být přitom řešeny kdykoliv v průběhu modelování části (zde závislost již na začátku), na rozdíl od strategie *Skládání* (viz dále).



Obrázek 26 – GG diagram – strategie Rozděl a panuj



V rámci jednotlivých částí je přitom možné aplikovat strategii Rozděl a panuj rekurzivně (za předpokladu dostatečně rozsáhlé úlohy), nebo využít pro modelování části jinou strategii (např. s *Iterativním přístupem*).

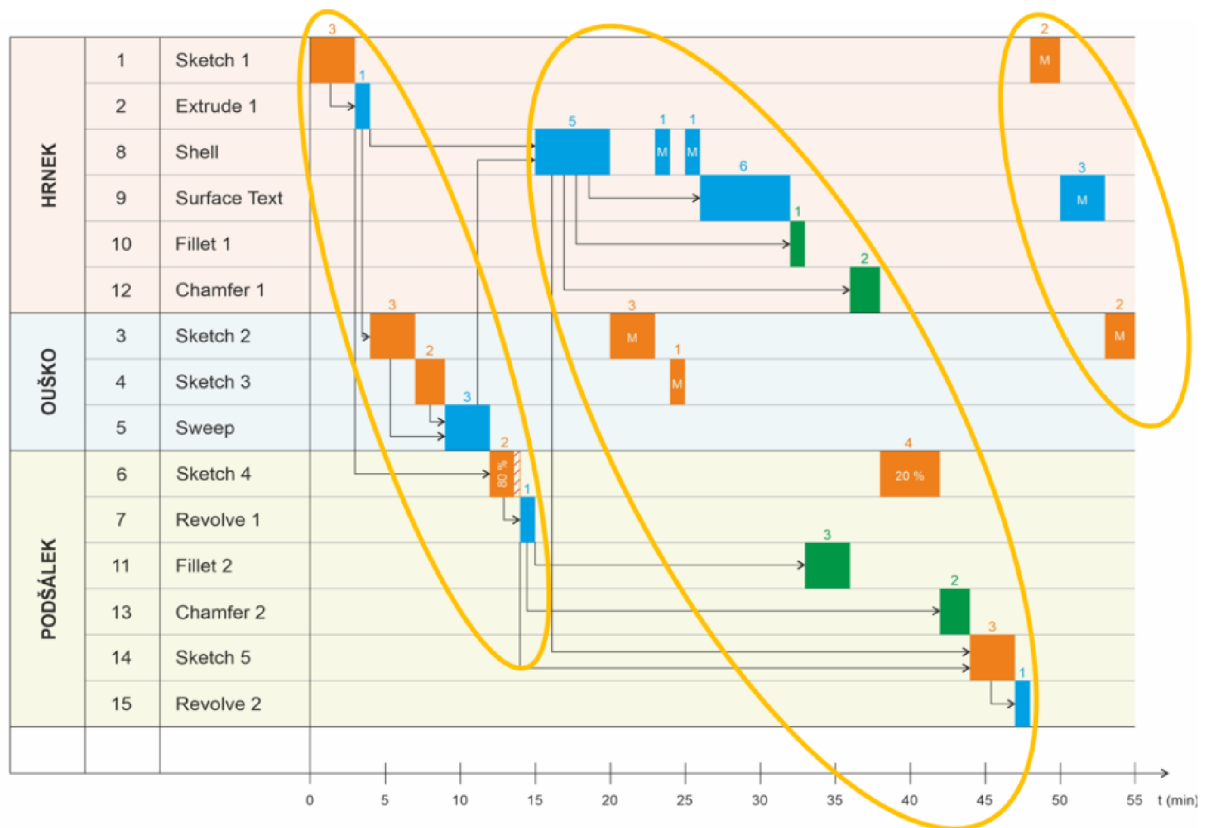
V některých případech je vhodné určit pořadí, v jakém jsou části modelovány. Pořadí by mělo vycházet z předběžné definice vztahů mezi jednotlivými částmi. Skládání celkového modelu z částí by tak nemělo vyžadovat větší/zásadní zásahy do již vymodelovaných částí, které by měly být kompletní včetně všech detailů.

Jako klíčová se pro tuto strategii ukázala potřeba vhodně rozdělit úlohu (na základě alespoň základní představy o celkovém řešení). V opačném případě (při nevhodném rozdělení, nebo u úlohy, která není pro rozdělení vhodná) docházelo obvykle ke značným problémům a chybovosti. Typickým případem může být úloha *Dvoudílná kostka*, kde modelování základny a víčka samostatně vede k problémům při následných úpravách či parametrizaci.

### **Strategie: Iterativní (cyklický) přístup**

Iterativní strategie (cyklický přístup k řešení úlohy) spočívá ve vytvoření hrubého konceptu a jeho postupného zpřesňování/modifikace v iteracích až po finální model. Pro vytvoření prvotního konceptu je nutná alespoň základní představa o finálním řešení (modelu).

Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu je tato strategie charakteristická opakujícími se aktualizacemi (úpravami/rozšířením) přes více linií. Pozdější iterace typicky již nepřinášejí větší změny, ale pouze „ladění detailů“ (pro 3D modelování např. finální zaoblení, tolerance, apod., pro doménu databází např. dodání všech neklíčových atributů a datových typů).



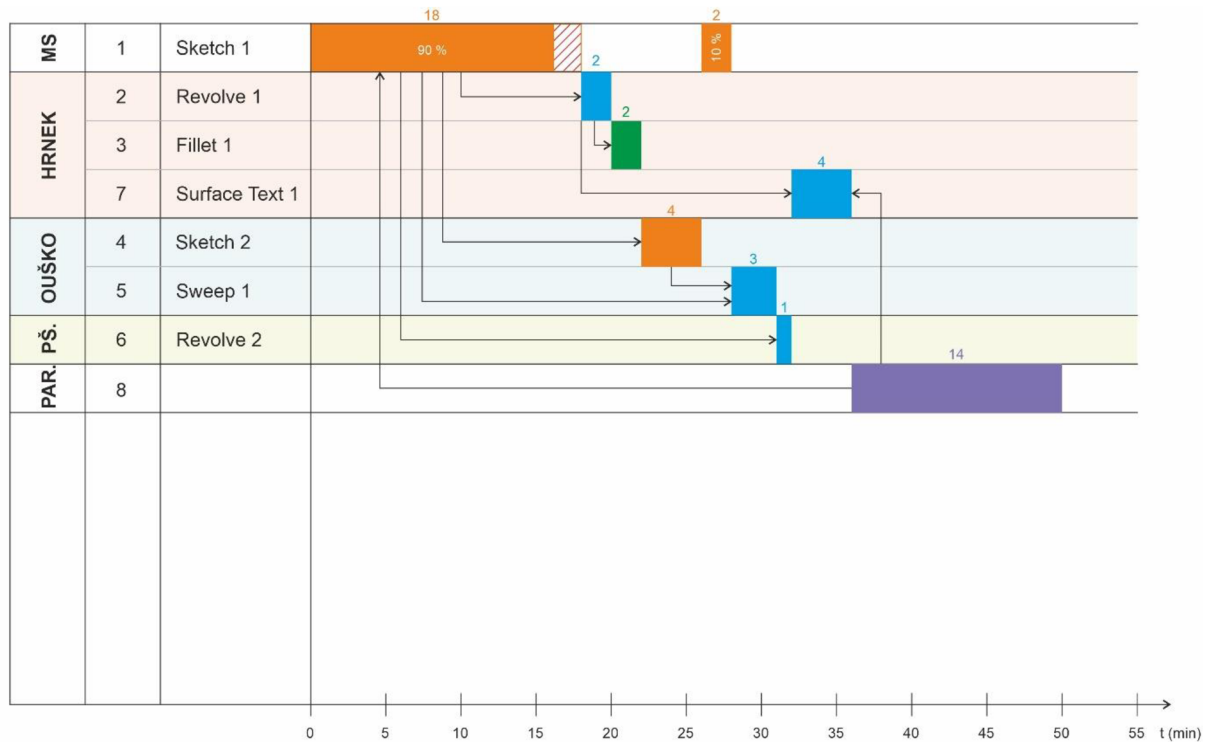
Obrázek 27 – GG diagram – Iterativní (cyklický) přístup/strategie

Pro úspěšnou aplikaci je klíčové vytvoření hrubého konceptu, který odpovídá zadání. Rozvíjení chybného konceptu vede obvykle k modelu, který nevyhovuje zadání úlohy. Jako nejčastější problém se vyskytuje velké množství akcí (změn) na iteraci, což může vést k odchýlení se od zadání či jiným problémům z pohledu závislostí. Řešením je větší množství menších iterací a následná kontrola po každé iteraci (což však může vést k vyšší časové náročnosti).

### **Strategie: Important first (Top-Down)**

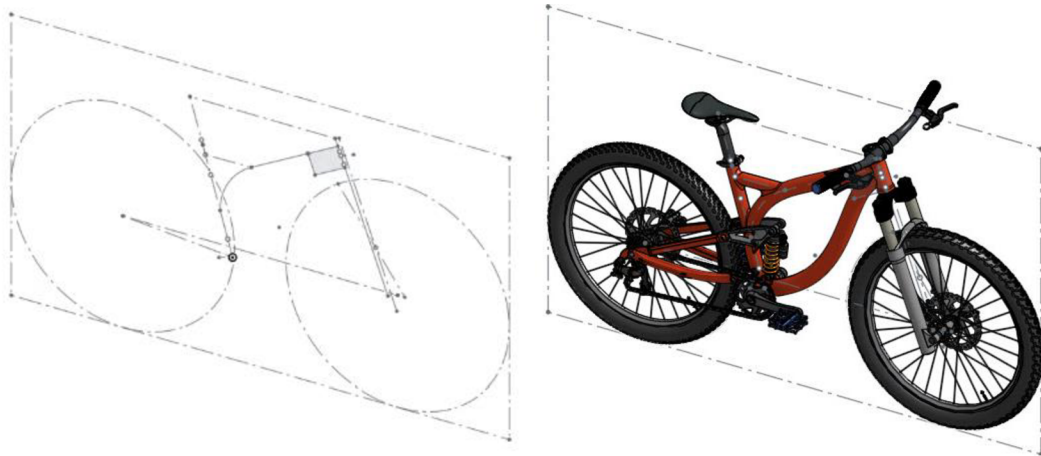
Strategie *Important first* (nejdříve to hlavní), nebo také *Top-Down* spočívá ve vytvoření hlavní kostry, na které jsou následně všechny další části modelu závislé. Tato kostra je modelována jako první a neobsahuje detaily ani nevýznamné části modelu. Veškeré další části jsou následně modelovány závisle přímo na této kostře. Rozsah kostry přitom není fixně specifikován, musí však pokrývat základní vlastnosti pro celý model. Tím je dané, že tato strategie vyžaduje poměrně dobrou základní představu o finálním modelu.

Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu je typická prvotní tvorba kostry. Ta může být v některých případech realizována i s pomocí jiné strategie, které nevyžaduje takové znalosti o výsledném modelu (např. *Iterativní* nebo *Pokus-omyl*). Následně je velké množství akcí přímo závislých na kostře (tuto dále rozvíjejí).



Obrázek 28 – GG diagram – strategie Important first (Top-Down)

Specificky pro oblast 3D modelování je typickou aplikací této strategie využití tzv. *master-modelu* nebo *master-sketchu* (hlavního náčrtu). Tento sám o sobě nemusí sloužit přímo pro následné použití ve 3D funkcích (pro extrude, revolve, apod.), ale pro definici hlavní struktury, velikostí, závislostí, rozmístění, apod.



*Obrázek 29 – Příklad konceptu Master-Sketch pro 3D modelovací úlohy  
(převzato z OnShape Learning Center [95])*

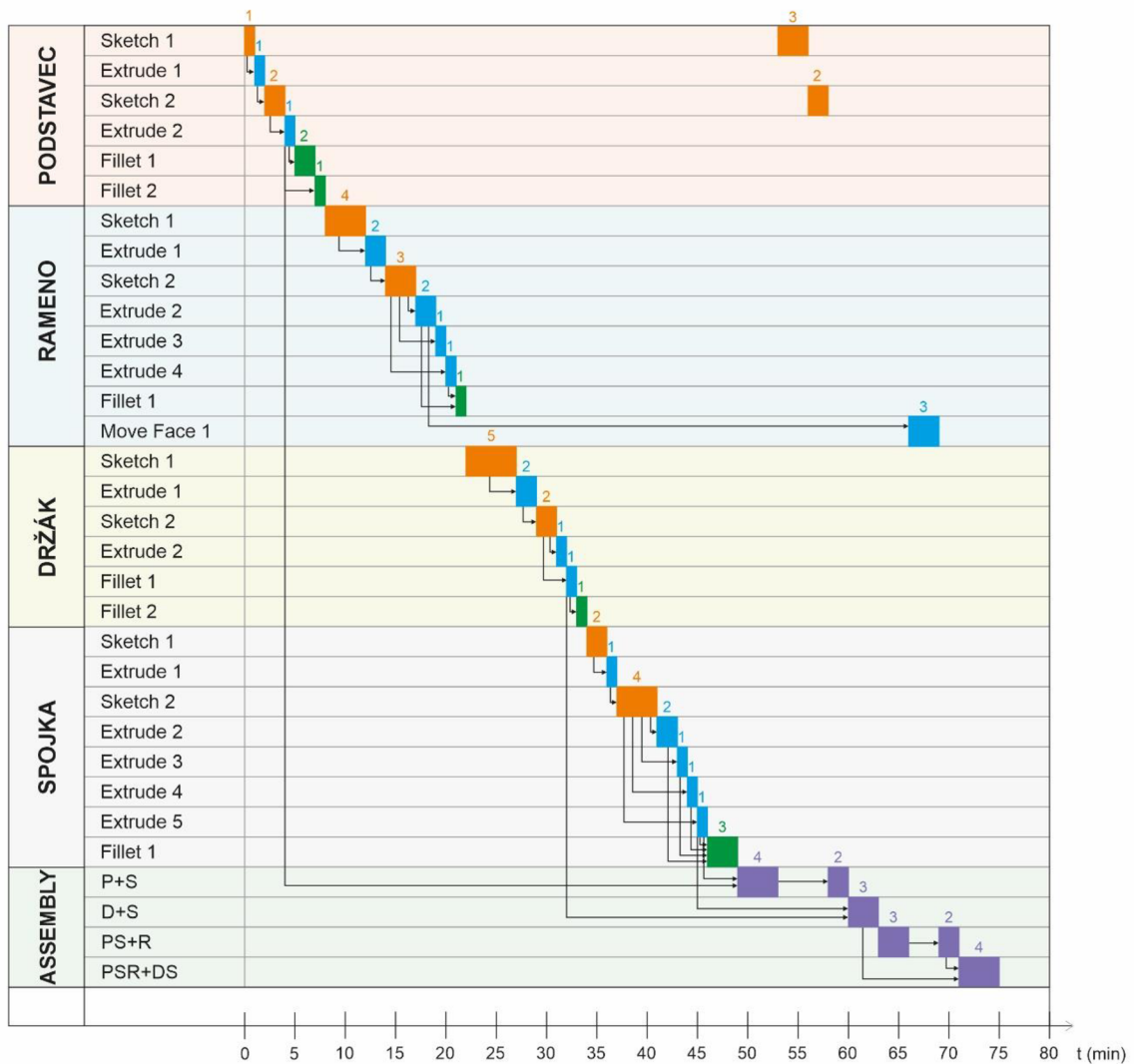
Pro úspěšnou aplikaci této strategie je důležitá správná definice kostry a dodržení závislostí na této kostře při modelování jednotlivých částí. Při nedodržení vznikají výrazné problémy při parametrizaci kostry.

### **Strategie: Skládání (Bottom-Up)**

Tato strategie je založena na postupném skládání (sestavování) modelu z menších částí. Je zde využíván princip „pyramida“, tedy nejmenší části skládají dohromady větší části, a ty následně tvoří dohromady větší celky, až je kompletně složen celý model.

Tato strategie je vhodná v případě, kdy z počátku nemá řešitel představu o výsledném modelu, ale je schopen nezávisle definovat některé menší části. Tyto jsou modelovány zcela nezávisle, což ale při pozdějším spojování může vyžadovat modifikace nebo tvorbu dalších částí. Toto jsou také hlavní rozdíly proti strategií *Rozděl a pamuj*, která vyžaduje počáteční představu o celku, ale díky tomu nepředpokládá rozsáhlejší modifikace při spojování.

Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu jsou modelovány jednotlivé části, mezi kterými neexistují závislosti. Tyto jsou poté (průběžně nebo i až ke konci modelování) sestavovány do větších celků, přičemž jsou řešeny závislosti a provedeny případné modifikace.



Obrázek 30 – GG diagram – strategie Skládání

U této strategie je klíčové správné vypořádání závislostí při sestavování celků z menších dílů, které byly vytvořeny nezávisle. Někdy nemusí být pro řešitele zcela jasné, jaké části skládat a jaké jsou závislosti těchto částí. V průběhu modelování tak často dochází k aktualizaci celkové mentální představy (resp. tato může být vytvářena až při samotném modelování).

## **Strategie: Pokus-omyl**

Strategie *Pokus-omyl* (Trial and Error) spočívá ve vytvoření „pokusného modelu“, postupně či paralelně ve více variantách, a postupné eliminaci nevyhovujících variant. Vhodná je pouze v případě, že neexistuje prakticky žádná představa o výsledném modelu, pouze definice požadavků.

Vhodný postup modelování je v zásadě podobný jako u *Iterativní strategie*, s tím rozdílem, že je vytvářeno více variant. Pro vytváření variant je možné využít i jiné strategie, nicméně *Iterativní* je ve většině případů vhodná s ohledem na rychlou tvorbu základních konceptů.

Klíčové je zde průběžně vyhodnocování jednotlivých variant a jejich eliminace. V průběhu modelování dochází k tvorbě mentální představy a jejím aktualizacím. Pro nalezení optimálního řešení může být významná kreativita a různorodost variant.







Z pohledu analýzy pomocí GG diagramu není možné definovat specifický vzorec pro modelování (závisí na způsobu tvorby variant), diagram je však charakteristický tvorbou těchto variant a jejich postupným „zahazování“ (eliminací nevyhovujících řešení).

Není zcela jasné (jak naznačují i některé publikace [80]), zda lze metodu *Pokus-omyl* skutečně považovat za strategii řešení. Nicméně specificky v modelovacích úlohách se jedná o důležitý koncept k přístupu řešení modelovacích úloh, ve kterých neexistuje žádná představa o výsledném modelu. Z tohoto důvodu je zde mezi strategiemi ponechána. Může se tak však jednat spíše o strategii tvorby samotné mentální představy.

### 6.1.1. Souhrn základních charakteristik

Strategie	Základní principy	Hlavní potenciální rizika
Od jádra	Postupné rozvíjení modelu od jednoho prvku („jádra“). Části jsou modelovány včetně všech detailů. Klíčová je správná definice závislostí na již hotových částech modelu.	Potenciální chyba může značně ovlivnit průběh a výsledek (o to více, čím dříve se vyskytne).
Rozděl a panuj	Rozdělení úlohy na menší části, které mají samostatnou funkci/význam a jsou na sobě málo závislé. Lze aplikovat rekurzivně.	Nevhodné rozdělení/výběr částí.
Iterativní (cyklický) přístup	Spočívá v postupném zpřesňování modelu po iteracích od hrubého konceptu až po finální model.	Nevhodný hrubý koncept. Příliš mnoho akcí na iteraci (vedoucí k odchýlení se od zadání).
Important first (Top-Down)	Spočívá ve vytvoření hlavní „kostry“ a následném modelování částí, které jsou vždy na této kostře závislé. Kostra nese základní vlastnosti modelu. Princip master-model/master-sketch ve 3D modelování.	Nesprávná definice kostry. Modelování částí bez závislosti na kostře.
Skládání (Bottom-Up)	Spočívá v postupném skládání (sestavování) modelu z menších částí, mezi kterými prvotně neexistují závislosti/vztahy. Při skládání často vyžaduje modifikace či tvorbu nových „spojovacích“ dílů/částí.	Špatný výběr částí pro složení. Špatné/obtížné vypořádání závislostí.
Pokus-omyl	Spočívá ve vytvoření více variant, jejich vyhodnocování a postupné eliminaci nevhodných řešení.	Nedostatečná různorodost variant. Eliminace všech variant.

Tabulka 5 – Souhrn základních principů modelovacích strategií a jejich potenciálních rizik

Strategie	Požadavky na počáteční představu o celkovém modelu	
Od jádra	Pouze základní představa o některé z hlavních částí („jádro“).	
Rozděl a panuj	Vyžaduje dobrou představu o celkovém konceptu modelu (pro definici částí).	
Iterativní (cyklický) přístup	Vyžaduje pouze základní představu o celkovém modelu (pro tvorbu konceptu).	
Important first (Top-Down)	Vyžaduje velmi dobrou představu o celkovém konceptu modelu (pro tvorbu kostry).	
Skládání (Bottom-Up)	Nevyžaduje představu o celkovém modelu.	
Pokus omyl	Nevyžaduje žádnou představu.	

Tabulka 6 – Náročnost požadavků na počáteční představu s ohledem na volbu strategie

Principy některých strategií jsou shodné či podobné, jejich aplikace na konkrétní úlohy a postupy těchto aplikací se však významně liší. Například strategie *Rozděl a Pamuj* a *Skládání* jsou obě založeny na rozdělení úlohy na menší celky. Jejich výběr, závislosti a potřebná počáteční představa o výsledném modelu se však liší. Za podobné byly některými studenty považovány také strategie *Important first* a *Od jádra*. Obě tyto strategie jsou založeny na postupném rozvíjení modelu, díky „kostře“ u strategie *Important first* a rozdílným požadavkům na počáteční představu se však opět postupy výrazně liší (v doméně 3D modelování může mít také zásadní dopad na přístup k parametrizaci). Rovněž *Iterativní přístup* a strategii *Pokus-omyl* je možné označit do určité míry za podobné, neboť obě se snaží vytvořit nejprve nějaký hrubý koncept, který je následně dále rozvíjen/zpřesňován. Opět se však liší v dalších principech a požadavcích na počáteční představu. V rámci strategie *Pokus-omyl* může být (a je často vhodné) pro tvorbu variant využít právě *Iterativní strategii*, není to však podmínkou.

## 6.2. Význam modelovacích strategií

Z analýzy postupů již v první fázi vyplynulo, že studenti postupovali při řešení, zejména u jednodušších modelů značně podobně. Resp. docházelo k menším rozdílům ve způsobu realizace a použitých funkcí, tyto však neovlivňují celkový postup a strategie.

Naopak u komplexnějších modelů lze spatřovat značné rozdíly a častou nesouvislost při postupu (např. modelování detailů, které později komplikují modelování celku) nebo neprovázanost některých funkcí a časté skoky z modelování jedné části na druhou. Tyto problémy lze najít i v odpovědích studentů, například:

1S06: „*Mám problém s tím, že si to špatně rozvrhnu. Mám představu o tom, co chci udělat, ale začnu třeba ze špatného konce a když dojdou do půlky, tak najednou nemohu pokračovat tak, abych to dobře dokončil. Musím tak například začít od znova nebo udělat velké změny. Přestože tedy představu mám, vybírám asi špatný postup.*“

1S01: „*Neumím si tam představit ty souvislosti s tiskem nebo přichycením (vnější vlivy na model)... nebo na to často zapominám a musím se k tomu vracet.*“

1S07: „*Já něco modeluji a ono to přestává vypadat jako to, co jsem původně myslel... Nakonec modeluju ve výsledku něco jiného, s čím jsem ale spokojen.*“



1S04: „*Někdy uprostřed (modelování) si uvědomím, že tady budu potřebovat třeba díru, která tam původně vůbec nebyla (nebyla součástí původní představy).*“

2S01: „*... kolize kolem strategie, jak čím začít, a jak postupovat do hloubky té kostky.*“

2S03: „*Když jsem dodělal to ucho (hrnečku), zjistil jsem, že to je nesmysl, že nepůjde napojit na hrneček, a musel jsem předělat i hrneček.*“

Na otázku použité strategie odpověděli prakticky všichni účastníci v první fázi shodně, že žádný postup ani strategii rozmyšlenou předem neměli. Přesto bylo možné jasné znaky strategií spatřovat nejen v analýze postupu, ale i v některých odpovědích:

1S01: „*Začnu od spodu a postupně modeluji nahoru.*“

1S03: „*Úkol jsem si rozdělil na 2 části -> víko a krabička = 2 objekty.*“

1S08: „*Modeluji zvlášť jednu část a potom druhou... nakonec to spojím dohromady.*“

2S03: „*Nejdříve jsem si rozmyslel jaké tabulky budu potřebovat, pak je začal modelovat. Jako první jsem udělal tabulky vybavení a brigádníků. Poté jsem postupně modeloval tabulky navazující na předchozí a spojoval vztahy, až jsem propojil vybavení a brigádníky tabulkou zápujčka.*“

2S04: „*Modeloval jsem nejdříve hrneček, potom podšálek a nakonec ucho.*“

Z odpovědí studentů je možné indukovat několik jevů. Často se zde objevuje přehodnocení/změny původní představy (mentálního modelu) během modelování, což lze považovat za jeden z vymezujících rysů modelovacích úloh, jak je popisuje J. Zawojewski [39]. Rovněž je zde patrná zvyšující se odlišnost v postupech mezi studenty s narůstající komplexností modelů. Stejně tak narůstá množství chybovosti (slepých cest a neproduktivních odboček). Zároveň se ale ukazuje, že pokud si student (alespoň podvědomě) stanovil předem nějakou strategii (například si model rozdělil na více celků – strategie *rozděl a panuj*), chybovost zde výrazně klesá. V extrémních případech vedlo zvolení nevhodné strategie nebo její absence k nedokončení úlohy v čase, který byl k dispozici (někdy nutnost „zahzení“ modelu a čistého startu).

Mezi nejčastěji využívané strategie, které se podařilo v první fázi identifikovat patřily strategie *Od jádra a Rozděl a pamuj* pro 3D modelovací úlohy a strategie *Skládání* pro databázové úlohy. Studenti v první fázi postupovali často stejně v různých úlohách, přestože tento postup lze považovat pro danou úlohu za nevhodný. Příkladem může být využití strategie *Rozděl a pamuj* pro úlohu *Krabička* (k čemuž docházelo i ve druhé fázi). Modelování zvláště spodní a horní části zde vede ke komplikacím při parametrizaci a při provádění případných úprav.

Příkladem může být student 2S04, který téměř u všech 3D modelovacích úloh použil strategii *Rozděl a pamuj* a u všech modelovacích úloh strategií *Skládání*.

Student	3D						Databáze			
	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
1S01	-	J	-	R	-	?	-	-	-	-
1S02	-	R	-	R	-	J/R	-	-	-	-
1S03	-	R	-	R	-	?	-	-	-	-
1S04	-	?	-	?	-	R	-	-	-	-
1S05	-	R	-	R	-	J	-	-	-	-
1S06	-	J	-	J	-	J	-	-	-	-
1S07	-	R	-	?	-	?	-	-	-	-
1S08	-	R	-	R	-	?	-	-	-	-
2S01	-	J	R	J	S	J	S	S	S	J
2S02	-	J	T	J	R	J	S	S	S	S
2S03	-	J+I	R	J	J/R	J	J/R	S	I	S
2S04	-	R	R	R	R	J	S	S	S	S

Tabulka 7 – Výsledky testovacích modelovacích úloh – 1. fáze

Výsledkem byly nepříliš optimální modely, zejména u úloh *Krabička* a *Dvoudílná kostka* (které obsahovaly několik chyb a nepodařilo se realizovat parametrizaci). Rovněž řešení úloh *Hotel* a *Dětský tábor* byly pro studenta při zvoleném postupu značně náročné a výsledky obsahovaly zásadní rozpory vůči zadání. Za příčinu lze považovat chybné rozdělení na části, kde pro *Hotel* byly zvoleny části (podle komentáře v doplňkovém formuláři): zákazníci, zaměstnanci, ubytování. Pro úlohu *Dětský tábor* pak skupiny: tábor, děti, aktivity. U některých se přitom nejedná o funkční celky, ale spíše jen o entity. Rovněž vzhledem k velké provázanosti není strategie *Rozděl a pamuj* zejména pro úlohu *Dětský tábor* vhodná.

Podobná je situace např. u studentů 1S02, 1S06 a 2S02, kteří také využívali pro řešení stejné strategie/postupy (u 2S02 pouze v databázových úlohách), což vedlo k podobným problémům jako u 2S04.

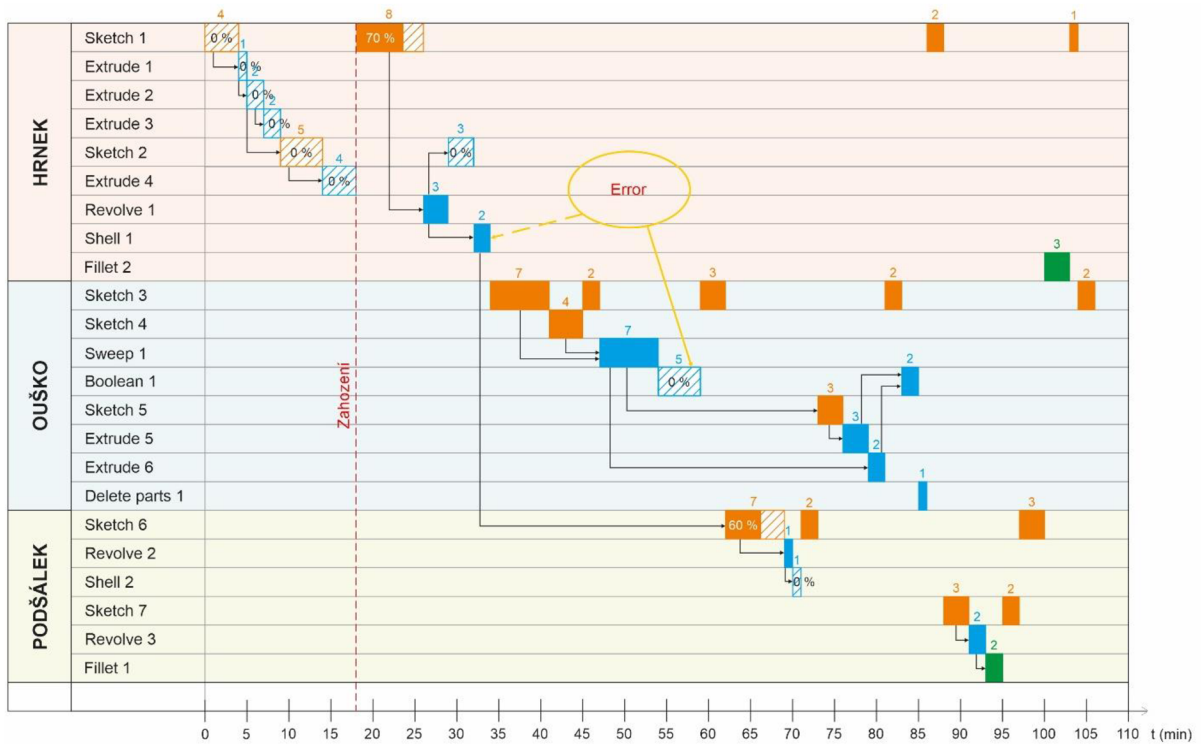
Význam širšího portfolia strategií je asi nejvíce patrný u několika studentů ve druhé fázi, kteří před výukou strategií postupovali převážně stejně (první 3 modelovací úlohy z oblasti 3D modelování a 2 úlohy z oblasti databází). Po představení jiných možných strategií však u dalších úloh postupovali odlišně (volili jiné strategie). Nejvíce patrné případy jsou v tabulce níže zvýrazněny žlutě.

Řešitel	3D						Databáze			
	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
3S01	I	T	R	J	R	R	?	?	S+I	S+I
3S02	J	J	R	?	-	?	-	-	-	-
3S03	J	J	J	J	S	R+I	-	-	-	-
3S04	?	T	R	?	-	J	-	-	-	-
3S05	I	J	R	?	J	R	J	J	-	J
3S06	J	J	R	J	T	T/J	?	J	S	S
3S07	J	J	J	J	J	J	J	R	S	S
3S08	J	J	?	J	R+I	R+I	J	J	I	I
3S09	J	J	J	J	T	R	J	J	R	R
3S10	I	-	R	?	I	J	-	-	-	-
3S11	J	J	R/J	R	J	-	-	-	-	-
3S12	J	J	J	J	S	R	-	-	-	-
3S13	I	T	R	J	J	T/R	-	-	-	-
4S01	?	?	R	J	J	J	?	J	S	S
4S02	J	R	R	R	R	J	R	R	R	R
4S03	J	?	?	?	-	J	-	-	-	-
4S04	J	J	?	T	-	J	-	-	-	-
4S05	I	T	J	T	T	J	S+I	S+I	S+I	S+I
4S06	I	R	T/R	J	-	J	-	-	-	-
4S07	J	J	J	J	J	R	-	-	-	-
4S08	?	R	R	R	R/I	R+J	-	-	-	-
4S09	J	J	T	R	?	J	-	-	-	-
5S01	J	?	R/J	-	?	R+J	J	J	R	R/S
5S02	?	R	?	P	?	?	-	-	-	-
5S03	J	R	?	?	R	R	R	J	R	R
5S04	I	-	R	J	-	J	-	-	-	-
5S05	I	R	?	J	-	J	-	-	-	-
5S06	J	J	J	J	T	T	J	J	T	T
5S07	I	J+S	R	J	R	R+J	S	S	S	S+I
5S08	I	?	R/J	?	J	J	J	J	R	R
5S09	J	R	J	J	R	I	-	-	-	-
5S10	J	J	J	J	R	T	-	-	-	-
5S11	?	R	?	J	?	J	?	?	S	S
5S12	I	R	T+I	J	J	T	-	-	-	-
3DE1	T+I	J	T+I	J	T+I	J	-	-	-	-
3DE2	I	J	T	J	S	R+J	-	-	-	-
DBE1	-	-	-	-	-	-	R	J	I	S+I
DBE2	-	-	-	-	-	-	S	J	R+I	S+I
E3	T+I	J+I	T+I	J	T+I	R+J	R	J	R+I	S

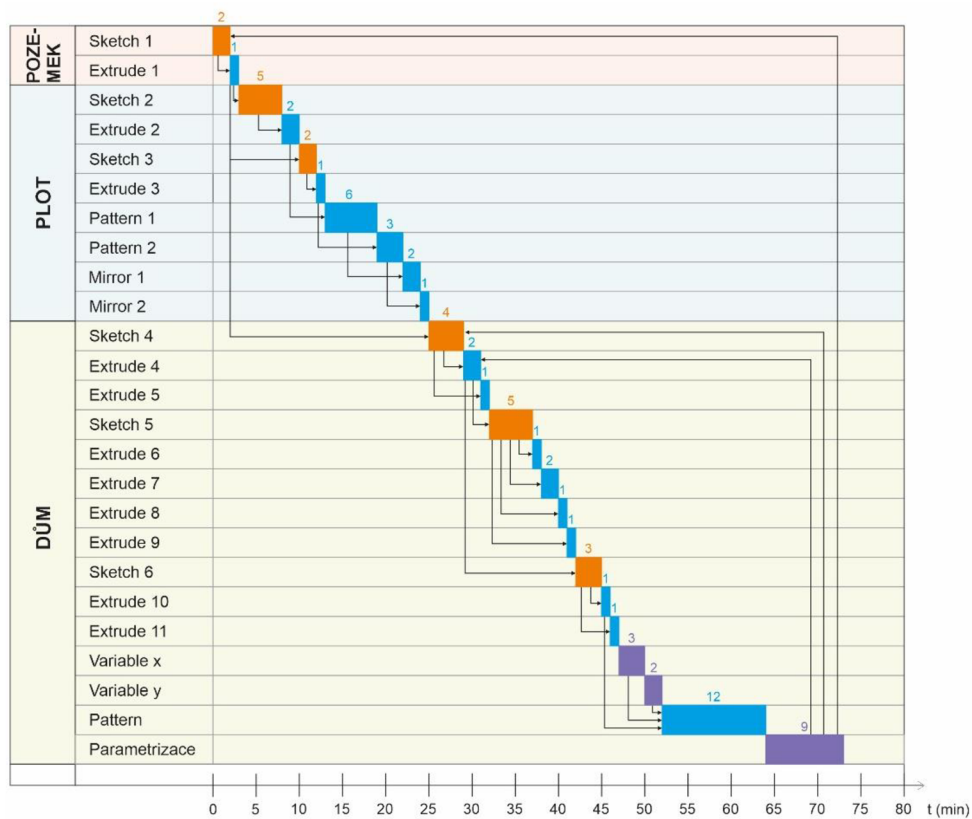
Tabulka 8 – Výsledky testovacích modelovacích úloh (užité strategie) ve 2. a 3. fázi výzkumu

Změna před a po výuce strategií je patrná i u databázových úloh, kde je význam o to větší, že úlohy *Inventář vybavení* a *Sklad*, stejně jako *Hotel* a *Dětský tábor*, jsou navrženy jako typově a obsahově podobné. Běžně by tak bylo očekáváno, že tyto úlohy budou řešeny obdobně (jako u skupin v první fázi, která výuku strategií neobsahovala). K tomuto došlo i u dalších studentů, v některých případech se jedná o změnu z žádné/neidentifikovatelné strategie (v tabulce zeleně). Je však nutno zdůraznit, že ani expertní řešitelé nepostupovali většinou u těchto dvojic úloh s využitím stejné strategie. Avšak u žádného z nich se neobjevila taková shoda v užitých strategiích, jako u studentů u úloh před nebo po výuce strategií.

Na řešení úloh s využitím připravené (optimálně vhodně vybrané) strategie bylo celkově pozorováno snížení chybovosti a vyšší efektivita (přímocíarost) řešení. To bylo možné nejvýrazněji pozorovat na studentech 4S01 a 5S11. Jejich řešení modelovacích úloh před výukou strategií bylo značně chaotické a vykazovalo velké množství oprav. Výsledné modely také byly nekompletní nebo se nepodařilo realizovat parametrizaci. Naopak řešení úloh po výuce strategií byla poměrně přímocíará a úlohy byly úspěšně dokončeny ve stanoveném čase. Pro ukázkou je uveden diagram úlohy *Hrnek* (před výukou strategií) a *Parametrický dům* (po výuce strategií) studenta 5S11 níže. Je nutno zdůraznit, že úloha parametrický dům patřila k nejnáročnějším, přitom student tuto úlohu zvládnul velmi dobře včetně závislostí (pouze drobné chyby ve vzorcích v parametrizaci, které by volba jiné strategie neovlivnila).



Obrázek 31 – Řešení úlohy Hrnec studenta S511



Obrázek 32 – Řešení úlohy Parametrický dům studenta S511

Samotní studenti přitom výuku a využitelnost strategií hodnotili převážně velmi pozitivně:

**Jak hodnotíte použitelnost představených modelovacích strategií?**

**Je pro Vás zahrnutí těchto strategií do výuky přínosné? Pomohli Vám při řešení úloh?**

*„Strategie byly přínosné a pomohly.“*

*„Určitě je to přínosné a strategie můžu využít i na jiný obor.“*

*„Určitě se v budoucnu budou hodit.“*

*„Úlohy co jsme modelovali, byly jednodušší a skládali se z menšího počtu částí, modelovací strategie byly nápomocné, ale mnohem více se hodí při modelaci většího projektu.“*

*„Ano. Nenapadlo mě, že je možné úlohy řešit tolika způsoby.“*

*„Určitě přínosné byly, nabízejí zajímavý pohled do řešení problematiky.“*

*„Určitě pomohlo. I když jsem určité strategie podvědomě využíval než jsem se o nich dozvěděl, a některé jsem již znal. Zjistil jsem ale, že bude možnost je využít i jinde.“*

*„Bylo toho hodně a někdy se mi ty strategie trochu pletly. Ale nejužitečnější mi přišly iterativní a skládání, ty mi dost pomohly.“*

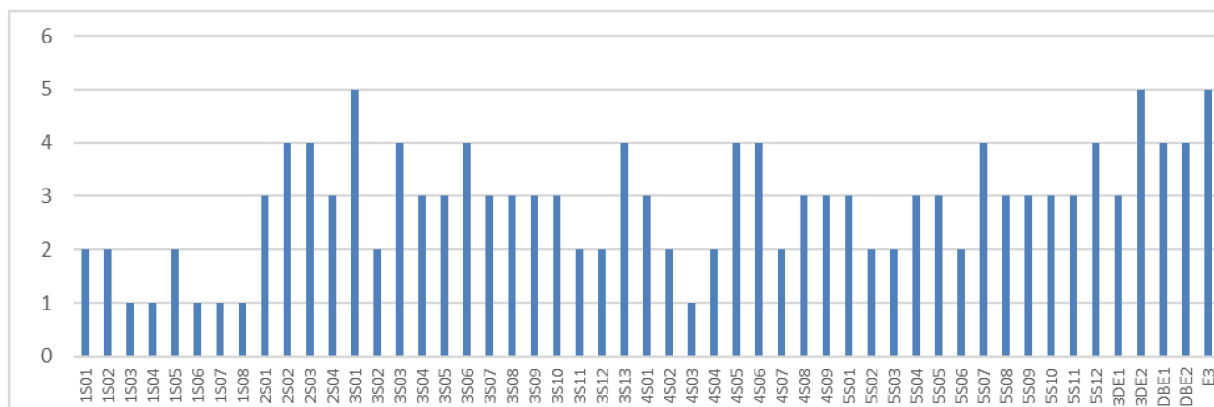
*„Vše bylo použitelné, složitost také byla nastavena správně, postupně.“*

*„Užitečné jsou, ale většinu jsem už znal, i když jsem to třeba neuměl pojmenovat.“*

*„Ano, pomohly. Nejlepší byly ty listy, kterých jsme se mohli držet.“*

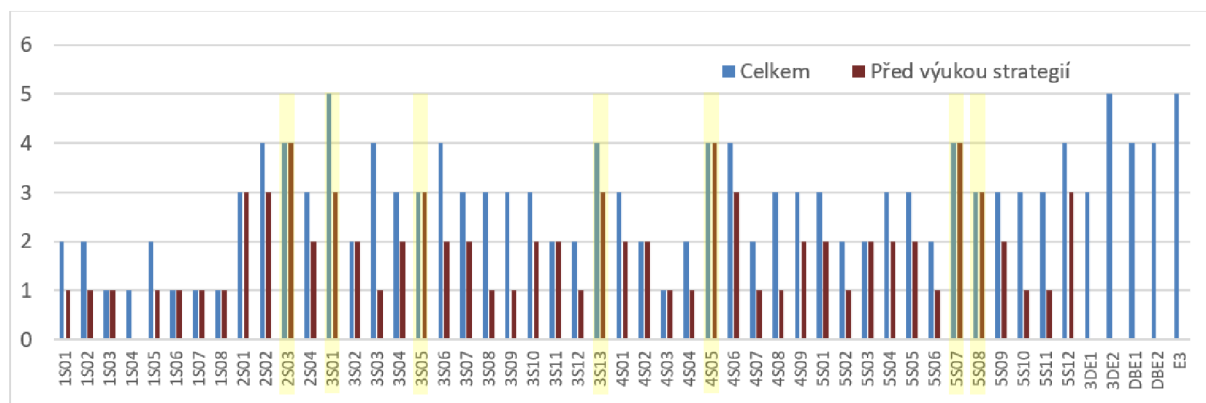
S ohledem na to, že dotazník byl zcela anonymní, a studenti neměli problém s kritikou u jiných otázek, lze tyto odpovědi považovat za objektivní. Ani jeden ze studentů na tuto otázku neodpověděl negativně. Někdy byly však odpovědi velmi krátké („Ano“, „Super“, „apod.“) a mají tak poměrně malou vypovídající hodnotu. Z dalších odpovědí je však možné identifikovat, že někteří studenti, přestože považují tyto strategie za přínosné, tak jejich výuku za významnou nepovažují (tyto principy již znali). Jednalo se však o relativně malé množství studentů, z odpovědí ze všech formulářů i z hodnocení postupů u úloh se podařilo identifikovat 6 (v grafu níže zvýraznění žlutě). Pouze 10 studentů přitom využilo celkově alespoň 4 různé

strategie. Pouze 1 student a 2 expertní řešitelé využili 5 strategií (tedy všechny kromě *Pokus-omyl*). Naproti tomu 10 studentů z druhé fáze využilo 2 a méně strategií.



**Graf 1 – Počet různých užitých strategií studenty**

U většiny studentů také došlo ke změně počtu užívaných strategií, při srovnání užití před výukou strategií a celkově (graf níže). To však může být způsobeno zájmem studentů a potřebou si nové strategie vyzkoušet. Údaje jsou také značně omezené s ohledem na počet studentů a počet úloh. Přesto je zde alespoň orientačně patrný trend celkově vyššího množství užití různých strategií po jejich výuce a naopak poměrně vysoké hodnoty před výukou u studentů, kteří uvedli, že strategie pro ně nejsou nové.



**Graf 2 – Počet různých užitých strategií studenty (před výukou strategií a celkem)**



### 6.3. Volba modelovací strategie

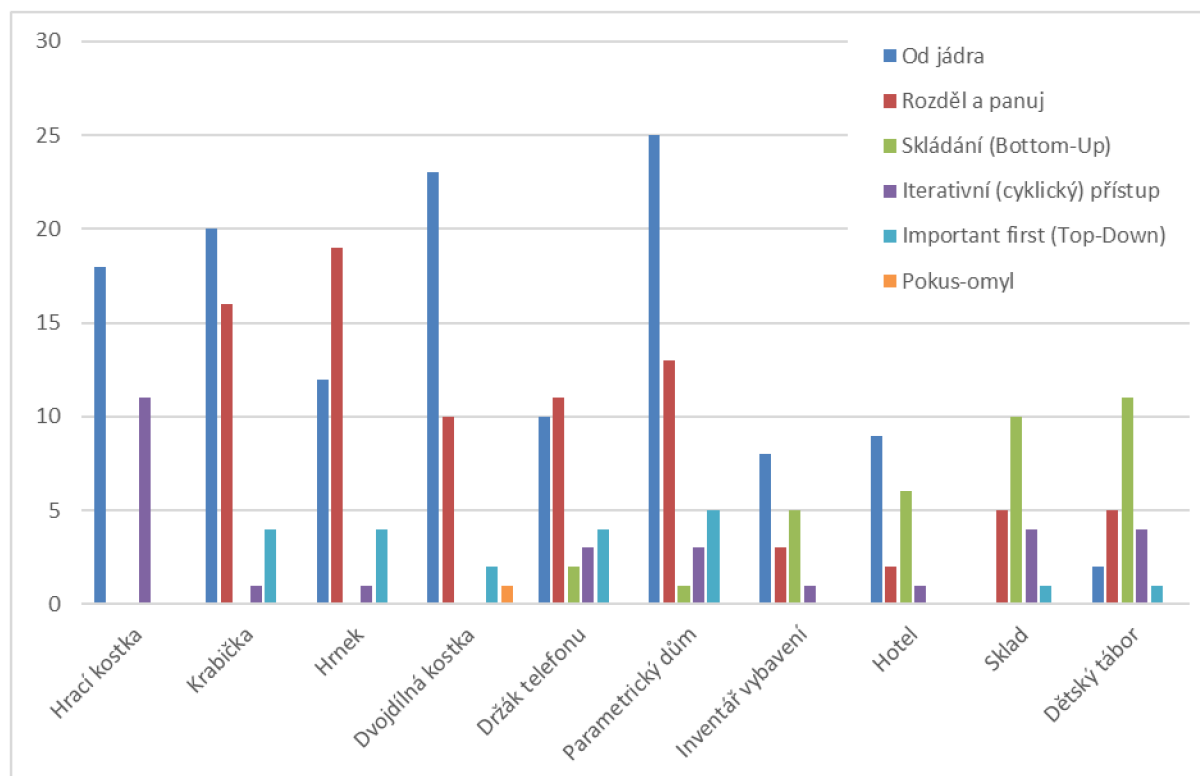
Volba strategie před samotným začátkem modelování se ukázala jako velmi klíčová, tato volba v některých případech významně ovlivnila průběh i výsledek modelování. Mezi nejvíce využívané strategie patřily strategie *Od jádra* a *Rozděl a pamuj* pro 3D modelovací úlohy, pro modelovací úlohy z domény databází pak byla nejvíce využívána strategie *Skládání*, a dále pak strategie *Od jádra* a *Rozděl a pamuj*.

Strategie od jádra je mezi řešiteli nováčky pro její jednoduchost velmi oblíbená. V doméně 3D modelování byla použita až pro polovinu úloh a přibližně pro čtvrtinu v doméně databází. Pro rozsáhlé komplexní úlohy s větším množstvím neznámých může být však s ohledem na závažnost potenciální chyby v začátku modelování poměrně nevhodná. Je tak často nadužívána, zejména při neznalosti jiných strategií, což je vidět na jejím častějším využití před představením modelovacích strategií. Častěji tak byla použita u prvních 3 úloh z domény 3D modelování a 2 úlohy z domény databází. U druhých 3 úloh byla také často použita u úlohy *Dvoudílná kostka*, což je ale dáno především specifiky této konkrétní úlohy (zvolená strategie se zde shoduje i s expertními řešiteli).

Strategie *Rozděl a pamuj*, která byla využita přibližně u čtvrtiny úloh, je také pro většinu studentů známá a dobře pochopitelná. Často však byla použita i pro úlohy, pro které není její využití vhodné. Jde například o již zmíněnou úlohu *Krabička* (viz předchozí kapitola) nebo *Dvoudílná kostka*. Z doplňujících formulářů vyplývá, že studenti tuto strategii volili na základě toho, že považovali 2 díly modelu za 2 samostatné části, které je vhodné modelovat odděleně. V obou případech ale existují mezi těmito velmi úzké závislosti. Přestože je možné strategii *Rozděl a pamuj* na tyto úlohy aplikovat, z hlediska efektivnosti (časové náročnosti) a přehlednosti modelu (přímocílost, počet funkcí) lze toto považovat spíše za nevhodné.

Strategie *Skládání* byla nejvíce užívaná strategie pro databázové úlohy. Důvodem může být postup, který byl často doporučovaný vyučujícími předmětu Databáze na PĚF (kde studovala většina účastníků), a na kterém se autor disertace také podílí. Studentům bylo na kurzu Databází doporučováno nejdříve si vypsát všechny potenciální entity, následně se pokusit vyřešit vztahy u dílčích problémů (částí) a postupně tyto sestavit dohromady. Tento postup nejvíce odpovídá strategii *Skládání*, případně strategii *Rozděl a pamuj* (pokud si studenti definují skupiny předem).

Ostatní strategie – Iterativní *přístup* a *Important first* (při pomnutí specifické strategie *Pokus-omyl*) byly využívány výrazně méně. Lze tak předpokládat, že pro větší část studentů se jednalo o nový koncept.



**Graf 3 – Počet užití modelovacích strategií studenty v jednotlivých modelovacích úlohách**

V grafu výše je možné sledovat více heterogenní volbu strategií po jejich cíleném představení (výuce). Patrné je to zejména na úlohách *Držák telefonu*, *Parametrický dům* a *Dětský tábor*, kde bylo mezi studenty využito 5 modelovacích strategií (všechny kromě *Pokus-omyl*). Celkový počet použití strategií je zde pouze orientační (není zohledněno, zda pro některou úlohu bylo použito více strategií stejným studentem, ani počet vypracování či chybějící úlohy u některých studentů).

V některých případech, studenti volili převážně stejné postupy, a to i po představení/výuce strategií – viz *Graf 2 – Počet různých užitých strategií studenty (před výukou strategií a celkem)*. 3 studenti (4S02, 4S03, 5S03), kteří vyživali pouze malé množství strategií (1-2) ve všech úlohách, a po výuce strategií žádnou z nově představených strategií nevyužili, byli dodatečně dotazováni. Odpovědi na hodnocení strategií a doplňující dotazy:

**Jak hodnotíte použitelnost představených modelovacích strategií?**

**(formulář hodnocení kurzu)**

*„Ano.“*

*„Je to pomohlo. Některé strategie se mi ale trochu motají dohromady.“*

*„Libily se mi listy strategií, kterých jsem se mohl držet.“*

**Byly pro vás představené strategie pochopitelné?**

**(rozhovor se záznamem)**

*„Ano. I když ty poslední dvě [Skládání, Pokus-omyl] si nejsem úplně jistý.“*

*„Třeba to rozdělení na víc částí [Rozděl a panuj] nebo postupné zlepšování [Iterativní přístup] ano. Ale jinak jsem to asi úplně nepochopil a motalo se mi to dohromady.“*

*„Asi ano. Ale většinou jsem nevěděl, kterou si vybrat.“*

**Proč jste volil/a právě ty strategie, které jste použil/a?**

**(rozhovor se záznamem)**

*„Přišlo mi to logické. ... Když je to složitější úloha, připadá mi vhodné si ji rozdělit na menší části.“*

*„Nevím.“*

*„Už nevím.“*

**Proč jste po výuce strategií žádnou z nových strategií nevyužil/a?**

**(rozhovor se záznamem)**

*„Nepřišlo mi, že by se na ty úlohy hodila jiná strategie. Ale možná jsem tu úlohu jen špatně pochopil.“*

*„Nevím.“*

*„Nevěděl jsem, kterou si vybrat. Tak jsem použil tu, kterou jsem znal.“*

Z odpovědí studentů je možné identifikovat několik potenciálních problémů pro volbu strategie. Pokud student některou prezentovanou strategií nepochopil (i přes vysvětlení na konkrétních modelech a poskytnuté listy s jednotlivými kroky), tuto strategii si pochopitelně pro další úlohy nezvolil. Jako klíčová a v některých případech obtížná se však ukázala volba vhodné strategie. Přestože pro většinu úloh neexistuje jedna „správná“ strategie řešení, některé strategie mohou být pro řešení méně optimální či přímo nevhodné (může záviset například na potřebě počáteční představy o cílovém řešení – viz *Souhrn základních charakteristik*).

Příkladem může být student 3S08, kde došlo k problémům jak u 3D modelovacích úloh, tak u modelování schéma databáze *Sklad* (přestože výsledný diagram neobsahuje zásadní nedostatky, doba potřebná na tvorbu tohoto modelu byla výrazně vyšší, než u úlohy *Inventář*). Příčinu obtíží je v tomto případě možno vyvodit z odpovědi studenta:

Úloha držák telefonu (3S08): *„Snažil jsem se využít 2 metody – rozděl a panuj, kdy jsem model rozdělil po částech, ty jsem se pak snažil modelovat iterativním postupem.“*

*„Hlavní problém byl v zapomínání různých offsetů u navazujících částí. Měl jsem to asi zohlednit už při návrhu.“*

Úloha Sklad (3S08): *„Snažil jsem se využít iterativní strategie. Nejdříve jsem si ze zadání udělal takovou "mind mapu" a snažil se seskupit entity. Poté jsem iterováním postupně přidával atributy a posouval entity podle potřeby. Spolu s tím jsem přidával vztahy a v jednotlivých iteracích je upravoval.“*

Díky volbě nevhodné strategie došlo ke zvýšení časové náročnosti na modelovací úlohy a problému při propojování částí u 3D úlohy. Z následného doplňujícího rozhovoru vyplynulo, že důvodem volby strategie bylo to, že si student chtěl *Iterativní přístup* vyzkoušet (a neřešil přitom vhodnost pro konkrétní úlohu).

Z výše uvedených důvodů lze indukovat důležitost volby strategie v závislosti na konkrétní úloze. Vhodných strategií přitom může být (v závislosti na úloze a požadavcích na výsledné řešení) i více. To je možné pozorovat i na odpovědích expertních řešitelů:

*„S ohledem na drobné nejasnosti v zadání jsem zvažoval nejdříve vytvoření testovací verze, nakonec jsem však začal modelováním dílčích částí...“*

*„Design je možné řešit jako assembly nebo jednoúčelový model.“*

*„Vytvořil jsem dvě varianty. U první jsou veškeré parametry vázané na hrnek. [byl modelován jako první a další byly na tomto závislé] U druhé jsem vše vytvořil z hlavního sketche. Zde je možné veškeré parametry nastavit samostatně.“*

### **6.3.1. Význam kreativity pro volbu modelovací strategie**

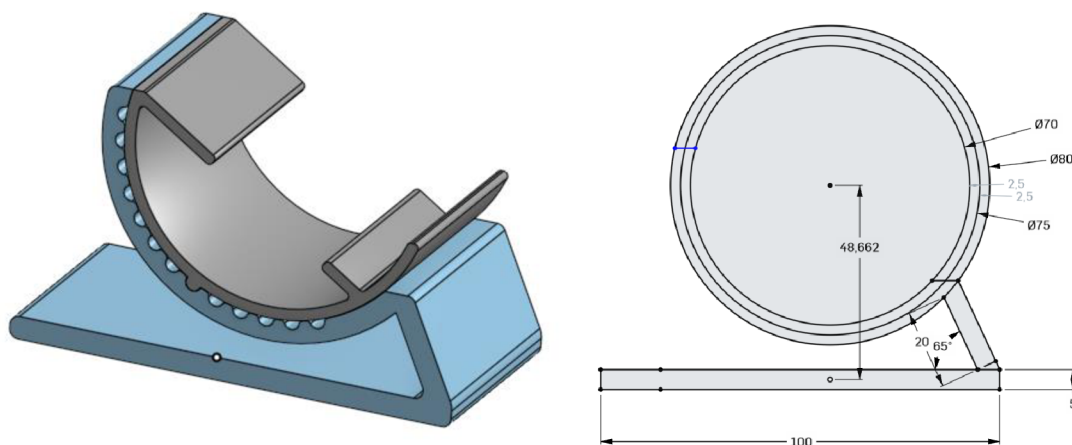
Z analýzy modelovacích postupů a volby strategií je možné indukovat, že studenti, kteří dosáhli v testu tvořivosti/kreativity vyšších hodnot (především u originality), přistupují kreativně i k řešení modelovacích úloh. To může vést k rychlejšímu vytvoření modelovacích strategií i bez vnějšího zásahu. Příkladem mohou být studenti 5S07 a 3S01, kteří měli jedny z nejvyšších výsledků originality (>25) mezi testovanými studenty, a současně i před výukou strategií přistupovali k řešení úloh značně odlišně (použili různé strategie). Rozdílný přístup je patrný i z odpovědí v doplňkových formulářích. Ani jeden přitom neměl s 3D modelováním žádné předchozí zkušenosti.

Naopak studenti 3S03, 4S08, 3S09 s celkově nejnižšími hodnotami naměřené originality (<10) používali před výukou strategií postupy velmi podobné, bez ohledu na úlohu (v případě 3S09 i u modelování databázi). Jednalo se převážně o identifikovanou strategii *Od jádra* u studentů 3S03 a 3S09 a o strategii *Rozděl a pamuj* u studenta 4S08. Přestože úlohy se podařilo pomocí těchto strategií podařilo vyřešit, výsledná řešení obsahovala nedostatky. Po výuce modelovacích strategií došlo u těchto studentů ke změně postupů u úloh *Držák telefonu* a *Parametrický dům* (u studenta 3S09 i u databázových úloh *Sklad* a *Dětský tábor*).

Student	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvojdílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor	Originalita
5S07	I	J+R	R	J	R	R+J	S	S	S	S+I	27
5S11	?	R	?	J	?	J	?	?	S	S	27
3S01	I	T	R	J	R	R	?	?	S+I	S+I	25
3S09	J	J	J	J	T	R	J	J	R	R	9
4S08	?	R	R	R	R/I	R+J	-	-	-	-	9
3S03	J	J	J	J	S	R+I	-	-	-	-	5

Tabulka 9 – Význam kreativity (originality) pro volbu modelovacích strategií

Student 3S09 například v úloze Držák telefon aplikoval strategii Important first (Top-Down), kde vhodně využil princip master-sketch.



Obrázek 33 – Řešení úlohy držák telefonu studenta 3S09 (s využitím master-sketch)

U studenta 5S11 s vysokou hodnotou originality byly v postupech při modelování před výukou strategií pozorovány výrazné problémy. Postupy se jevily značně náhodné a obsahovaly celou řadu slepých cest a chyb (některé rovněž nebyly ve stanoveném čase dokončeny). Po výuce strategií student postupoval u dalších úloh podle doporučených postupů na pomocných listech s popisem strategií. Došlo u něj k výraznému snížení chybovosti a zvýšení efektivity při řešení úloh. Rozdíl mezi postupy je možné vidět na *Obrázek 31* a *Obrázek 32* na straně 86.

## 6.4. Porovnání postupů studentů a expertních řešitelů

Expertní řešitelé mají mnoho let zkušeností v daném oboru (doméně), v některých případech se také věnují výuce modelovacích strategií (ve školství nebo jako školitelé firemní klientely). Úloh z dané domény řešili již velké množství, a lze tak předpokládat, že disponují dostatečně širokým portfoliem strategií pro jejich řešení. To je možné indukovat i z použitých strategií u předložených testovacích úloh. Jen řešitel 3DE1 využil pouze 3 strategie, řešitelé databázových úloh využili 4 strategie a řešitel 3DE2 využil strategií 5 (všechny kromě *Pokusomyl*), stejně jako k autor úloh.

Časy potřebné na vypracování úloh byly zásadně kratší, než časy studentů. Přes stejné časové dotace na jednotlivé úlohy, jako měli studenti, potřebovali expertní řešitelé pouze 10- 20min na řešení každé z databázových úloh a 15-30 na řešení jednotlivých 3D modelovacích úloh.

Expertní řešitel	3D						Databáze			
	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
3DE1	T+I	J	T+I	J	T+I	J	-	-	-	-
3DE2	I	J	T	J	S	R+J	-	-	-	-
DBE1	-	-	-	-	-	-	R	J	I	S+I
DBE2	-	-	-	-	-	-	S	J	R+I	S+I
E3	T+I	J+I	T+I	J	T+I	R+J	R	J	R+I	S

Tabulka 10 – Výsledky testovacích modelovacích úloh (užité strategie) expertních řešitelů

U všech úloh (na rozdíl od studentů) se podařilo identifikovat užité strategie. Z toho je možné vyvozovat dostatečnou kompletnost seznamu strategií pro zvolené domény v rámci tohoto výzkumu. Expertní řešitelé také častěji používali při řešení kombinaci strategií (zejména *Iterativní přístup* byl často kombinován s dalšími strategiemi).

Z doplňkových formulářů k modelovacím úlohám (stejně jako u studentů) je také zřejmé, že expertní řešitelé si obvykle již na začátku úlohy stanovili nějakou strategii:

*„Seznámil jsem se s úlohou, abych získal komplexní přehled. Následně jsem v úloze identifikoval dílčí části a ty řešil postupně. Na závěr jsem řešení zkontroloval vůči zadání a upravil nesrovnalosti a details. Předpokládaný postup nebylo třeba revidovat a dodržel jsem ho.“*

*„Nejdříve jsem v popisu identifikoval možné názvy entit. Následně jsem doplnil vztahy a na závěr doladil details.“*

*„Po analýze úlohy jsem začal řešit jednotlivé části modelu.“*

*„Krabíčku jsem se rozhodl vytvořit z jediného nákresu a využít offsety při extruzích. Pokud by to bylo potřeba, je možné použít jiný půdorys a aplikaci stejných features vytvořit krabíčku jiného tvaru.“*

*„Cílem bylo nejprve vytvořit hlavní kostru držáku, a potom řešit design jednotlivých částí.“*

*„Rozhodl jsem se vytvořit každý díl držáku samostatně, aby bylo řešení modulární (podle požadavku zadavatele).“*

Minimálně v jednom případě se nepodařilo zamezit tomu, aby předložená úloha byla pro expertního řešitele neznámá:

*„Klasický sklad. Už jsem to dělal mnohokrát, takže víceméně podle známého schématu.“*

Schopnost analyzovat úlohu a vybrat efektivní strategii pro její řešení je možné indukovat jako jeden z hlavních rysů expertních řešitelů modelovacích úloh. Široké portfolio těchto strategií také umožňuje vybrat strategii s ohledem na specifické požadavky úlohy (např. modularitu, univerzálnost/parametrizovatelnost, rozšiřitelnost či budoucí změny).



## 6.5. Přenositelnost / zobecnění strategií

Z porovnání postupů řešení databázových úloh a identifikovaných strategií vyplývá, že minimálně 7 studentů (z 15 ve 2. fázi) po představení (výuce) strategií na 3D modelovacích úlohách postupovalo u úloh *Sklad* a *Dětský tábor* odlišně, než u úloh *Inventář vybavení* a *Hotel*. Tito studenti jsou v *Tabulka 8* zvýrazněni zelenou nebo žlutou barvou. Naopak 3 studenti (označení oranžově) postupovali u všech databázových úloh prakticky stejně.

Z doplňkových formulářů je u úloh testovaných po výuce strategií patrné, že použití strategie bylo zcela záměrné, přestože strategie byly vyučovány pouze na úlohách z domény 3D modelování. Studenti rovněž u obou úloh uvedli strategii, kterou poté aplikovali při řešení úlohy. V některých případech (studenti 3S06, 5S01 a 5S11) však uvedená strategie neodpovídala strategii detekované z analýzy postupu řešení:

Student	Úloha	Uvedená strategie	Detekovaná strategie
3S06	Sklad	R	S
3S06	Dětský tábor	R	S
5S01	Sklad	S	R
5S01	Dětský tábor	S	R/S
5S11	Sklad	R	S

Jedná se o záměnu strategie *Rozděl a pamuj* a *Skládání*. S ohledem na podobnost těchto strategií (obě založeny na principu rozdělení úlohy na menší části) by mohlo jít o nepochopení postupů těchto strategií. U studenta 5S01 u úlohy *Dětský tábor* se však nepodařilo identifikovat, o kterou ze strategií se jedná. Možným vysvětlením tak může být chybná aplikace v jiné doméně.

Z odpovědí studentů v doplňujících formulářích je možné vyvodit, že aplikace některé strategie do jiné domény s odlišnými principy může být pro některé studenty nejasná:

*3S08: „Chtěl jsem zkusit iterativní strategii, protože se mi osvědčila ve 3D modelování, ale nevěděl jsem, jak na to.“*

*5S01 „Rozděлил jsem si to na 4 hlavní entity: sklad, zaměstnanec, zboží, inventura. Ty jsem pak skládal dohromady...“*

3S06: „Použil jsem rozděl a pamuj. Nejprve jsem si vypsal entity a pak je začal postupně propojovat dohromady.“

Uvedení studenti přitom zvolené strategie na 3D modelovacích úlohách dříve úspěšně aplikovali i správně pojmenovali. Možné vysvětlení se podařilo nalézt ze záznamu řešení databázových úloh, kde bylo patrné, že se studenti snaží aplikovat doporučený postup pro danou strategii, ale dělalo jim problém uvědomit si, co je jakým prvkem, nebo jak některé kroky aplikovat. Například co je myšleno částí modelu, jádrem, kostrou, jak si poznamenat vztahy, apod. Tyto koncepty jim dříve byly vysvětleny pouze v doméně 3D modelování. Problém tedy mohl spočívat v konkrétní aplikaci v odlišné doméně, nikoliv nepochopení principů strategie.

Toto vysvětlení se podařilo nad rámec otestovat mimo výzkumné šetření (po ukončení všech fází výzkumu). Kurzu Databáze (kde některá cvičení vede autor práce) se účastnili 3 studenti, kteří v předchozím semestru absolvovali kurz 3D modelování a tisk a účastnili se výzkumného šetření (databázové úlohy však neřešili, protože v té době ještě kurz databázi neabsolvovali). Studenti měli za úkol modelovat strukturu databáze pro dopravní podnik (MHD). Jedná se o rozsahem náročnější úlohu, kde doporučení studentům je tuto úlohu si rozdělit na sekce „Kudy?“, „Kdy?“ a „Jak?“. Z diskuse s vyučujícím vyplynulo, že studenti správně identifikovali strategii *Rozděl a pamuj*, ale nevěděli, jakým přesně způsobem je vhodné jí aplikovat. Po krátké ukázce studenti velmi rychle strategii úspěšně aplikovali (na rozdíl od jiných studentů, kteří strategii neznali).

U některých studentů tak bylo možné pozorovat, že přestože principy strategií pochopily a dokázali je aplikovat v doméně 3D modelování, nedokázali tyto strategie aplikovat v jiné doméně bez dalšího doménově závislého vysvětlení. U jiných studentů tento problém nenastal a strategie dokázali aplikovat bez dalšího doménově závislého výkladu. Osvojení strategií, které byly studentům již známé z jiné domény, bylo však po dodatečném příkladu v nové doméně velmi rychlé.

Ze všech pozorování je možné vyvodit, že představené strategie jsou přenositelné i mezi doménami, jejich aplikace však může vyžadovat znalost specifických doménových konceptů nebo dodatečné příklady.

## 6.6. Didaktika výuky modelovacích strategií

Již z analýzy úloh a doplňkových formulářů první skupiny (3Sxx) druhé fáze výzkumu bylo zřejmé, že velmi důležitá je volba vhodné strategie v závislosti na řešené úloze. Některým studentům přitom dělalo problém vhodnou strategii identifikovat (viz. kapitola 6.3). Pro další skupiny tak byl na význam a způsob volby strategie kladen při výkladu větší důraz a pomocné listy byly aktualizovány, aby obsahovaly stručnou informaci o vhodnosti použití uvedené strategie a požadavcích na počáteční představu. Pomocné listy (viz. *Příloha 2*) umožnili studentům sledovat doporučený postup krok po kroku, což umožnilo snazší aplikaci strategií a lepší orientaci pokud pro ně bylo více představených strategií nových. Postupy na pomocných listech byly přitom koncipovány doménově neutrálně (postupy jsou psány obecně bez příkladů či jiných doménových závislostí). Samotnými studenty byly pomocné listy velmi pozitivně hodnoceny:

*„Libily se mi listy strategií, kterých jsem se mohl držet.“*

*„Ano, [strategie] pomohly. Nejlepší byly ty listy, kterých jsme se mohli držet.“*

*„Postupoval jsem podle bodů na papíře Important first. Body jsem se snažil přesně dodržet, což se myslím podařilo.“*

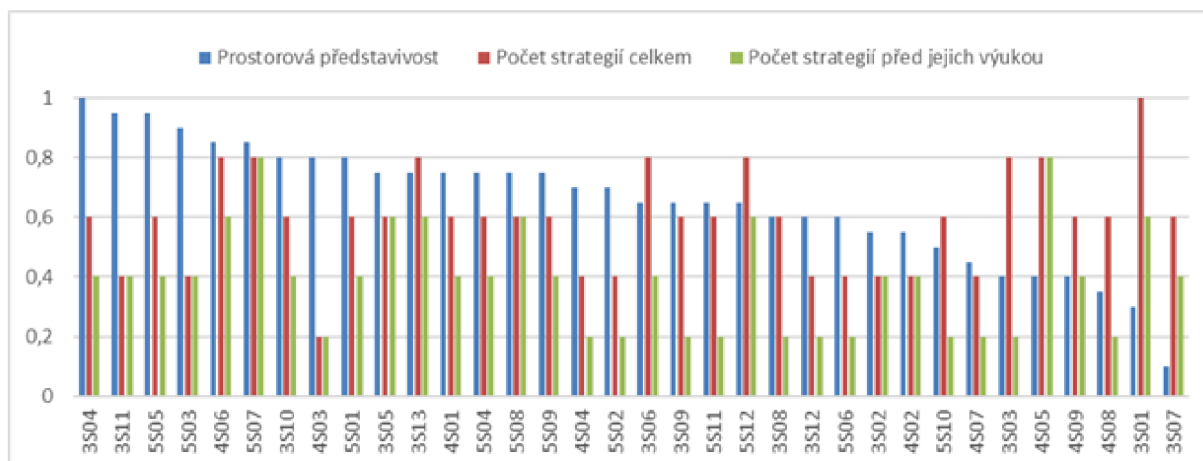
*„Jako přínosné považuji tištěný seznam strategií.“*

Výuka strategií na příkladech s fyzickými modely se díky nízké míře abstrakce jeví jako vhodná. Studenti byly rychle schopni pochopit představené koncepty a aplikovat strategie při řešení vlastních úloh. Z formulářů ani rozhovorů se studenty nebyly detekovány zásadní problémy s chápáním konceptů jednotlivých strategií.

Nad rámec definovaného výzkumu proběhl i pokus představení strategií na symbolických modelech v kurzu Databáze. Představení základních principů jednotlivých strategií na symbolických modelech se jeví pro studenty jako obtížně pochopitelné, a je také náročnější na výklad. Zde se však jedná o čistě subjektivní pocit autora.

### 6.6.1. Vliv složek inteligence

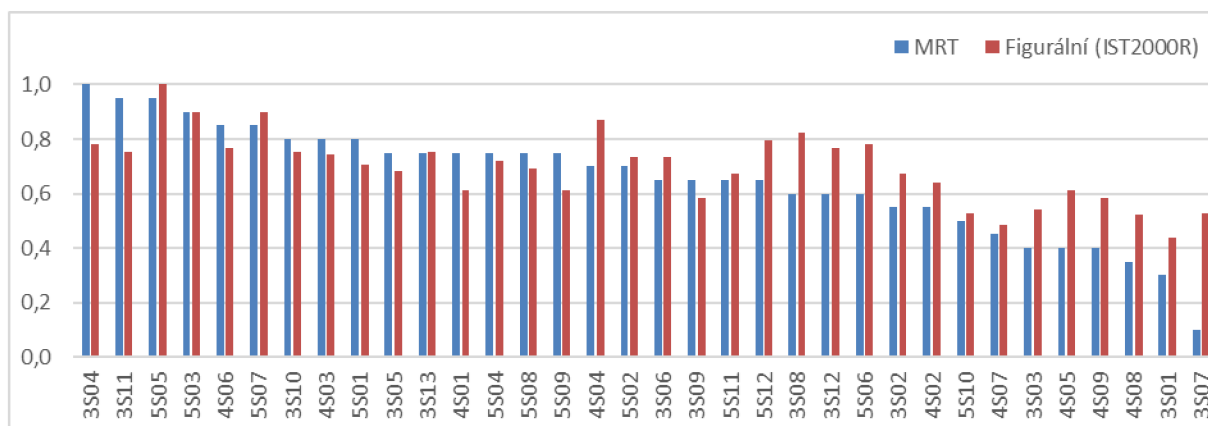
Představované strategie byly studentům prezentovány na fyzických modelech, konkrétně 3D modelech v CAD. S ohledem na koncepty jako rozdělení na díly, závislosti mezi objekty apod. bylo možné se domnívat, že by prostorová představivost mohla mít vliv na pochopení jednotlivých strategií a jejich volbu. [66]



*Graf 4 – Výsledky testu prostorové představivosti (mentálních rotací) a počty užitých modelovacích strategií jednotlivých studentů (normalizováno do rozsahu 0-1, řazeno sestupně dle výsledků MRT)*

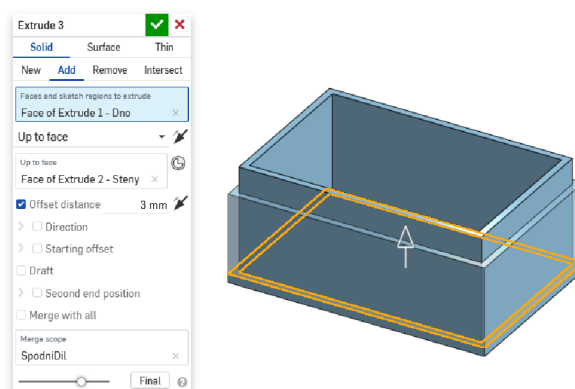
Souvislost mezi prostorovou složkou inteligence a volbou strategie či užitými postupy při modelování se v rámci předvýzkumu nepodařilo nalézt, přestože některé publikace poukazují na možný přesah právě prostorové inteligence do jiných oblastí analytického myšlení (např. dekompozice úkolu a usuzování založené na pravidlech (rule-based reasoning)) [96]. Například studenti s nízkou naměřenou hodnotou prostorové představivosti 3S01 a 3S03 používali úspěšně více strategií a současně různých v porovnání s testy před výukou strategií. Naopak u studentů 3S11 a 5S03 s naměřenou vysokou prostorovou představivostí ke změně u aplikovaných strategií nedošlo.

Při bližším zkoumání řešení 3D modelovacích úloh jednotlivých studentů je však možné pozorovat, že studenti s nízkou hodnotou prostorové představivosti (studenti často také s nižšími výsledky figurální inteligence v test IST 2000R, viz. *Graf 5*), měli často problém při 3D modelování se závislostmi u funkcí ve 3D. Typicky se jednalo např. o extrudování s využitím závislých hodnot (jiné než „slepé“ vytažení o konkrétní hodnotu, např. „up to face“, „up to part“, „up to vertex“, apod.) u úlohy *Krabička*.



**Graf 5 – Přehled výsledků testů mentálních rotací a figurální inteligence (IST2000R) (normalizováno do rozsahu 0-1, řazeno sestupně dle výsledků MRT)**

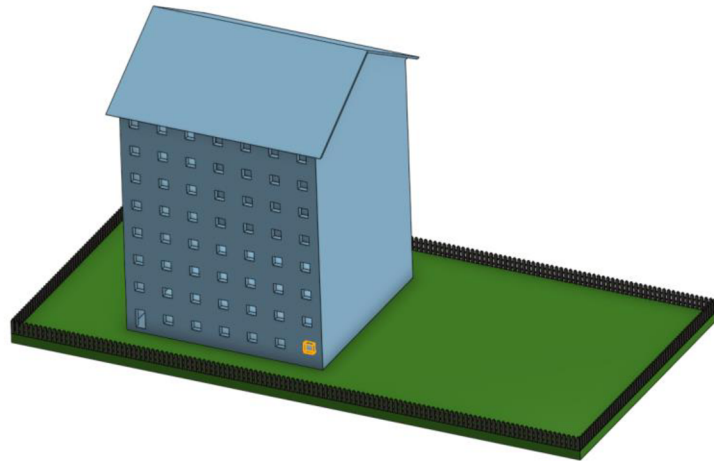
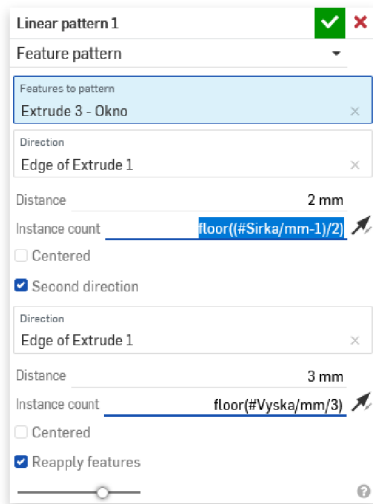
Studenti s nižší měřenou hodnotou prostorové představivosti raději využívali zadávání konkrétních hodnot, než použití 3D závislostí. To však může vést k problémům s parametrizací a méně optimálnímu modelu. V některých případech to tak může vést k vyhýbání se některým strategiím v této doméně, zejména Important first, která je založena na principu master-model/master sketch.



**Obrázek 34 – Ukázka funkce extrude s použitím závislostí ve 3D (up to face s offsetem)**

K podobným situacím docházelo u úlohy *Parametrický dům*, kde studenti s nižší naměřenou hodnotou prostorové představivosti častěji samostatně parametrizovali rozměry pozemku a domu, místo realizace přímých závislostí, jak je definováno v zadání.

Současně u úlohy *Parametrické dům* docházelo k problémům studentů s nízkou naměřenou hodnotou numerické inteligence (IST2000R) v definování vzorců při výpočtu oken (u funkce linear pattern).



*Obrázek 35 – Ukázka funkce linear patter s použitím vzorce pro výpočet instancí*

Celkově je z uvedených zjištění možné indukovat nezávislost chápání strategií (tak jak byly studentům prezentovány) na prostorové představivosti a testovaných složkách inteligence. V některých případech však mohou složky inteligence ovlivnit výběr strategií s ohledem na specifické funkce/principy dané domény.

## **6.7. Shrnutí a diskuse výsledků**

Shrnutí výsledků se snaží reflektovat a zodpovědět stanovené výzkumné otázky (viz kapitola 2.2). Jedná se o stručný souhrn hlavních zjištění realizovaného výzkumného šetření. Vychází zejména z analýzy modelovacích úloh, standardizovaných psychologických testů a rešerše odborných zdrojů.

**Modelovací úlohy jsou specifickým případem neúplně definovaných úloh (ill-structured/ill-defined), na které je možné aplikovat strategie řešení problémů.**

- Cíle a parametry modelovacích úloh jsou dynamické (při modelování často dochází k dotváření/zpřesňování mentální představy).
- Typ výsledného modelu (mentální/fyzický/symbolický) je závislý na cílové doméně.
- Strategie řešení jsou jedním z klíčových konceptů řešení modelovacích úloh, zejména u rozsáhlejších komplexních úloh.

**Aplikace modelovací strategie optimalizuje průběh modelování a snižuje chybovost.**

- Aplikace strategie snižuje u modelovacích úloh riziko selhání.
- Vhodně zvolená strategie snižuje u modelovacích úloh chybovost.
- Součástí strategií je průběžná kontrola (vyhodnocování) správnosti modelu.
- Vhodně zvolená strategie může zvýšit efektivitu (snížit čas potřebný k řešení úlohy, napomáhá přímočařejšímu řešení).

**Široké aktivní portfolio modelovacích strategií umožňuje výběr vhodného postupu v závislosti na úloze.**

- Široké portfolio strategií a schopnost jeho použití lze označit za jeden ze znaků expertních řešitelů.
- Proces dotváření/aktualizace mentální představy je možné podpořit pomocí vhodně zvolené strategie.
- Nevhodně zvolená strategie může vést k neoptimálnímu výsledku.

## **Řešení modelovacích úloh je ovlivněno složkami inteligence a zkušenostmi jedince v závislosti na typu úlohy**

- Jedinci s vysokou kreativitou/tvořivostí mají schopnost si sami vytvářet větší množství strategií k řešení úloh (avšak i nevhodných). Naopak jedinci s nízkou kreativitou/tvořivostí bez vnějšího zásahu často využívají malé množství strategií.
- Prostorová představivost nemá vliv na pochopení strategií při výuce na fyzických modelech.
- Úspěšná aplikace vyžaduje znalosti z cílové domény (nelze učit před zvládnutí doménových konceptů).
- Efektivnost použití strategií závisí na dalších doménových znalostech a dovednostech (výuka modelovacích strategií tak nemá význam pro úplné začátečníky).
- Volba strategie může být ovlivněna složkami inteligence v závislosti na specifických funkcích/principech konkrétní domény.

## **Strategie jsou do určité míry přenositelné (zobecnitelné) mezi doménami využívajícími modelování jako způsob řešení. Lze je tak rozvíjet bez ohledu na doménu, a to i v případě jiného typu modelu.**

- Principy a konkrétní postupy jsou přenositelné i mezi doménami s odlišnými typem modelu. Aplikace však může vyžadovat znalost specifických doménových principů.
- Aplikaci strategií je vhodné ve výuce podpořit v souvislosti s danou doménou.
- Znalost principů strategií z jedné domény přispívá k rychlejšímu osvojení a jejich aplikace v jiné doméně.
- Fyzické modely jsou vhodné pro výuku modelovacích strategií, s ohledem na jejich nízkou abstraktnost.

## **Diskuse výsledků**

Na začátku práce byly definovány výzkumná očekávání. Níže jsou diskutovány výsledky výzkumu ve vztahu k těmto očekáváním. Výše uvedené výsledky však rozsahem přesahují tyto výzkumná očekávání.



**VO1: Široké aktivní portfolio modelovacích strategií a vhodně zvolená strategie umožňuje řešení komplexních modelovacích úloh nebo přispívá k jejich efektivnější realizaci.**

Z provedeného šetření vyplývá, že u významné části studentů došlo k aplikaci nově představených strategií, což vedlo ve většině případů k přímočařejšímu řešení, snížení chybovosti a rizika selhání. Naopak při absenci strategie docházelo často ke značným obtížím při řešení úlohy. Rovněž analýza postupů expertních řešitelů ukazuje na význam strategií pro proces modelování. Z dostupných zjištění je patrný význam širokého aktivního portfolia modelovacích strategií.

**VO2: Řešení modelovacích úloh je ovlivněno složkami inteligence jedince v závislosti na typu úlohy.**

V rámci provedených standardizovaných testů a jejich analýze ve vztahu k řešení modelovacích úloh byla identifikována možná závislost mezi kreativitou a volbou strategie řešení. V závislosti na specifických funkcích domény mohou volbu strategie ovlivňovat také další složky inteligence (například numerická).

**VO3: Strategie osvojené v jedné doméně dokáže student zobecnit a aplikovat i při řešení modelovacích úloh z jiné domény.**

U některých studentů bylo zjištěno využití nově představených strategií i u modelovacích úloh v jiné doméně, než na které byly studentům představeny. Jednalo se přitom o doménu s jiným typem modelu (symbolické) než v doméně, kde byly strategie vyučovány (fyzické). V některých případech došlo k aplikaci v jiné doméně bez dalšího zásahu, v některých případech bylo nutné vysvětlení konkrétní aplikace (s použitím doménově specifických funkcí). Osvojení schopnosti aplikace však byla u studentů (kteří již strategie a jejich postupy znali a aplikovali dříve v jiné doméně) poměrně rychlé a přímočaré.

## 6.8. Limity šetření a potřeba dalšího výzkumu

Hlavní limity tohoto výzkumu spočívají ve volbě použité kvalitativní metodiky, kdy teorie a závěry vzniklé rozborem individuálních případů by bylo vhodné v budoucnu kvantitativně ověřit na větším počtu studentů a úloh. S ohledem na náročnost analýzy modelovacích úloh a potřebě diverzní skupiny je nutné počítat s velmi vysokou časovou náročností takového výzkumu. Auto této práce však věří, že díky představeným technikám analýzy a metodice v této práci je takový výzkum možný a plánuje ve výzkumu modelovacích úloh pokračovat.

Za nedostatek provedeného výzkumu autor považuje nedostatečné pokrytí testovacími úlohami, na které by bylo vhodné aplikovat strategii *Pokus-omyl*. Přestože pro některé testované úlohy může být tato strategie vhodná (například úloha *Hrnek a Držák telefonu*) a to i s ohledem na značnou volnost jejich zadání (záměr autora), nevybrání této strategie studenty znemožnilo hlubší analýzu této strategie. Důvodem může být také vysoká časová náročnost na tuto strategii (v podobě v jaké je definován její postup).

Ověření zvládnutí jednotlivých strategií, kdy toto bylo testováno pouze na představené úloze a následnou diskusí se také jeví jako nedostatečně průkazné, přestože zvládnutí strategie je možné detekovat i z následujících testovacích úloh (avšak pouze strategií, které si studenti pro modelování zvolili). Pro případný další výzkum je tak vhodné zvolit i další formu ověření (například na cíleně zadané úloze se zadáním řešení pomocí konkrétní strategie).

## 7. Závěr

Tato práce byla zaměřena na problematiku modelovacích úloh, které spočívají v procesu transformace mentální představy do formální reprezentace. Práce se snaží přispět k pochopení procesů modelování, především se věnuje různým způsobům postupů řešení – strategiím, které řešitelé při modelování využívají. Práce usilovala o objasnění, jakou roli tyto strategie při modelování mají, jak je možné tyto strategie a proces modelování podpořit z pohledu didaktiky a zda existuje možnost přenositelnosti těchto strategií napříč doménami.

Obecným strategiím řešení problémům bylo, především ve 20. století, věnováno značné množství výzkumu. Aplikace těchto strategií na specifické typy problémových úloh se však ukázala jako problematická. To může být dáno značnou odlišností různých problémových úloh a vysokou mírou abstrakce. Realizovaný výzkum se proto zaměřil na možnosti praktické aplikace strategií do konkrétní oblasti – modelovacích úloh, primárně na doménu 3D modelování (3D design). Současně se věnoval možnosti přenositelnosti těchto strategií do domény modelování struktury databází, ve které je využíváno jiného typu modelu.

Práce se v první řadě pokouší vymezit pojem modelovacích úloh, definovat jejich procesy, specifika a formální reprezentace. Tyto se snaží zasadit do kontextu výuky, problémových úloh a informatického myšlení. Na modelovací úlohy je v následném výzkumném šetření nahlíženo jako na neúplně definované problémové úlohy, s dynamickými cíli, u kterých v průběhu dochází k aktualizaci mentální představy.

Pro efektivní analýzu postupů modelovacích úloh, s cílem identifikace možných užitých strategií, se standardní nástroje ukázaly jako nevyhovující. Byl proto vytvořen nový typ diagramu (založený na Ganttově diagramu), jehož koncept, postup tvorby a způsob použití pro analýzu úloh je v práci detailně popsán.

V rámci prvotního šetření se jako problém u některých studentů ukazovala absence jakékoliv strategie při řešení modelovacích úloh, nebo jen velmi omezené portfolio těchto strategií (1-2). Ve druhé fázi výzkumného šetření tak bylo definováno a charakterizováno 6 strategií, ke kterým byly vytvořeny doporučené postupy aplikace a pospány vhodné případy užití i potenciální problémy. Tyto strategie byly zahrnuty do výuky v průběhu 3 semestrů kurzu 3D modelování a tisk.

Z analýzy postupů studentů při modelování byl indukován pozitivní vliv strategií, a to jak strategií vytvořených bez zásahu samotnými studenty, tak strategií představených v rámci výuky. Pomocí vhodné aplikace strategií bylo možné zmenšit riziko selhání při řešení modelovacích úloh, snížit chybovost a často zvýšit efektivitu, a to především u rozsáhlejších komplexních úloh. Jako klíčová se přitom ukázala volba vhodné strategie. Přestože i volba méně vhodné strategie může vést ke správnému výsledku, a samotné použití modelovací strategie výsledek nezaručuje, podařilo se při volbě vhodné strategie identifikovat často realizace optimálního řešení s minimálním množstvím chyb a oprav. Význam strategií pro řešení bylo možné rovněž pozorovat z analýzy postupů expertních řešitelů. Změny v postupech měly významný dopad na řešení zejména u studentů, kteří před výukou strategií postupovali vždy velmi podobně, bez ohledu na charakter úlohy. Celkově byly představené strategie a jejich konkrétní postupy v podobě pomocných listů, kterých studenti mohli při řešení úloh využívat, studenty velmi kladně hodnoceny.

Za účelem analýzy možných souvislostí mezi postupy při řešení modelovacích úloh a volbou strategií proběhlo testování studentů pomocí 3 vybraných standardizovaných testů. Jako jeden z určujících faktorů je možné indukovat kreativitu (originalitu) studentů. Studenti s vyšší měřenou kreativitou si častěji osvojovali větší množství strategií, zatímco studenti s nižší měřenou kreativitou se spíše drželi menšího množství strategií (podobné postupy i u úloh se značně odlišnou charakteristikou).

V rámci výzkumu se podařilo pozorovat přenositelnost strategií představených v doméně 3D modelování do domény databází. Jedná se přitom o domény, které používají zcela jiný druh modelu (fyzický v doméně 3D modelování a symbolický v doméně databází). Konkrétní aplikace strategií může vyžadovat specifické doménové vědomosti a dovednosti, nicméně znalost principů strategií z jedné domény přispívá k rychlejšímu osvojení a jejich aplikace v jiné doméně. Z didaktického hlediska se přitom výuka na fyzických modelech ukazuje jako vhodná s ohledem na nízkou míru abstrakce.

Rozborem modelovacích úloh, zkoumáním strategií, jejich role při řešení modelovacích úloh a možnosti jejich generalizace a přenositelnost mezi doménami, se autor snaží přispět k rozvoji didaktiky v informatických i dalších oborech obsahujících modelovací úlohy.

## 8. Seznamy

### 8.1. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Rozdílné vnitřní mentální reprezentace .....	17
Obrázek 2 – Příklad reprezentace modelů (ER diagram <sup>2</sup> , síťový diagram <sup>2</sup> , UML class diagram <sup>2</sup> , 3D CAD model, aktivity diagram <sup>2</sup> , use-case diagram <sup>2</sup> ) .....	19
Obrázek 3 - Typy modelů dle jejich reprezentace (převzato: B. Stein [18]).....	20
Obrázek 4 - Složení inteligence dle Spearmana (převzato z [25]).....	21
Obrázek 5 – Znázornění vztahu reality, kognitivního modelu a formalizovaného modelu (volně převzato z: Dostál J. [41]) .....	27
Obrázek 6 – Proces transformace mentální představy do formálního modelu.....	28
Obrázek 7 – Typy reprezentace 3D modelů.....	29
Obrázek 8 – Přístupy k tvorbě modelů (zleva: mesh modeling, CSG, feature-based; převzato z [47]) .....	30
Obrázek 9 – Varianty zápisu E-R diagramu (převzato z Wikipedia a z [52]).....	31
Obrázek 10 – Příklad entitně-relačního diagramu (Barkerův zápis, převzato z [53]).....	32
Obrázek 11 – Výzkumný cyklus .....	34
Obrázek 12 - Fáze výzkumu.....	36
Obrázek 13 - Příklad GG diagramu (model hrnku s podšálkem).....	39
Obrázek 14 – Detailní historie změn v 3D CAD OnShape .....	40
Obrázek 15 – Příklad GG diagramu (model schéma databáze Skladu) .....	41
Obrázek 16 – Ukázka z testu mentálních rotací .....	49
Obrázek 17 – Ukázky z figurálního testu tvořivého myšlení (ze 3 částí) .....	50
Obrázek 18 – Hierarchická struktura schopností v testu I-S-T 2000 R (převzato z Příručka k I-S-T 2000 R [76]) .....	52
Obrázek 19 – Ukázka řešení testovacích modelů (1. fáze) .....	55
Obrázek 20 – Proces tvorby 3D modelu a jeho tisku .....	59
Obrázek 21 – Otázka pro studenty: orientace tisku (zadání + řešení).....	64
Obrázek 22 – Cyklický model autoregulovaného učení (modifikovaně podle Zimmermann [92], převzato z Mareš [12]).....	66
Obrázek 23 – Zahloubení kostky (heuristika dostupnosti).....	67
Obrázek 24 – Přizpůsobení modelu na základě nevhodného ukotvení .....	68

Obrázek 25 – GG diagram – strategie Od jádra .....	71
Obrázek 26 – GG diagram – strategie Rozděl a panuj .....	72
Obrázek 27 – GG diagram – Iterativní (cyklický) přístup/strategie.....	74
Obrázek 28 – GG diagram – strategie Important first (Top-Down).....	75
Obrázek 29 – Příklad konceptu Master-Sketch pro 3D modelovací úlohy (převzato z OnShape Learning Center [95]).....	76
Obrázek 30 – GG diagram – strategie Skládání .....	77
Obrázek 31 – Řešení úlohy Hrnek studenta S511 .....	86
Obrázek 32 – Řešení úlohy Parametrický dům studenta 5S11 .....	86
Obrázek 33 – Řešení úlohy držák telefonu studenta 3S09 (s využitím master-sketch) .....	94
Obrázek 34 – Ukázka funkce extrude s použitím závislosti ve 3D (up to face s offsetem)...	101
Obrázek 35 – Ukázka funkce linear patter s použitím vzorce pro výpočet instancí .....	102

## 8.2. Seznam tabulek

Tabulka 1- Rozdělení problémových úloh podle Jonassena [37] .....	25
Tabulka 2 – Přehled účastníků výzkumného šetření a testovaných úloh (podle jednotlivých fází).....	45
Tabulka 3 – Přehled expertních řešitelů .....	47
Tabulka 4 – Přehled použitých modelů pro výuku strategií.....	61
Tabulka 5 – Souhrn základních principů modelovacích strategií a jejich potenciálních rizik. 79	
Tabulka 6 – Náročnost požadavků na počáteční představu s ohledem na volbu strategie.....	79
Tabulka 7 – Výsledky testovacích modelovacích úloh – 1. fáze .....	82
Tabulka 8 – Výsledky testovacích modelovacích úloh (užité strategie) ve 2. a 3. fázi výzkumu .....	84
Tabulka 9 – Význam kreativity (originality) pro volbu modelovacích strategií.....	94
Tabulka 10 – Výsledky testovacích modelovacích úloh (užité strategie) expertních řešitelů .	95

### 8.3. Seznam grafů

Graf 1 – Počet různých užitých strategií studenty .....	88
Graf 2 – Počet různých užitých strategií studenty (před výukou strategií a celkem).....	88
Graf 3 – Počet užití modelovacích strategií studenty v jednotlivých modelovacích úlohách..	90
Graf 4 – Výsledky testu prostorové představivosti (mentálních rotací) a počty užitých modelovacích strategií jednotlivých studentů (normalizováno do rozsahu 0-1, řazeno sestupně dle výsledků MRT).....	100
Graf 5 – Přehled výsledků testů mentálních rotací a figurální inteligence (IST2000R) (normalizováno do rozsahu 0-1, řazeno sestupně dle výsledků MRT) .....	101

## 9. Použité zdroje

- [1] ZAWOJEWSKI, Judith. Problem Solving Versus Modeling. In: *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies*. ICTMA 13: Springer, 2010, s. 237-243.
- [2] BALABAN M., Marae. A pattern-based approach for improving model quality. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 2013, (10100710270-013-0390-0).
- [3] *Hlavní směry vzdělávací politiky ČR 2030+*. In: . MŠMT, 2019. Dostupné také z: <https://www.msmt.cz/file/51582/>
- [4] MAYER, Richard. *Thinking, Problem Solving, Cognition*. Second Edition. Worth Publishers, 1991. ISBN 978-0716722151.
- [5] WILLIAMS, P. Design: The Only Methodology of Technology. *Journal of Technology Education*. 2000, **11**(2). ISSN 1045-1064. Dostupné z: doi:10.21061/jte.v11i2.a.4
- [6] DOSTÁL, Jiří. Příspěvek k teorii řešení problémů. *Trends in Education*. 2015, **8**(1), 44-53. ISSN 18058949. Dostupné z: doi:10.5507/tvv.2015.002
- [7] GANDER, Walter. Informatics and General Education. In: *Informatics in Schools. Teaching and Learning Perspectives*. Volume 8730. Cham: Springer International Publishing, 2014, s. 1-7. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-319-09957-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-09958-3\_1
- [8] KOCH, Douglas a Mark SANDERS. The Effects of Solid Modeling and Visualization on Technical Problem Solving. *Journal of Technology Education*. 2011, **22**(2). ISSN 1045-1064. Dostupné z: doi:10.21061/jte.v22i2.a.1
- [9] KOSTOUSOV, Sergei a Irina SIMONOVA. VISUAL MODELING FOR EXPLORATORY PROBLEM SOLVING ON COMPUTER SCIENCE LESSONS. *Proceedings of the 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2019)*. IADIS Press, 2019, 265-272. ISBN 9789898533937. Dostupné z: doi:10.33965/celda2019\_201911L033



- [10] STERNBERG, Robert. *Kognitivní psychologie*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-717-8376-5.
- [11] SEDLÁKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie*. ISBN 80-247-0375-0: Grada, 2004.
- [12] MAREŠ, Jiří. *Pedagogická psychologie*. První. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0174-8.
- [13] JOHNSON-LAIRD, Philip. *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. 6th. Harvard University Press, 1983. ISBN 0674568826. ISSN 0732-1295.
- [14] GENTNER, Dedre a Albert STEVENS. *Mental Models: ebook 2014*. 1st Edition. New York: Psychology Press, 1983. ISBN 9781315802725.
- [15] SEDLÁKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie: mentální reprezentace a mentální modely*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2004. Psyché. ISBN 80-247-0375-0.
- [16] LUKASOVÁ, Alena, Hashim HABIBALLA, Zdeňka TELNAROVÁ a Marek VAJGL. *Formální reprezentace znalostí*. ISBN 978-80-7368-900-1: Ostravská Univerzita, 2010.
- [17] STEIN, Benno. *Model Construction in Analysis and Synthesis Tasks*. Germany, 2001. Habilitation Thesis. University of Paderborn.
- [18] JACKSON, Michael. Some Notes on Models and Modelling. *Conceptual Modeling: Foundations and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, 68-81. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-642-02462-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-02463-4\_5
- [19] SABITZER, Barbara a Stefan PASTERK. Modeling: A computer science concept for general education. *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2015, 1-5. ISBN 978-1-4799-8454-1. Dostupné z: doi:10.1109/FIE.2015.7344062

- [20] LESH, Richard a Guershon HAREL. Problem Solving, Modeling, and Local Conceptual Development. *Mathematical Thinking and Learning*. **2003**(3). Dostupné z: doi:10.1207/S15327833MTL0502
- [21] FOSTER, Laurence. Scientific method: Optimizing applied research decisions (Ackoff, Russell L.; Gupta, Shiv K.; Minas, J. Sayer). *Journal of Chemical Education*. 1963, **40**(3). ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/ed040pA233
- [22] ZWICK, Rami. The evaluation of verbal models. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1988, **29**(2), 149-157. ISSN 00207373. Dostupné z: doi:10.1016/S0020-7373(88)80043-9
- [23] MELISSA A. BRAY, Thomas. *The Oxford Handbook of School Psychology*. Oxford University Press, 2011. Dostupné z: doi:10.1093/oxfordhb/9780195369809.001.0001
- [24] CHERRY, Kendra, Theories PSYCHOLOGY, ed. Theories of Intelligence in Psychology . *Verywell Mind*. 2022. Dostupné také z: <https://www.verywellmind.com/theories-of-intelligence-2795035>
- [25] RUHL, Charlotte. What Is Intelligence In Psychology. *Simply Psychology*. 2024. Dostupné také z: <https://www.simplypsychology.org/intelligence.html#Theories-of-Intelligence>
- [26] STERNBERG, R. Theories of intelligence. In: S. I. PFEIFFER, E. *APA handbook of giftedness and talent*. American Psychological Association, 2018. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1037/0000038-010>
- [27] SPEARMAN, C. Studies in individual differences: The search for intelligence. In: J. J. JENKINS, D. *Measured, "General Intelligence" Objectively Determined and*. Appleton-Century-Crofts, 1961. Dostupné z: doi:10.1037/11491-006
- [28] THURSTONE, L.L. *Primary mental abilities*. University of Chicago Press, 1938.
- [29] GARDNER, Howard. *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. 1. New York: Basic Books, 1983.

- [30] GARDNER, Howard. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. 3rd edition. ebook: Basic Books, 2011. Dostupné také z: <https://www.amazon.com/Frames-Mind-Theory-Multiple-Intelligences/dp/0465024335>
- [31] GARDNER, H. Multiple Intelligences: Prelude, Theory, and Aftermath. In: *Scientists Making a Difference*. 2016, s. 167-170. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9781316422250.037
- [32] WATERHOUSE, Lynn. Multiple Intelligences, the Mozart Effect, and Emotional Intelligence: A Critical Review. *Educational Psychologist*. American Psychological Association, 2006, **41**, 207-225. Dostupné z: doi:10.1207/s15326985ep4104\_1
- [33] CAVAS, B.,. Multiple Intelligences Theory—Howard Gardner. *Science Education in Theory and Practice*. Springer, 2020, . Dostupné z: doi:doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9\_27
- [34] DAVIS, K.,. The Theory of Multiple Intelligences. *Cambridge Handbook of Intelligence*. Cambridge University Press, 2017, 485-503.
- [35] YAVICH, Roman a Irina ROTNITSKY. Multiple Intelligences and Success in School Studies. *International Journal of Higher Education*. 2020, 107-117. Dostupné z: doi:10.5430/ijhe.v9n6p107
- [36] STERNBERG, Robert. *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press, 1985.
- [37] JONASSEN, David. Supporting problem solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 2011, 95-119.
- [38] HUITT, W. Problem Solving and Decision Making: Consideration of Individual Differences. *Journal of Psychological Type*. 1992, 33-44.
- [39] ZAWOJEWSKI, Judith. Problem Solving Versus Modeling. *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies*. Boston, MA: Springer US, 2010, 237-243. ISBN 978-1-4419-0560-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4419-0561-1\_20

- [40] GICK, Mary. Problem-solving strategies. *Educational psychologist*. 1986, **21**(1-2), 99-120. Dostupné z: doi:10.1080/00461520.1986.9653026
- [41] WANG, Yingxu a Vincent CHIEW. On the cognitive process of human problem solving. *Cognitive systems research*. 2010, **11**(1), 81-92. Dostupné z: doi:10.1016/j.cogsys.2008.08.003
- [42] BATRA, Dinesh a S. ANTONY. Novice errors in conceptual database design. *European Journal of Information Systems*. 1994, 57-69. Dostupné z: doi:10.1057/ejis.1994.7
- [43] DOSTÁL, Jiří. MODELS, MODELLING AND SIMULATIONS IN THE EDUCATION. *Journal of Technology and Information*. 2011, **3**(3), 4-7. ISSN 1803537X. Dostupné z: doi:10.5507/jtie.2011.033
- [44] BALABAN, Mira, Azzam MARAEE, Arnon STURM a Pavel JELNOV. *A pattern-based approach for improving model quality*. 2015, **14**(4), 1527-1555. ISSN 1619-1366. Dostupné z: doi:10.1007/s10270-013-0390-0
- [45] GROOVER, M. a E. ZIMMERS. *CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing*. Pearson Education, 1983. ISBN 9780132440813.
- [46] SHAH, Jami J. a Martti MÄNTYLÄ. *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*. Ilustrované vydání. A Wiley-Interscience publication, 1995. ISBN 9780471002147.
- [47] PITRODA, H. P. *Computer Aided Design: Text book and Practice book*. Walnut Publication, 2021. ISBN 9789391145002.
- [48] CODD, E. F. A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*. 1970, **13**(6), 377-387. ISSN 0001-0782. Dostupné z: doi:10.1145/362384.362685
- [49] CHEN, Peter Pin-Shan. The entity-relationship model—toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*. 1976, **1**(1), 9-36. ISSN 0362-5915. Dostupné z: doi:10.1145/320434.320440

- [50] BOOCH, Grady, James RUMBAUGH a Ivar JACOBSON. *Unified Modeling Language User Guide*. 2nd Edition. Addison-Wesley Professional, 2005. ISBN 978-0-321-26797-9.
- [51] BYRNE, Bernadette Marie a Yasser Shahzad QURESHI. UML CLASS DIAGRAM OR ENTITY RELATIONSHIP DIAGRAM? AN OBJECT-RELATIONAL CONCEPTUAL IMPEDANCE MISMATCH. In: *6th International Conference on Education, Research and Innovation (ICERI)*. Seville, SPAIN, 2013, s. 3594-3604. ISBN 978-84-616-3847-5. WOS:000347240603107.
- [52] SONG, Il-Yeol, Mary EVANS a Eun K. PARK. A Comparative Analysis of Entity-Relationship Diagrams. *Journal of Computer and Software Engineering*. 1995, (34), 427-459.
- [53] DUDCZYK, Janusz. The Concept of ELINT DataBase based on ERD Modelling. *ELEKTRONIKA - KONSTRUKCJE, TECHNOLOGIE, ZASTOSOWANIA*. 2018, **1**(2), 36-39. ISSN 0033-2089. Dostupné z: doi:10.15199/13.2018.2.8
- [54] WING, Jeannette. Computational thinking. *Communications of the ACM*. cARNEGIE mELLON uNIVERSITY, 2006, **49**(3), 33-35. Dostupné z: doi:10.1145/1118178.1118215
- [55] LESSNER, Daniel. ANALYSIS OF TERM MEANING "COMPUTATIONAL THINKING". *Journal of Technology and Information Education*. 2014, **6**(1), 71-88. Dostupné z: doi:10.5507/jtie.2014.006
- [56] ŠVARŤÍČEK, Roman a Klára ŠEĎOVÁ. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-313-0.
- [57] CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada, 2007. Pedagogika (Grada). ISBN 978-802-4713-694.
- [58] HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Praha: Portál, 2005. ISBN 80-736-7040-2.

- [59] JONASSEN, David. Using Cognitive Tools to Represent Problems. *Journal of Research on Technology in Education*. 2003, **35**(3), 362-381. ISSN 1539-1523. Dostupné z: doi:10.1080/15391523.2003.10782391
- [60] OKTAY, Julianne. *Grounded Theory: Pocket Guides to Social Work Research Methods*. Ilustrované vydání. USA: Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199753697.
- [61] NEZVALOVÁ, Danuše. Akční výzkum ve škole. *Pedagogika* [online]. 2003, **53**(3), 300-308 [cit. 2022-08-17]. Dostupné z: [https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/files/2014/06/Pedag\\_2003\\_3\\_05\\_Akni\\_300\\_308.pdf](https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/files/2014/06/Pedag_2003_3_05_Akni_300_308.pdf)
- [62] HOLCOVÁ, Martina, Jan TRÁVNÍČEK a Jiří VORLÍČEK. *AKČNÍ VÝZKUM: Akční výzkum v profesním rozvoji učitelů (model CIVIS)*. ISBN 978-80-88212-22-5. Dostupné také z: [https://www.lipka.cz/soubory/av\\_zaverecna-zprava\\_final--f11642.pdf](https://www.lipka.cz/soubory/av_zaverecna-zprava_final--f11642.pdf)
- [63] RICHTEROVÁ, Bohdana, Alena SEBEROVÁ, Hana KUBÍČKOVÁ, Ondřej SEKERA, Hana CISOVSKÁ a Žaneta ŠIMLOVÁ. *Akční výzkum v teorii a praxi*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity, 2020. ISBN 978-80-7599-176-8.
- [64] SUSANNE, Friese. *Qualitative data analysis with ATLAS.ti*. Sage Publications Ltd., 2019.
- [65] PTC INC. Is Your CAD Software the Best Choice for 3D Printing?. *OnShape*. Dostupné také z: <https://www.onshape.com/en/resource-center/ebooks/is-your-cad-software-the-best-choice-for-3d-printing>
- [66] PROKÝŠEK, Miloš, Vladimír RAMBOUSEK a Radka WILDOVÁ. Research into spatial intelligence and the efficiency of the application of spatial visualization in instruction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. Elsevier, 2013, **84**, 855-859.
- [67] WEISBERG, Robert. Problem solving and creativity. In: STERNBERG, Robert. *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*. Cambridge university press, 1988.

- [68] HAAVOLD, P.Ø.,. Creativity in problem solving: integrating two different views of insight. *ZDM Mathematics Education*. Springer, 2022, (54), 83–96. Dostupné z: doi:10.1007/s11858-021-01304-8
- [69] HAMBRICK, D., Robert STERNBERG, ed. Problem-Solving and Intelligence. In: *The Cambridge Handbook of Intelligence* *The Cambridge Handbook of Intelligence*. 2nd edition. Cambridge University Press, 2019, s. 553–579. Dostupné z: doi:10.1017/9781108770422.024
- [70] JAARVELD, Saskia a Thomas LACHMANN. Intelligence and creativity in problem solving: the importance of test features in cognition research. *Frontiers in psychology*. 2017. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2017.00134
- [71] VANDENBERG, Steven G. a Allan R. KUSE. Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*. 1978, **47**(2), 599-604. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/pms.1978.47.2.599
- [72] TORRANCE, E. Torrance tests of creative thinking. *Educational and psychological measurement*. 1966.
- [73] TORRANCE, E. *Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual*. Personnel press, 1966.
- [74] AMTHAUER R., Brocke. *Test struktury inteligence I-S-T 2000 R*. 2. české vydání. Praha: Testcentrum, 2015. Dostupné také z: [https://hogrefe.cz/i-s-t\\_2000\\_r](https://hogrefe.cz/i-s-t_2000_r)
- [75] AMTHAUER, Rudolf. *Intelligenz-Struktur-Test*. *Psychologie*. 1955.
- [76] ALENA, Plháková. *Test struktury inteligence I-S-T 2000 R - Příručka*. První české vydání. Praha: Testcentrum, 2005. Dostupné také z: [https://hogrefe.cz/image/catalog/metody\\_cz/ukazka\\_IST.pdf](https://hogrefe.cz/image/catalog/metody_cz/ukazka_IST.pdf)
- [77] MOSS, Elise. *Getting Started with Onshape*. Second Edition. SDC Publications, 2016. ISBN 978-1630570545.

- [78] STEPHENS, ROD. *Begin Database Design*. Jossey-Bass, 2008. ISBN 978-0470385494.
- [79] ROSKES, Bonnie. *Modeling with SketchUp for 3D Printing*. 3DVinci, 2014. ISBN 978-1935135289.
- [80] MERISIO, C.,. There is No Such Thing as a “Trial and Error Strategy”. *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills*. Springer, 2021, . Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-77022-8\_17
- [81] PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ. *Pedagogický slovník*. 6.,aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-647-6.
- [82] STRÍTESKÝ, Ondřej, Josef PRŮŠA a Martin BACH. *Základy 3D tisku s Josefem Průšou*. První vydání. Praha: Prusa Research, 2019. Dostupné také z: [https://www.prusa3d.com/cs/stranka/zaklady-3d-tisku-s-josefem-prusou\\_464/](https://www.prusa3d.com/cs/stranka/zaklady-3d-tisku-s-josefem-prusou_464/)
- [83] KLIČKOVÁ, Marie. *Problémové vyučování ve školní praxi*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. ISBN 80-04-23522-0.
- [84] SIEGLOVÁ, Dagmar. *Konec školní nudy: didaktické metody pro 21. století*. Praha: Grada, 2019. ISBN 978-80-271-2254-7.
- [85] BADATELÉ.CZ, Tým. *Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním*. Praha: Združení TEREZA, 2013. ISBN 978-80-87905-02-9. Dostupné také z: [https://ucimesevenku.cz/wp-content/uploads/2019/11/01\\_Pruvodce\\_pro\\_ucitele-2.pdf](https://ucimesevenku.cz/wp-content/uploads/2019/11/01_Pruvodce_pro_ucitele-2.pdf)
- [86] LATANÉ, Bibb, Kipling WILLIAMS a Stephen HARKINS. Many hands make light the work: The causes and consequences of social loafing. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1979, **37**(6), 822-832. ISSN 1939-1315. Dostupné z: doi:10.1037/0022-3514.37.6.822
- [87] ASCH, Solomon E. Opinions and Social Pressure. *Scientific American*. 1955, **193**(5), 31-35. ISSN 0036-8733. Dostupné z: doi:10.1038/scientificamerican1155-31



- [88] HAYES, Nicky. *Základy sociální psychologie*. Vyd. 3. Praha: Portál, 2003. ISBN 80-717-8763-9.
- [89] BARRICK, MURRAY R. a MICHAEL K. MOUNT. THE BIG FIVE PERSONALITY DIMENSIONS AND JOB PERFORMANCE: A META-ANALYSIS. *Personnel Psychology*. 1991, **44**(1), 1-26. ISSN 0031-5826. Dostupné z: doi:10.1111/j.1744-6570.1991.tb00688.x
- [90] HRABAL, Vladimír, František MAN a Isabella PAVELKOVÁ. *Psychologické otázky motivace ve škole*. 2., upr. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. Knižnice psychologické literatury. ISBN 80-042-3487-9.
- [91] PAVELKOVÁ, Isabella, Kateřina KUBÍKOVÁ a Aneta BOHÁČOVÁ. Strach a školní výkon. *Pedagogika*. 2020, **70**(2). ISSN 2336-2189. Dostupné z: doi:10.14712/23362189.2019.1594
- [92] ZIMMERMAN, Barry J. a Dale H. SCHUNK. *Motivation and Self-Regulated Learning: Theory, Research, and Applications*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 2008. ISBN 978-0-8058-5897-6.
- [93] SHERIF, Muzafer, Daniel TAUB a Carl I. HOVLAND. Assimilation and contrast effects of anchoring stimuli on judgments. *Journal of Experimental Psychology*. 1958, **55**(2), 150-155. ISSN 0022-1015. Dostupné z: doi:10.1037/h0048784
- [94] MOORE, Don A. a Paul J. HEALY. The trouble with overconfidence. *Psychological Review*. 2008, **115**(2), 502-517. ISSN 1939-1471. Dostupné z: doi:10.1037/0033-295X.115.2.502
- [95] PTC INC. OnShape Learning Center. *OnShape*. 2024. Dostupné také z: <https://learn.onshape.com/>
- [96] HEGARTY, Mary. Components of Spatial Intelligence. *The Psychology of Learning and Motivation*. Elsevier, 2010, 265-297. Psychology of Learning and Motivation. ISBN 9780123809087. Dostupné z: doi:10.1016/S0079-7421(10)52007-3

## 10. Přílohy

1. Informace o autorovi (povinná příloha)
2. Přehled strategií – pomocné listy pro studenty k výuce modelovacích strategií.
3. Zadání testovacích modelovacích úloh (včetně příkladů řešení).
4. Souhrnné výsledky standardních testů (v anonymizované podobě) a základní statistiky.
5. Souhlas účastníků s pořizováním záznamů a využití dat pro výzkumné účely.  
(neveřejné – hodnotitelům a členům komise k nahlédnutí na vyžádání)
6. Odpovědi z doplňujících formulářů k úlohám.  
(neveřejné – hodnotitelům a členům komise k nahlédnutí na vyžádání)

## Příloha 1 - Autor

Níže jsou uvedeny informace o hlavní publikacích, projektech a dalších odborných výstupech, na kterých se autor podílel. Uvedené informace jsou platné k datu odevzdání disertační práce, aktuální a další informace je možné nalézt např. na níže uvedením ORCID profilu autora.

### Publikační činnost

 <https://orcid.org/0000-0001-5996-5868>

Novák M., Doležal P., Budík O., Ptáček L., Geyer J., Davidková M., Prokýšek M. (2024) „Intelligent inspection probe for monitoring bark beetle activities using embedded IoT real-time object detection“, *Engineering Science and Technology*, Volume 51, ISSN 2215-0986, doi: 10.1016/j.jestch.2024.101637

Vohnout R., Bukovský I., Shuo-Yan Chou, Geyer J., Budík O., *et al.* (2023) "Living Lab Long-Term Sustainability in Hybrid Access Positive Energy Districts - A Prosumer Smart Fog Computing Perspective," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, no. 21, pp. 18898-18908, doi: 10.1109/JIOT.2023.3280594.

Geyer, J., Sosna, T. (2021) 3D modelování a tisk pro SŠ, Impuls pro kariéru a praxi (Jihočeská hospodářská komora), Pracovní postupy pro workshopy digitalizace ve školách, 2021, [https://www.impulsprokarieru.cz/uploads/media///Digitalni\\_kompetence/61f255c7613c4496751018.pdf](https://www.impulsprokarieru.cz/uploads/media///Digitalni_kompetence/61f255c7613c4496751018.pdf)

GEYER, J. (2021) Modelovacích úlohy – role strategií při procesu transformace mentální představy do formální reprezentace. *Information and Communication Technology in Education 2021 - PhD Section*. Ostrava : University of Ostrava, 2021, s. 3-13. ISBN 978-80-7599-280-2.

Novák M., Geyer J., *et al.* (2021) Construction of a Multisensor UAV System for Early Detection of Forest Pests. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing V. CSIT 2020*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1293. Springer, doi: 10.1007/978-3-030-63270-0\_78.

M. Prokýšek, J. Geyer and M. Novák, "Real-Time Microgrid Simulation for Power Consumption and Energy Sources Optimization," *2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 2019, pp. 421-424, doi: 10.1109/ACITT.2019.8780065.

Sigl, C., Faschingbauer, A., Berl, A., Geyer, J., Prokýšek, M., Vohnout, R., (2018) Sustainable Peer-to-Peer Energy Trading Principles and Smart Meter Requirements for Smart Grids, *Bavarian Journal of Applied Sciences*, Vol. 5, 2019, doi: 10.25929

Sigl, C., Faschingbauer, A., Berl, A., Geyer, J., Vohnout, R., & Prokýšek, M. (2018). The role of smart meters in P2P energy trading in the low voltage grid. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 2300 280-284.

## Patenty, užité vzory

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Způsob sledování křivkových aktivit v lesních porostech a snímací zařízení pro pořizování kamerového záznamu povrchu kmene zkoumaného stromu.* M. Novák, L. Ptáček, P. Doležal, J. Geyer, M. Davidková. Úřad průmyslového vlastnictví, patent, 309627. 24.05.2023.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Pedál pro ovládání hudebních přístrojů.* L. Ptáček, M. Novák, a kolektiv. Úřad průmyslového vlastnictví, patent, 309832. 15.11.2023.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Způsob sledování křivkových aktivit a systém k provádění způsobu sledování.* M. Novák, L. Ptáček, P. Doležal, J. Geyer, M. Davidková. Úřad průmyslového vlastnictví, patent, 309464. 21.12.2022.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Digital remote control of analog potentiometers for guitar amplifiers,* L. Ptáček, M. Novák, et al., European Patent, EP3599603, 13.04.2022

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. *Systém ke sledování křivkových aktivit.* M. Novák, L. Ptáček, P. Doležal, J. Geyer, M. Davidková. Úřad průmyslového vlastnictví, užité vzor, 35641. 07.12.2021.

## Účast na grantech/projektech

ELIXIR-CZ – Česká národní infrastruktura pro biologická data (nástroj Univerzální nálezová databáze UniCatDB)

- databázový specialista

2018 – 2024

HyperSpace – Hyperspace pro formativní hodnocení a badatelsky orientovanou výuku v přírodovědných předmětech a matematice

- správce virtuálního prostředí

2021 – 2023

MAID – Rozvoj přeshraničního studijního programu umělé inteligence a data science

- vedoucí týmu přípravy akreditačních materiálů

2020 – 2022

ARCHAEOPLANT – Výzkum identifikace rostlin pomocí umělé inteligence

- vedoucí technického týmu, databázový specialista

2021 – 2022

CPV JHK Digitalizace – Metodické materiály a workshopy pro výuku na ZS/SŠ

(oblast: výuka 3D modelování a tisku)

- autor metodických příruček, mentor (workshopy pro učitele ZŠ/SŠ)

2021 - 2022

NABIAM – Rakousko - česká inovační a výzkumná síť pro nanotechnologie, biosenzory a aditivní výrobu

- hlavní řešitel

2020 – 2021

BarkBeeDet – Včasná identifikace stromů napadených lýkožroutem smrkovým s využitím technologie dronů

- člen řešitelského týmu, specialista na 3D modelování a tisk

2018-2020

SmartGrid – Chytré sítě ve venkovských oblastech a MSP

- člen řešitelského týmu, specialista na modely a simulace, vývojář

2017-2020

## **Příloha 2 - Přehled modelovacích strategií**

Obsahuje 6 modelovacích strategií v podobě, v jaké byly k dispozici studentům (pomocné listy k výuce modelovacích strategií). Strategie obsahují základní popis principů a vhodnosti využití. Následně obsahuje každá strategie přehled dílčích kroků a jejich praktické aplikace.

S uvedenými strategiemi je vhodné se seznámit v pořadí, v jakém jsou uvedeny. Důvodem je snazší pochopení možných podobných principů a současně rozdílných aplikací některých strategií. Rozdíly jsou uvedeny v poznámkách u jednotlivých strategií.

## Rozděl a panuj (divide and conquer)

- Vhodná, pokud je celek možno rozdělit na více částí, které jsou na sobě buďto zcela nezávislé, nebo lze jejich vzájemnou závislost dobře definovat. Vyžaduje alespoň základní představu o celkovém modelu (pro definici částí).
- Spočívá v rozdělení komplexní úlohy na menší celky.
- Velmi užívaná u rozsáhlých úloh.

### Postup

- 6) Identifikace klíčových částí celku, kterým lze určit samostatný význam či funkci.
  - Hrubá definice (poznámenání) těchto částí.
- 7) Identifikace vztahů mezi jednotlivými částmi. Pokud není jednotlivé části možné modelovat samostatně – příliš velký vliv souvisejících částí (vysoká provázanost), nelze strategii *rozděl a panuj* aplikovat (nebo je nutno optimalizovat způsob rozdělení).
  - Definice (poznámenání) pouze vnějších vztahů (s dalšími částmi), které budou později použity pro napojení na další části.
- 8) Určit, v jakém pořadí budou části modelovány, zejména s ohledem na vazby mezi částmi. V některých případech nemusí na pořadí záležet.
  - Definovat optimální pořadí.
- 9) Modelování jednotlivých částí. Pokud i jednotlivé části nejsou tvořeny dostatečně jednoduchými prvky (stále vysoká komplexnost), je možné i tyto dále dělit či aplikovat jinou strategii.
  - Modelovat jednotlivé části.
- 10) Sestavení kompletního modelu z částí – vypořádání závislostí mezi díly.
  - Sestavení částí dohromady.
  - Nemělo by vyžadovat větší/zásadní zásahy do již existujících částí.

## Iterativní (cyklický) přístup

- Vhodná, pokud není zcela jasná představa o finálním modelu (pouze „hrubá“ představa o výsledném modelu).
- Spočívá v postupné zpřesňování modelu od hrubé koncepce až po finální (detailní) model.
- Klíčová je kontrola, zda model po každé iteraci splňuje celkové požadavky.

### Postup

- 1) Identifikace hlavních/známých požadavků na výsledný model.  
→ Definice POUZE AKTUÁLNÍCH známých požadavků na model.
- 2) Modelování podle definice.  
→ Modelování „hrubého“ modelu. Při modelování ignorovány detaily a proměnné nesouvisející s aktuální definicí.
- 3) Kontrola správnosti modelu.  
→ Kontrolujeme, zda model odpovídá všem požadavkům zadání (zda jsme se neodchýlili od požadovaného cíle). Pokud to software umožňuje, zvažte vytvoření verze (verzování).
- 4) Pokračujeme v další iteraci.  
→ Pokud model nespĺňuje některý z požadavků, vrátíme se k některé z předchozích verzí (nebo i začneme od začátku, pokud je to nutné) a pokračujeme od kroku 1.  
→ Pokud model splňuje požadavky, pokračujeme v další iteraci (opakuje se od kroku 1).



## Important first (Top-Down)

- Vhodná, pokud se jedná o rozsáhlou úlohu, kde máme dobrou představu o celku, který se však skládá z mnoha navzájem závislých dílů.
- Spočívá ve vytvoření hlavní „kostry“, na které jsou následně dílčí části závislé.
- Vyžaduje dobrou celkovou představu o cílovém modelu (pro návrh kostry).

### Postup

- 1) Identifikace „kostry“ (hlavní struktury modelu).
  - Přesná definice (poznámání), co je hlavní kostrou modelu. Kostra zahrnuje hlavní vlastnosti modelu, neobsahuje však detaily a nevýznamné části.
- 2) Modelování kostry.
  - Modelování kostry. Kostra musí reprezentovat hlavní požadované vlastnosti modelu.
- 3) Identifikace částí modelu závislých na kostře.
  - Hrubá definice (poznámání) těchto částí.
- 4) Modelování jednotlivých částí.
  - Modelovat jednotlivé části. Části modelu by optimálně měli být závislé pouze na kostře (výjimečně i mezi sebou).

### Poznámka

V 3D modelování je často využíván princip master-sketch, který představuje hlavní kostru a vlastnosti, jednotlivé díly jsou následně rozvíjeny v závislosti právě na tomto master-sketch.

## Od jádra (postupně) / Zleva doprava

- Vhodná u modelu, jehož struktura je vzájemně provázaná, a tato provázanost (vztahy) je dobře definovatelná.
- Spočívá v postupném rozvíjení modelu (navázání na již hotové části).

### Postup

#### 1) Identifikace jádra.

→ Zvolíme část modelu, od které budeme následně náš model rozvíjet. Často se jedná o nějakou klíčovou („hlavní“) část modelu (výjimečně může však být zvolena i náhodně).

→ Jádro vymodelujeme.

#### 2) Postupné rozvíjení modelu.

→ Model postupně rozvíjíme. Modelujeme postupně části závislé na již hotovém modelu. Model rozvíjíme po malých krocích, které však modelujeme včetně všech detailů. Modelujeme pouze části, které jsou přímo závislé na již hotovém modelu.

→ Každá potenciální chyba může značně ovlivnit výsledek. Důraz je nutno klást na přesnost a detaily.

→ Při rozvíjení modelu pravidelně kontrolujeme, zda model odpovídá všem požadavkům zadání (zda jsme se neodchýlili od požadovaného cíle). Pokud to software umožňuje, zvažte vytvoření verzí jednotlivých dílů i celku (verzování).

### Poznámka

Do značné míry podobné strategii *Important first*. Nevyžaduje však představu o celkovém modelu. Začne se s jednou částí, která se postupně rozvíjí (další části nemusí být přímo závislé na původním „jádro“).

## Skládání (Bottom-Up)

- Vhodná, pokud je celek možné rozdělit na malé části (mikro-části), u kterých známe dostatek podrobností, ale nemáme celkovou představu o kompletním modelu.
- Spočívá v postupném sestavování větších a větších částí („pyramida“).

### Postup

- 1) Identifikace jednotlivých částí celku a jejich vlastností (požadavků na ně).  
→ Hrubá definice (poznámenání) těchto částí a vlastností/požadavků.
- 2) Samostatné modelování jednotlivých částí.  
→ Jednotlivé části jsou modelovány zcela nezávisle na sobě.
- 3) Skládání částí.  
→ Dílčí části jsou postupně skládány/sestavovány/ do větších funkčních celků. Při skládání jsou řešeny vzájemné závislosti a často může docházet k drobným nebo i větším úpravám (nebo až potřebě vzniku nových částí).
- 3) Kontrola správnosti modelu.  
→ Kontrolujeme, zda model odpovídá všem požadavkům zadání (zda jsme se neodchýlili od požadovaného cíle). Pokud to software umožňuje, zvažte vytvoření verzí jednotlivých dílů i celku (verzování).
- 4) Postupné sestavování až do kompletního modelu.  
→ Opakujeme od kroku 3 až do sestavení kompletního modelu (postupně vytváříme a spojujeme do větších celků, až do kompletního modelu).

### Poznámka:

Na rozdíl od rozdělávání panuj nevyžaduje počáteční představu o celkovém modelu ani vzájemných závislostech částí.

### Poznámka

V 3D CAD je pro sestavování využíváno převážně assembly. Při sestavování může někdy vzniknout potřeba vytvoření dílů, které mají vzájemné závislosti na sestavovaných dílech – v tomto případě je vhodné využít možnosti in-context návrhu (modelování dílu v závislosti na assembly), pokud to software umožňuje.

## Pokus-omyl (Trial and Error)

- Vhodná, pokud máme velmi špatnou představu o cílovém modelu i jeho dílčích částech.
- Spočívá v postupném testování možných řešení a jejich následném vyhodnocování.
- Slouží především k vytvoření prvotní představy o řešení.
- Klíčový je zde důraz na pravidelné vyhodnocování a kontrolu, zda model splňuje celkové požadavky. Je nutné využít verzování.
- Velmi vhodný je zde hrubý náčrt řešení / dílčích řešení.

### Postup

- 1) Analýza všech dostupných informací.
  - Poznacenání veškerých dostupných informací a jejich rozbor/třídění.
- 2) Modelování.
  - Modelování „pokusného“ modelu (části) – často více variant.
  - Pro samotné modelování můžeme využít kombinaci s jinou strategií.
- 3) Pravidelně kontrolujeme správnost modelu (eliminace variant).
  - Kontrolujeme, zda model odpovídá všem požadavkům zadání (zda jsme se neodchýlili od požadovaného cíle). Pravidelně vytváříme verze (verzování).
  - Nebojíme se experimentovat. Předpokládáme, že se budeme v některých případech muset vracet k předchozím verzím (nebo dokonce začít s modelováním jiné, méně známé části). Předchozí verze však nikdy nezahazujeme (před dokončením a ověřením celého modelu).
- 4) Pokračujeme v modelování dalších částí.
  - Pro modelování další části můžeme využít jiné strategie (závisí na počtu neznámých).

### Poznámka

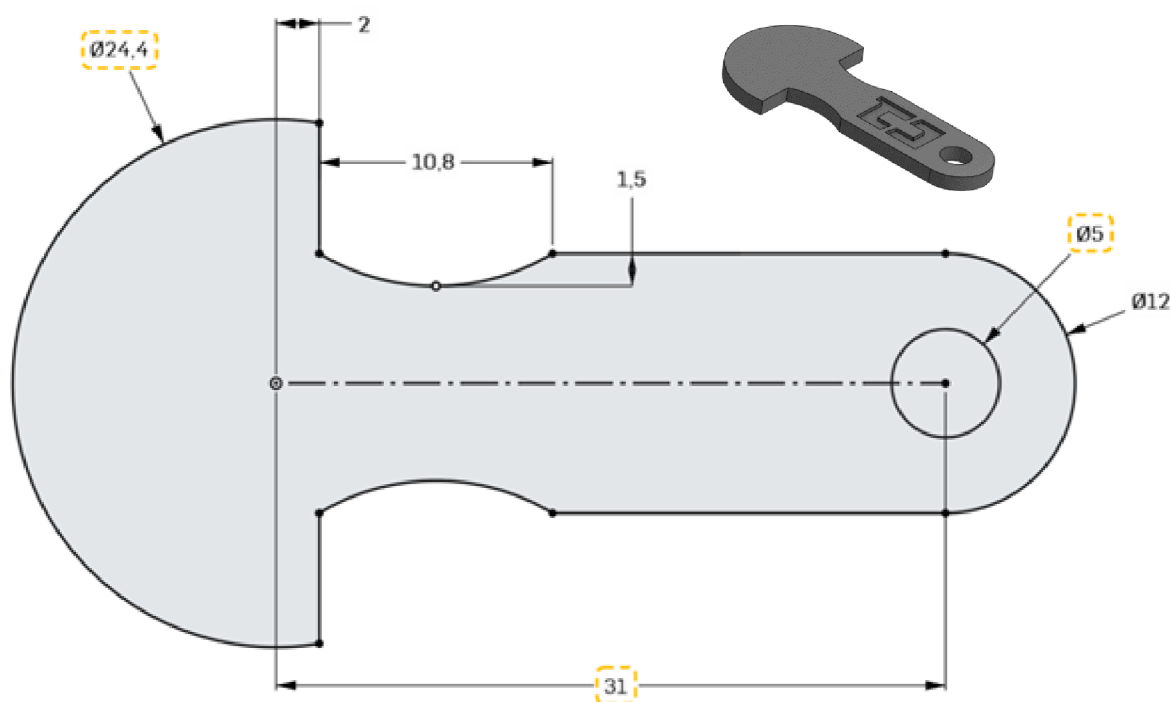
Nejedná se o typickou modelovací strategii, ale o obecnější koncept řešení problému, který je však možné na modelovací úlohy také aplikovat.

### Příloha 3 - Zadání testovacích modelovacích úloh

Níže jsou uvedeny zadání modelovacích úloh včetně ukázky vzorových řešení (příkladů řešení, jelikož v závislosti na zadání může být řešení více) a standardní časové dotace (na modelování, nezahrnuje seznámení se zadáním, tisk dílů, apod.). Vyjma úlohy „Žeton“ a „Parametrický dům“ není součástí zadání žádný výkres či obrázek. Součástí zadání úloh „Žeton“, „Hrací kostka“, „Krabička“ a „Dvoudílná kostka“ je také ukázka (zapůjčení) fyzického dílu (tištěného na 3D tiskárně). Při zadání úlohy „Dvoudílná kostka“ je k dispozici potřebný spojovací materiál (pro oměření rozměrů pro tvorbu odpovídajících slotů).

#### 3D – Žeton

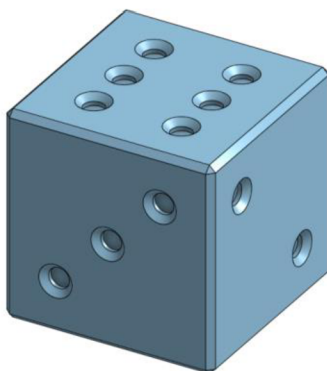
Podle výkresu vytvořte model žetonu do nákupního košíku. Povšimněte si, že hlavní část, která se zasouvá do košíku, není jen půlkruh, ale je o 2 mm větší. Výška (tloušťka pro extrude) je 2,5mm. Hlavní rozměry vychází z velikostí desetikoruny. Nezapomeňte na „vybrání“ 1,5mm (zúžení krčku), které umožňuje pootočení a vyjmutí z košíku bez nutnosti opětovného zamčení. Model opatřete individuální dekorací (nápisem/logem). Model vytvořte jako parametrický tak, aby bylo možné nastavit rozměry na základě různé velikosti výchozí mince.



Časová dotace: 60 min

### **3D – Hrací kostka**

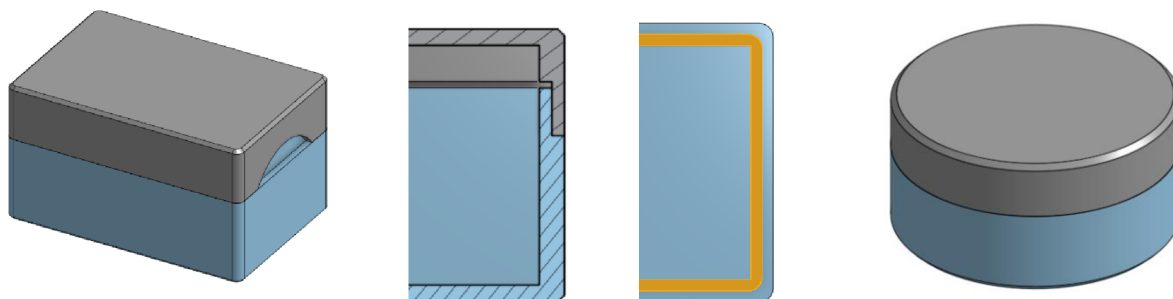
Vytvořte model šestistěnné hrací kostky. Hodnoty na jednotlivých stranách řešte pomocí zapuštěných „teček“ (nikoliv např. čísly), součet hodnot protilehlých stran musí být vždy 7. Nezapomeňte zaoblit/zkosit hrany. Model vypracujte jako parametrický tak, aby bylo možno kostku zvětšovat/zmenšovat (nastavením délky hrany) a samostatně nastavovat průměr a hloubku teček.



Časová dotace: 60 min

### **3D – Krabička**

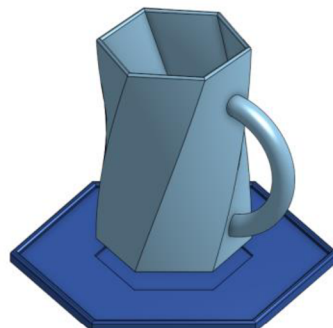
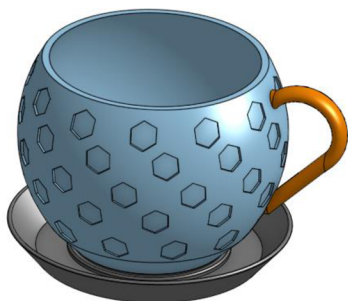
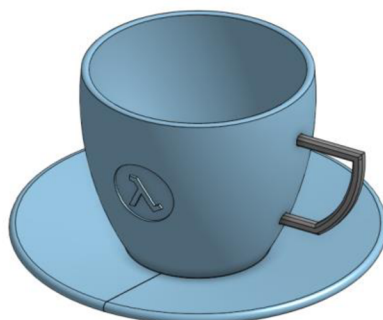
Vytvořte model krabičky složené ze dvou částí (spodní a víčko). Tyto části budou držet uzavřeny pomocí tření a přirozených „drážek“ mezi vrstvami (při použití FDM/FFF 3D tisku). Tvar krabičky (obdélníkový, kulatý, šestihranný, apod.) zvolte dle vlastního uvážení. Můžete přidat také prolisy pro snazší otevírání. Model navrhnete jako parametrický tak, aby bylo možné nastavit individuálně velikost krabičky a tloušťku stěny. Poměr výšky spodní části krabičky a víčka realizujte 2:1. Vnitřní rohy uzavírání spodní části zaoblete.



Časová dotace: 90 min

### 3D - Hrnek

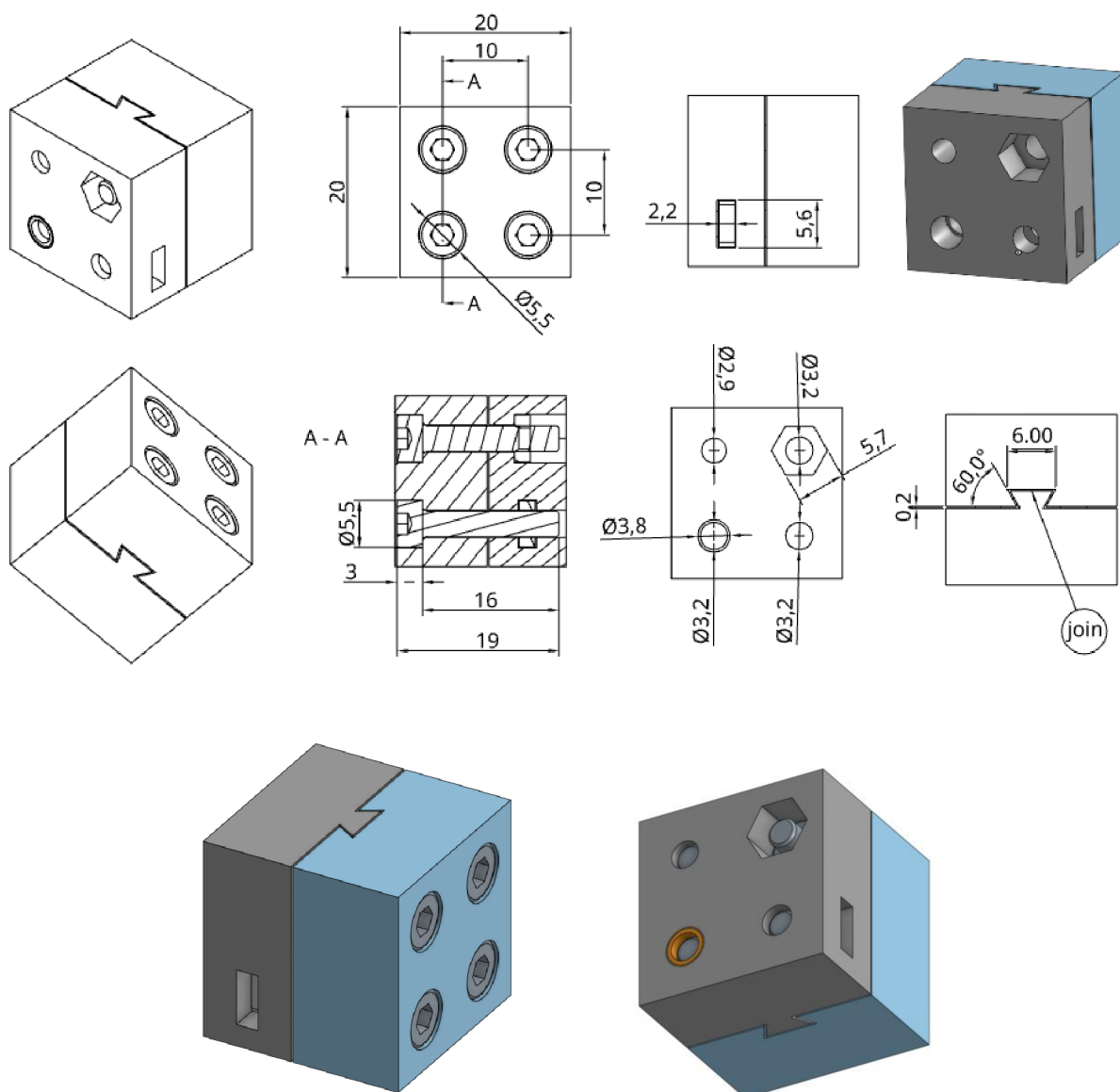
Vytvořte model hrnku s podšálkem. Hrnek by měl „zapadnout“ do podšálku a měl by mít minimálně 1 ucho. Hrany hrnku ani podšálku nesmí být ostré. Dno hrnku by mělo být rozměrově/tvarově jiné než horní část a tělo by mělo být zdobeno (obrázkem/logem/nápisem/apod.). Nezapomeňte, že model musí být tisknutelný na FFF (FDM) 3D tiskárně.



Časová dotace: 120 min

### 3D – Dvoudílná kostka

Vytvořte model dvoudílné kostky (krychle rozdělené na 2 části). Díly k sobě budou spojeny pomocí 4 šroubů (každý s různou matkou). Díly do sebe budou zasunuty stylem „puzzle“ (libovolného tvaru). První ze šroubů je šroubován přímo do plastu (vytvoří si v plastu vlastní závit), druhý využívá šestihrannou matku, třetí čtyřhrannou matku vkládanou z boční strany a čtvrtý používá vložnou matku vkládanou za tepla (pomocí pájky). Tato úloha slouží k vyzkoušení různých možností spojování tištěných dílů na 3D tiskárně (použito by mohlo být také lepení). Model navrhnete jako parametrický tak, aby bylo možné zvolit krychli o hraně 20 mm nebo 30 mm. Pro otestování vytvořte také sestavení (assembly včetně spojovacího materiálu).

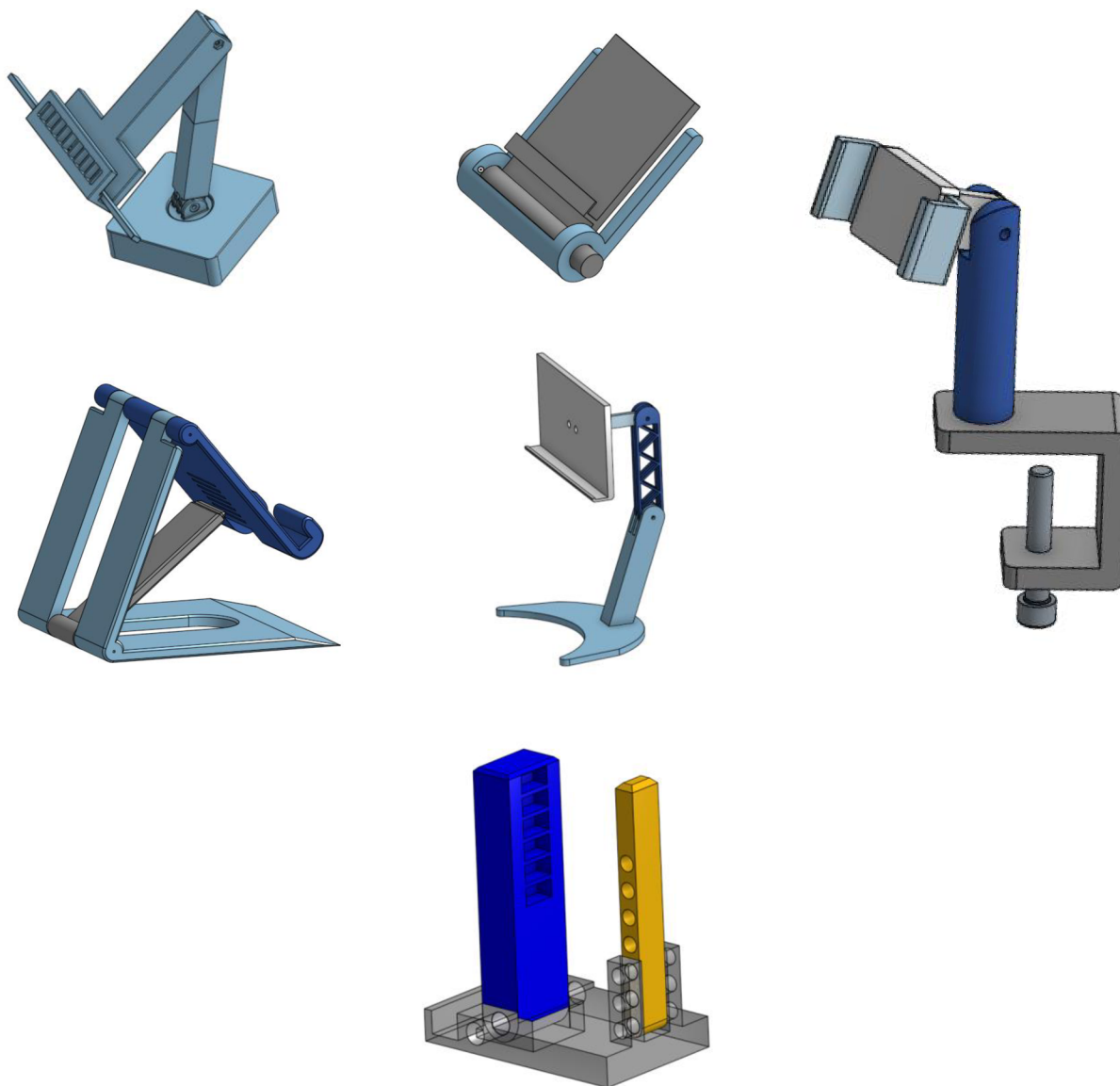


Časová dotace: 120 min



### 3D – Držák telefonu

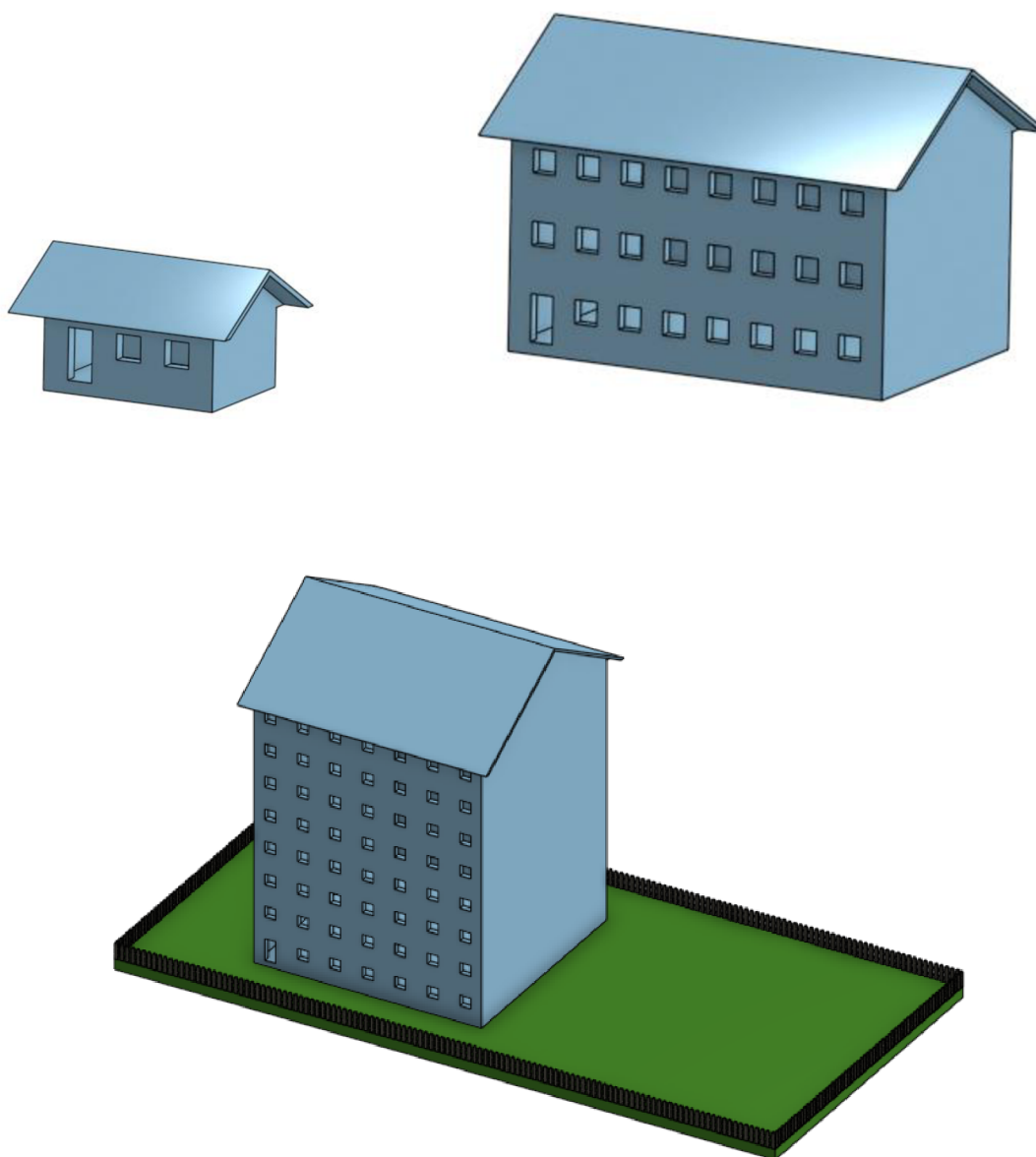
Vytvořte model držáku telefonu, který půjde přichytit ke stolu (libovolně na plochu/hranu). Držák by měl umožňovat přiměřené možnosti nastavení (umístění, sklon, apod.). Telefon by měl v držák být uchycen libovolným způsobem (mechanicky, gravitací, magneticky, apod.), což by mělo být zohledněno v návrhu (budoucí modulárnost). Model by měl být parametrizovatelný (např. délka držáku, ramen, apod.).



Časová dotace: 120 min

### 3D – Parametrický dům

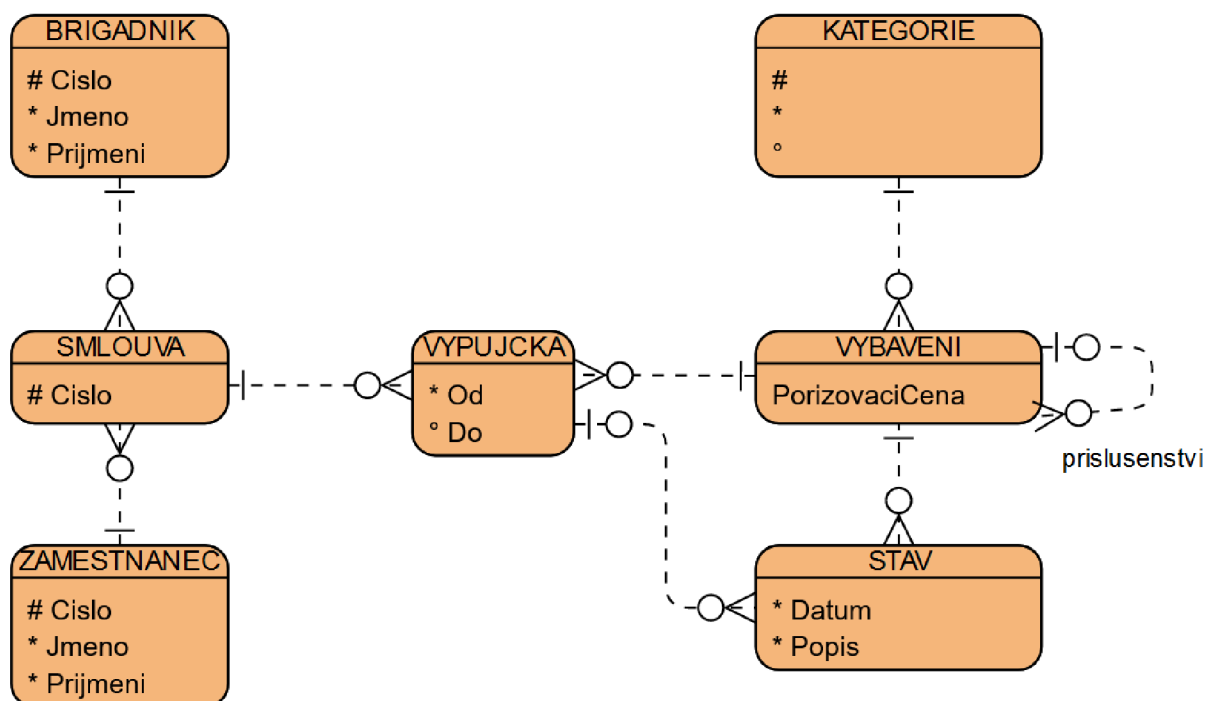
Vytvořte zjednodušený model domu (vnější kostry domu) a jeho pozemku s plotem. Dům má sedlovou střechu a na jedné straně má pravidelně rozmístěná okna a jedny vstupní dveře. Dveře a okna stačí v modelu reprezentovat otvory ve stěně. Model navrhnete jako parametrický tak, aby bylo možné variabilně zadat rozměry jeho základny a výšku (v metrech). Počet oken, velikost pozemku, střechy a plotu se přitom musí automaticky adaptovat na rozměry domu. Dále pomocí parametru umožněte skrytí střechy a spodní části domu.



Časová dotace: 120 min

## DB – Inventář vybavení

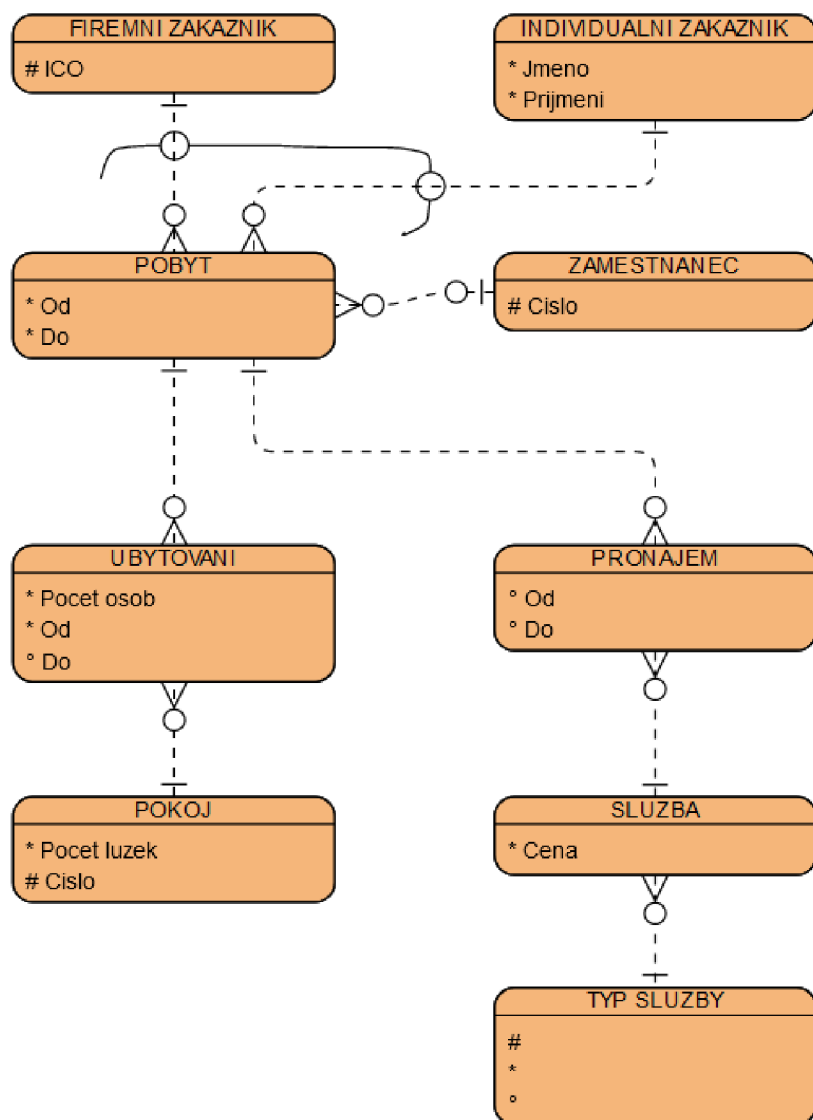
Vytvořte diagram pro databázi pracovních pomůcek (vybavení), které je půjčováno letním brigádníkům na stavbě. U vybavení evidujete pořizovací cenu, příslušenství a případné poškození. U brigádníků evidujete (kromě základních údajů) dobu, na kterou je uzavřena smlouva, a kdo je jejich vedoucím (zodpovědný zaměstnanec). Vybavení je vždy brigádníkům zapůjčeno na konkrétní dobu, přičemž některých často používaných pracovních pomůcek je k dispozici více kusů. Vybavení je rovněž členěno do několika kategorií (ochranné pomůcky / nářadí / elektrické nářadí).



Časová dotace: 60 min

## DB – Hotel

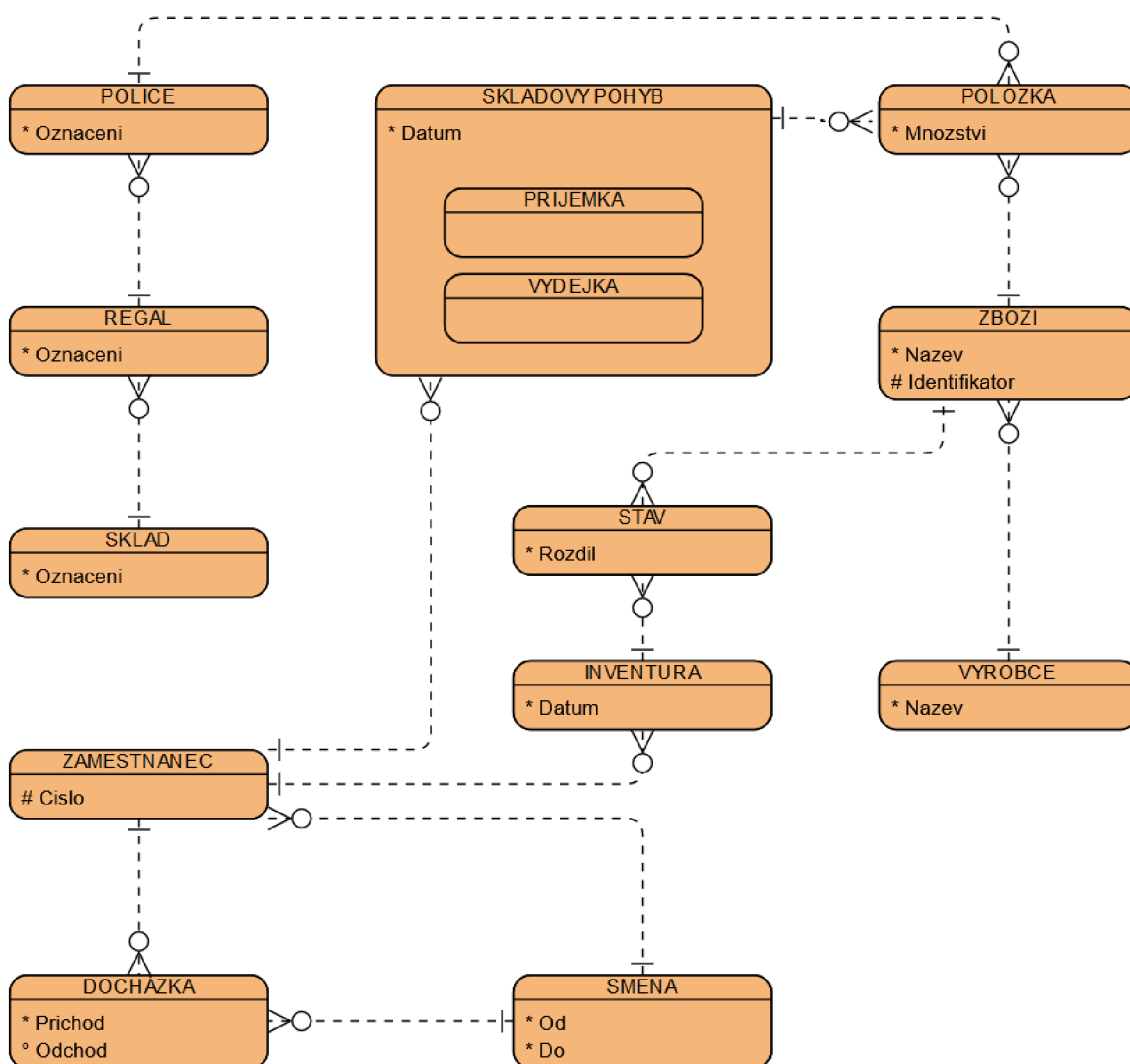
Vytvořte databázi pro rezervační systém hotelu „Zlatá Lípa“. Hotel nabízí ubytování pro turistickou i firemní klientelu. Firemním klientům nabízí k pronájmu také několik sálů (2 sály pro 20 osob, 1 sál pro 50 osob a 1 pro 100 osob). Tyto sály jsou klientům účtovány hodinovou sazbou, za zapůjčení zařízení (projektor, tabule, apod.) se platí zvlášť. Hotel nabízí jedno až čtyř lůžkové pokoje. Cena je stanovena vždy za pokoj za noc (bez ohledu na počet ubytovaných), avšak za každého ubytovaného je k ceně přičteno 200 Kč za snídani. Další jídla (obědy/večeře) je možno si dokoupit samostatně. U firemních pobytů je vždy určený jeden z recepčních hotelu jako kontaktní osoba pro firmu, který má celý pobyt/akci na starost.



Časová dotace: 60 min

## DB – Sklad

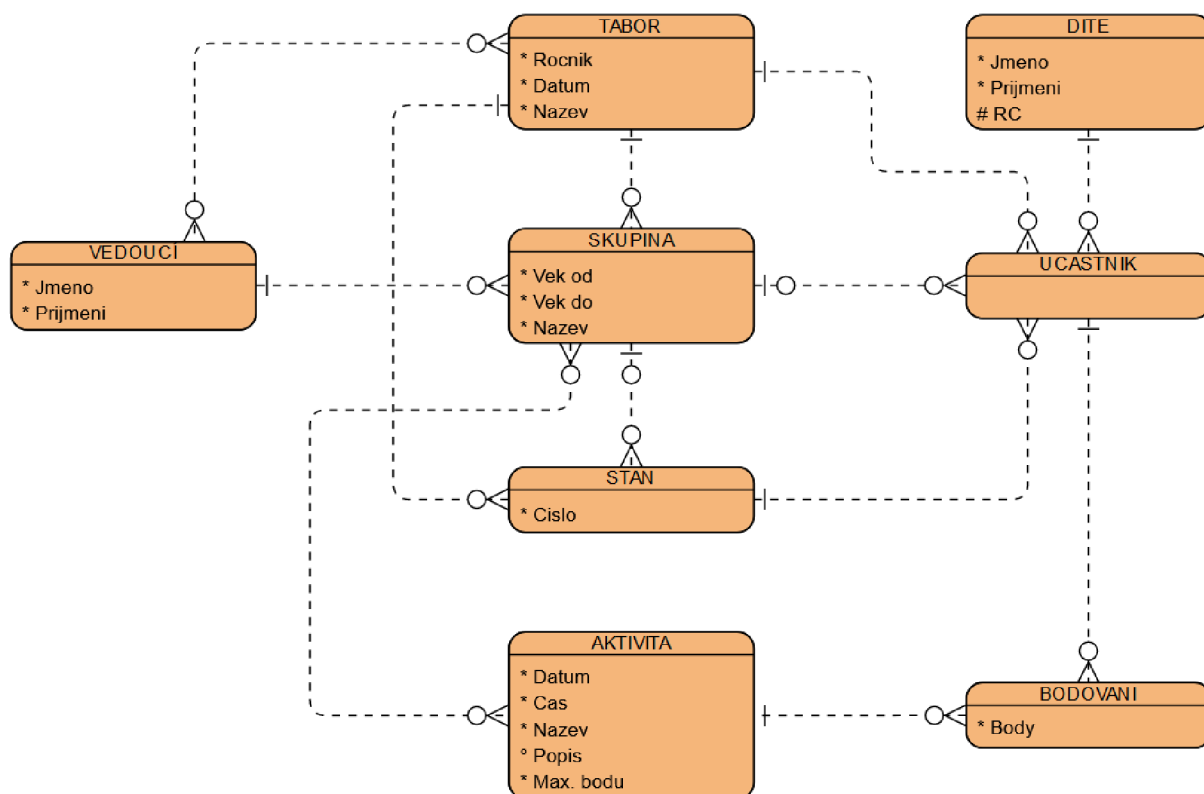
Vytvořte diagram pro databázi skladu. Sklad je rozdělen na číslování regály, regály jsou rozděleny na číslování police. Zboží je naskladňováno na základě elektronické příjemky, která obsahuje základní informace o zboží (název, výrobce, počet kusů) a vyskladňováno je na základě výdejky (stejně informace jako příjemka). Při přijetí je zboží uloženo do regálu a příjemka je potvrzena zaměstnancem, který příjem provedl. Obdobně při vydání zboží je na výdejku zaznamenán zaměstnanec, který zboží vydal. Na skladě probíhá každý měsíc inventura, kde se do inventárního protokolu zapíše rozdíly v počtu zboží (stav neodpovídající realitě) a jméno zaměstnance, který inventuru provedl. Zaměstnanci pracují na skladě na směnný provoz (6-14, 14-22, 22-6 hod) dle rozpisu. Zaměstnanci mají čipy a při příchodu a odchodu si „odpíchnou“ (čas příchodu a odchodu je zaznamenán).



Časová dotace: 60 min

## DB – Dětský tábor

Vytvořte diagram pro databázi účastníků letního tábora. Tábora se účastní děti 3 věkových skupin (6- 10let, 11- 14let, 15- 17let), kde každá skupina má vlastní program a zodpovědného vedoucího. Vedoucí připravuje aktivity pro svou skupinu na každý den (např. hry, výlety, úkoly, apod.). Každá aktivita má předem stanovený čas a maximální počet bodů, které může každý účastník ze skupiny za aktivitu získat. Ubytování na táboře je ve dvoulůžkových stanech s podsadou. Na konci tábora jsou vyhlášeni nejúspěšnější účastníci z každé skupiny a nejúspěšnější stan (součet bodů 2 účastníků z jednoho stanu).



Časová dotace: 60 min

#### Příloha 4 - Souhrnné výsledky testů a základní statistiky

Toto příloha obsahuje souhrnné výsledky standardních testů a výsledky testování modelovacích úloh (zjištěné strategie). *Výsledky jsou rozděleny na skupiny (viz Vzorek účastníků a průběh šetření)*. Dále jsou k dispozici základní statistiky. Data jsou v anonymizované podobě.

#### Výsledky standardizovaných testů

Student	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkový skór	Verbální	Numerická	Figurální
1S01	50%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S02	40%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S03	30%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S04	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S05	35%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S06	60%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S07	75%	-	-	-	-	-	-	-	-
1S08	30%	-	-	-	-	-	-	-	-

Student	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkový skór	Verbální	Numerická	Figurální
2S01	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
2S02	90%	-	-	-	-	-	-	-	-
2S03	75%	-	-	-	-	-	-	-	-
2S04	40%	-	-	-	-	-	-	-	-

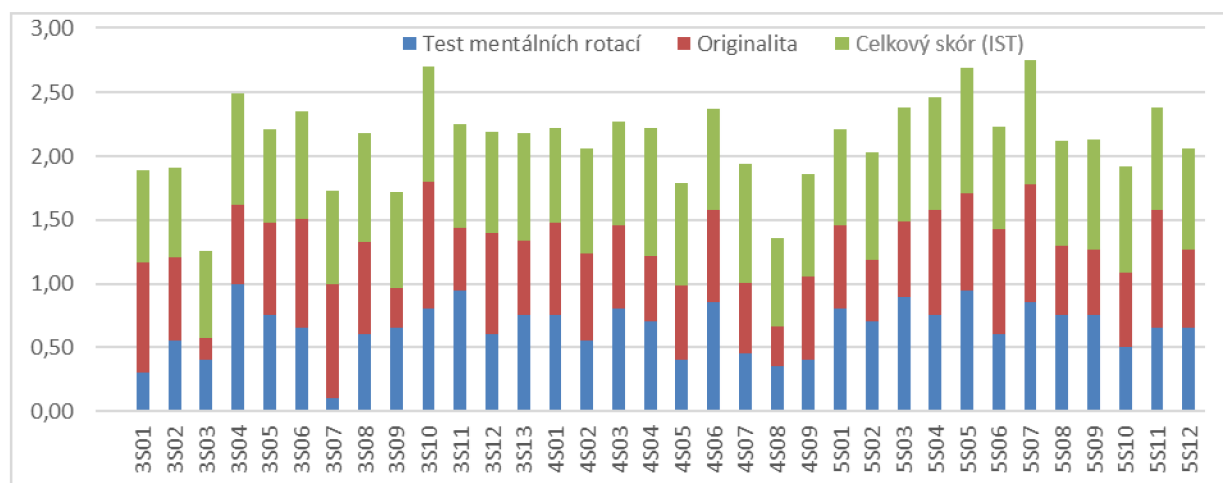
Student	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkový skór	Verbální	Numerická	Figurální
3S01	30%	8	6	25	2	102	114	100	94
3S02	55%	8	5	19	3	98	106	94	99
3S03	40%	2	4	5	2	96	101	96	94
3S04	100%	8	10	18	4	122	110	127	115
3S05	75%	7	8	21	4	103	114	96	100
3S06	65%	13	7	25	4	117	105	123	108
3S07	10%	11	8	26	5	103	120	105	92
3S08	60%	8	8	21	3	120	116	115	121
3S09	65%	4	6	9	3	106	118	108	86
3S10	80%	14	10	29	5	127	131	125	111
3S11	95%	8	10	14	3	115	116	110	111
3S12	60%	10	10	23	4	112	112	106	113
3S13	75%	7	10	17	4	118	106	123	111

Student	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkový skór	Verbální	Numerická	Figurální
4S01	75%	10	8	21	23	105	97	116	90
4S02	55%	9	7	20	13	115	120	118	94
4S03	80%	7	4	19	23	114	96	121	109
4S04	70%	7	5	15	9	140	135	138	128
4S05	40%	7	7	17	18	112	135	108	90
4S06	85%	11	8	21	15	112	127	96	113
4S07	45%	8	6	16	30	131	137	118	130
4S08	35%	4	4	9	15	97	83	101	106
4S09	40%	6	5	19	23	112	105	130	86



Student	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkové skóre	Verbální	Numerická	Figurální
5S01	80%	6	6	19	32	106	92	113	104
5S02	70%	6	4	14	17	118	118	117	108
5S03	90%	6	5	17	33	126	126	113	132
5S04	75%	11	8	24	27	124	130	128	106
5S05	95%	11	9	22	13	138	112	141	147
5S06	60%	10	6	24	16	113	89	121	115
5S07	85%	10	9	27	22	136	120	138	132
5S08	75%	7	5	16	17	115	114	117	102
5S09	75%	6	5	15	28	121	137	124	90
5S10	50%	5	4	17	25	116	122	109	113
5S11	65%	11	7	27	25	112	118	111	99
5S12	65%	8	5	18	16	111	112	101	117

	Test mentálních rotací	TTCT-Figural				IST 2000R			
		F	Fx	O	E	Celkové skóre	Verbální	Numerická	Figurální
<b>Průměr</b>	64,02%	8,06	6,74	19,09	14,29	115,09	114,53	114,91	107,82
<b>Prům. odchylka</b>	18,06%	2,02	1,74	4,10	8,69	8,40	10,53	10,09	11,36



## Výsledky modelovacích testů – použité strategie

Tabulky níže obsahují identifikované použité strategie při řešení modelovací úlohy (identifikace na základě záznamu úlohy nebo formuláře). Pokud je uveden symbol „?“, nepodařilo se strategii identifikovat. Pokud je mezi strategiemi uvedeno „+“, byla využita kombinace strategií. Pokud je mezi strategiemi uvedeno „/“ nese úloha znaky obou uvedených strategií (oproti „+“ se však jedná spíše o znaky než o využití celé strategie tak, jak je představena v Příloze 2). Úlohy, které studenti neřešili jsou proškrtnuty.

### Použité zkratky:

R = Rozdělení a panuj

I = Iterativní (cyklický přístup)

T = Important first (Top-Down)

J = Od jádra (Zleva doprava)

S = Skládání (Bottom-Up)

P = Pokus-omyl (Trial and Error)

Student	3D						Databáze			
	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
1S01	-	J	-	R	-	?	-	-	-	-
1S02	-	R	-	R	-	J/R	-	-	-	-
1S03	-	R	-	R	-	?	-	-	-	-
1S04	-	?	-	?	-	R	-	-	-	-
1S05	-	R	-	R	-	J	-	-	-	-
1S06	-	J	-	J	-	J	-	-	-	-
1S07	-	R	-	?	-	?	-	-	-	-
1S08	-	R	-	R	-	?	-	-	-	-

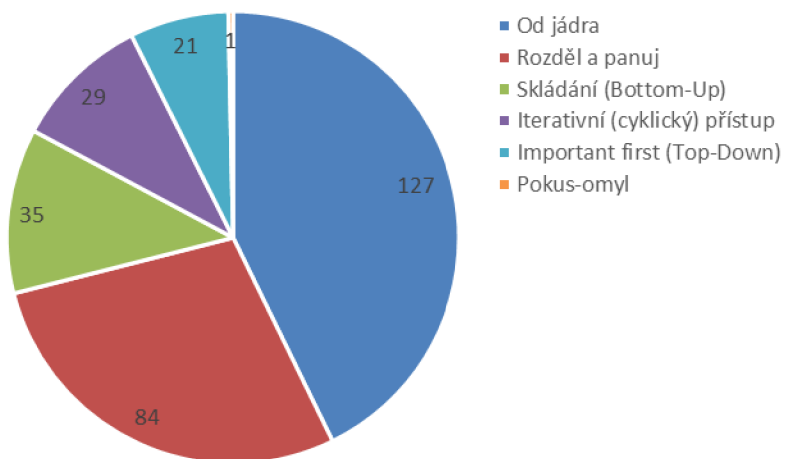
	3D					Databáze					
	Student	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
2S01	-	J	R	J	S	J	S	S	S	S	J
2S02	-	J	T	J	R	J	S	S	S	S	S
2S03	-	J+I	R	J	J/R	J	J/R	S	S	I	S
2S04	-	R	R	R	R	R	J	S	S	S	S

	3D					Databáze					
	Student	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
3S01	I	T	R	J	R	R	?	?	?	S+I	S+I
3S02	J	J	R	?	-	?	-	-	-	-	-
3S03	J	J	J	J	S	R+I	-	-	-	-	-
3S04	?	T	R	?	-	J	-	-	-	-	-
3S05	I	J	R	?	J	R	J	J	J	-	J
3S06	J	J	R	J	T	T/J	?	J	J	S	S
3S07	J	J	J	J	J	J	J	R	R	S	S
3S08	J	J	?	J	R+I	R+I	J	J	J	I	I
3S09	J	J	J	J	T	R	J	J	R	R	R
3S10	I	-	R	?	I	J	-	-	-	-	-
3S11	J	J	R/J	R	J	-	-	-	-	-	-
3S12	J	J	J	J	S	R	-	-	-	-	-
3S13	I	T	R	J	J	T/R	-	-	-	-	-

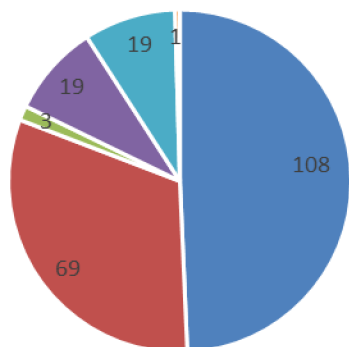
		3D					Databáze				
<b>Student</b>		<b>Hrací kostka</b>	<b>Krabička</b>	<b>Hrnek</b>	<b>Dvoudílná kostka</b>	<b>Držák telefonu</b>	<b>Parametrický dům</b>	<b>Inventář vybavení</b>	<b>Hotel</b>	<b>Sklad</b>	<b>Dětský tábor</b>
4S01	?	?	R	J	J	J	J	?	J	S	S
4S02	J	R	R	R	R	R	J	R	R	R	R
4S03	J	?	?	?	?	-	J	-	-	-	-
4S04	J	J	?	?	T	-	J	-	-	-	-
4S05	I	T	J	T	T	T	J	S+I	S+I	S+I	S+I
4S06	I	R	T/R	J	J	-	J	-	-	-	-
4S07	J	J	J	J	J	J	R	-	-	-	-
4S08	?	R	R	R	R	R/I	R+J	-	-	-	-
4S09	J	J	T	R	R	?	J	-	-	-	-

		3D					Databáze				
<b>Student</b>		<b>Hrací kostka</b>	<b>Krabička</b>	<b>Hrnek</b>	<b>Dvoudílná kostka</b>	<b>Držák telefonu</b>	<b>Parametrický dům</b>	<b>Inventář vybavení</b>	<b>Hotel</b>	<b>Sklad</b>	<b>Dětský tábor</b>
5S01	J	?	R/J	-	?	R+J	J	J	R	R/S	
5S02	?	R	?	P	?	?	-	-	-	-	
5S03	J	R	?	?	R	R	R	J	R	R	
5S04	I	-	R	J	-	J	-	-	-	-	
5S05	I	R	?	J	-	J	-	-	-	-	
5S06	J	J	J	J	T	T	J	J	T	T	
5S07	I	J+S	R	J	R	R+J	S	S	S	S+I	
5S08	I	?	R/J	?	J	J	J	R	R	R	
5S09	J	R	J	J	R	I	-	-	-	-	
5S10	J	J	J	J	R	T	-	-	-	-	
5S11	?	R	?	J	?	J	?	?	S	S	
5S12	I	R	T+I	J	J	T	-	-	-	-	

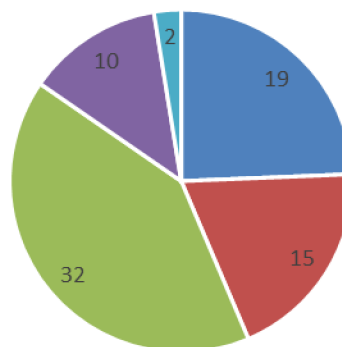
Expertní řešitel	3D						Databáze			
	Hrací kostka	Krabička	Hrnek	Dvoudílná kostka	Držák telefonu	Parametrický dům	Inventář vybavení	Hotel	Sklad	Dětský tábor
3DE1	T+I	J	T+I	J	T+I	J	-	-	-	-
3DE2	I	J	T	J	S	R+J	-	-	-	-
DBE1	-	-	-	-	-	-	R	J	I	S+I
DBE2	-	-	-	-	-	-	S	J	R+I	S+I
E3	T+I	J+I	T+I	J	T+I	R+J	R	J	R+I	S



Celkové zastoupení užitých strategií



V doméně 3D modelování



V doméně databází

