

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy

Disertační práce

Mgr. Lucie Bryndová

**Diagnostika rozvoje inforatického myšlení
na základních školách pomocí učebních úloh**

Olomouc 2024

vedoucí práce: prof. PhDr. Milan Klement, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně a uvedla jsem v ní veškerou literaturu a ostatní informační zdroje, které jsem použila.

V Olomouci dne 16. 5. 2024

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především svému školiteli prof. PhDr. Milanovi Klementovi, Ph.D. za jeho nepostradatelnou podporu, odborné vedení a inspirativní přístup během celého procesu psaní této disertační práce. Jeho rady, trpělivost a ochota pomoci byly pro mě nepostradatelné při formulaci a realizaci tohoto výzkumu. Bez jeho vedení by tato práce nebyla možná. Děkuji také své rodině a přátelům za jejich podporu, pochopení a trpělivost během tohoto náročného období.

Obsah

ÚVOD	7
1 MODERNÍ VÝUKA INFORMATIKY A KONCEPCE INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ.....	13
1.1 PROBLEMATIKA VYMEZENÍ TERMÍNU INFORMATICKÉ MYŠLENÍ A JEHO CHARAKTERISTIKA	15
1.2 HISTORIE DISKUSÍ O INFORMATICKÉM MYŠLENÍ V OBLASTI VZDĚLÁVÁNÍ	16
1.2.1 <i>Specifikace informatického myšlení pro účely vzdělávání z pohledu multidimenzionální koncepte</i>	20
1.2.2 <i>Výpočetní pojmy, postupy a perspektivy v kontextu informatického myšlení</i>	22
1.3 INFORMATICKÉ MYŠLENÍ JAKO CELOSVĚTOVÝ TREND KURIKULÁRNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ.....	26
1.3.1 <i>Přístupy k implementaci rozvoje informatického myšlení</i>	29
1.4 DÍLČÍ ZÁVĚR	31
2 KONCEPCE VÝUKY INFORMATIKY A ROZVOJ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V ČESKÉM PROSTŘEDÍ	32
2.1 HISTORIE VÝUKY INFORMATIKY A PŘÍBUZNÝCH PŘEDMĚTŮ V ČESKÉ REPUBLICE	33
2.2 VÝVOJ PŘÍSTUPU K INFORMATICKÉMU MYŠLENÍ V ČESKÉ LEGISLATIVĚ	34
2.3 SOUČASNÁ PODOBA INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V RÁMCI LEGISLATIVY V ČR.....	38
2.4 DÍLČÍ ZÁVĚR	40
3 OPERATIVNÍ VYMEZENÍ DIMENZÍ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V TEORETICKÉ A EMPIRICKÉ ANALÝZE	42
3.1 STANOVENÍ DIMENZÍ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V EVROPSKÉ LEGISLATIVĚ.....	42
3.2 DIMENZE INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V ČESKÉ LEGISLATIVĚ.....	45
3.3 PŘÍSTUP ČESKÝCH PEDAGOGŮ K INFORMATICKÉMU MYŠLENÍ A JEHO ROZVOJI S OHLEDEM NA DIMENZE INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ.....	49
3.3.1 <i>Metodologie realizovaného předvýzkumu</i>	50
3.3.2 <i>Ověření dimenzí informatického myšlení</i>	51
3.3.3 <i>Zastoupení dimenzí informatického myšlení ve výuce na základních školách v ČR.....</i>	54
3.3.4 <i>Dílčí závěr předvýzkumu</i>	63
3.4 OPERATIVNÍ VYMEZENÍ DIMENZÍ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ PRO ÚČELY DIAGNOSTICKÉHO NÁSTROJE	64
3.5 DÍLČÍ ZÁVĚR	67
4 DIAGNOSTIKA INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ POMOCÍ CÍLENÉHO TESTOVÁNÍ	69
4.1 TEORIE DIDAKTICKÝCH TESTŮ V KONTEXTU INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ.....	70
4.2 STANDARDIZACE TESTŮ A JEJÍ POŽADAVKY	71
4.3 TESTOVÁNÍ ROZVOJE INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE	72
4.4 TYPY TESTOVÁNÍ ÚROVNĚ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ ŽÁKŮ.....	74

4.5 MEZE TESTOVÁNÍ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ	76
4.6 DÍLČÍ ZÁVĚR.....	81
5 DESIGN TESTOVÝCH ÚLOH A METODOLOGIE OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ DIDAKTICKÉHO TESTU	83
5.1 TVORBA TESTOVÝCH ÚLOH.....	86
5.2 OVĚŘOVÁNÍ VLASTNOSTÍ DIDAKTICKÉHO TESTU	87
5.2.1 <i>Expertní posouzení dimenzí informatického myšlení v rámci navrhovaných úloh</i>	89
5.2.2 <i>Ověřování validity testových úloh a sestavení didaktického testu</i>	94
5.3 STANDARDIZACE PODMÍNEK TESTOVÁNÍ	97
5.4 METODOLOGIE ANALÝZY VLASTNOSTÍ TESTOVÝCH ÚLOH	99
5.5 TESTOVACÍ VZORKY JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ TESTU	102
5.5.1 <i>Testovací vzorek pro lehký test a ověřování vlastností lehkého souboru otázek</i>	104
5.5.2 <i>Testovací vzorek pro těžký test a ověřování vlastností těžkého souboru otázek</i>	106
5.5.3 <i>Testovací vzorek pro středně těžký test a ověřování vlastností finálního souboru otázek</i>	108
5.5.4 <i>Testovací vzorek plošného testování pro standardizaci testu</i>	112
5.6 STANDARDIZACE TESTU, NORMALITA DAT A POSOUZENÍ CELKOVÝCH VÝSLEDKŮ	113
5.6.1 <i>Statistické ověření normality dat</i>	115
5.6.2 <i>Percentilová škála</i>	119
5.6.3 <i>Stanovení z-skóre</i>	121
5.6.4 <i>Úroveň informatického myšlení u žáků a klasifikační standard pro didaktický test</i>	123
5.7 DÍLČÍ ZÁVĚR.....	125
6 ZJIŠŤOVÁNÍ SKUTEČNÉ ÚROVNĚ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ U ŽÁKŮ PÁTÝCH TŘÍD ZÁKLADNÍCH ŠKOL	128
6.1 STANOVENÍ VÝZKUMNÉHO PROBLÉMU, SPECIFIKACE VÝZKUMNÝCH CÍLŮ A FORMULACE HYPOTÉZ.....	129
6.2 ROZVOJ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ V KONTEXTU DÍLČÍCH SKUPIN TESTOVANÝCH.....	131
6.2.1 <i>Rozvoj informatického myšlení v závislosti na věku testovaných</i>	133
6.3 VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ A ÚROVNĚ ROZVOJE JEDNOTLIVÝCH DIMENZÍ INFORMATICKÉHO MYŠLENÍ.....	139
6.3.1 <i>Vliv genderu a věku žáků na rozvoj informatického myšlení v rámci jednotlivých dimenzí</i>	145
6.4 DÍLČÍ ZÁVĚR.....	148
7 DISKUSE	150
8 ZÁVĚR.....	154
POUŽITÉ TERMÍNY A ZKRATKY	158
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	160

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	166
SEZNAM TABULEK	168
SEZNAM PŘÍLOH	170
ANOTACE	171

Úvod

Informatické myšlení a jeho implementace do českého národního kurikula je v současnosti jednou z velkých výzev, kterou se pedagogická odborná veřejnost zabývá, a to nejen v souvislosti s velkou revizí rámcových vzdělávacích programů pro základní vzdělávání. V pedagogickém diskurzu informatické myšlení představuje soubor kognitivních schopností, dovedností a přístupů k analýze a řešení komplexního problému. V tuzemském prostředí představuje cílený rozvoj informatického myšlení zcela nový konstrukt, který mění vlastní podstatu dosavadního přístupu k obsahu informatických předmětů na základních školách, ale který národní kurikulum základního vzdělávání posouvá do nové kapitoly „moderní“ vzdělávací politiky, jenž reflektuje rapidní technologický vývoj lidské společnosti.

Rozvoj informatického myšlení byl do českého Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání zaveden v roce 2021¹, přičemž povinnost začít vyučovat na prvním stupni podle inovovaného školního vzdělávacího plánu nabyla platnosti 1. září 2023. Zavádění takových změn do kurikulárního systému však otevírá celou řadu otázek, které se týkají praktického zařazení rozvoje informatického myšlení u žáků do výuky. Mezi ně patří například materiální, ekonomická, nebo kvalifikační připravenost škol, metodiků, a i samotných pedagogů. V reakci na tuto potřebu byla v minulých letech v České republice realizována řada projektů², které se zabývaly právě vývojem metodik a dalších podpůrných materiálů pro rozvoj informatického myšlení a přípravou pedagogů na nadcházející revizi Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání. Ačkoliv byla příprava implementace rozvoje informatického myšlení žáků jedním z prioritních témat řešených Ministerstvem školství, jak je zjevné z dokumentů vzdělávacích politik poslední dekády³, samotná reflexe úrovně tohoto rozvoje u žáků zůstala v rámci tuzemských výzkumů poměrně podhodnocena. V současnosti v České republice proto nejsou k dispozici veřejné

¹ Viz stránky Národního konventu o vzdělávání spravované Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>).

² Mezi tyto projekty patřily například projekty PRIM (<http://www.imysleni.cz/>), Spomocník (<https://spomocnik.rvp.cz/>), Albus (<https://www.edu.cz/digitalizujeme/albus/>), nebo nově NPO 3.1 DIGI (<https://www.edu.cz/digitalizujeme/np1/>) zabývající se digitálními kompetencemi.

³ Viz Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2020 a Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ (<https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/strategie-2030>).

výsledky výzkumných aktivit zabývající se diagnostikou úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků a studentů základních ani středních škol.

Právě potřeba identifikovat, popsat, analyzovat a reflektovat pokrok rozvoje žáka, je jedním ze základních kamenů vzdělávacího procesu. I z tohoto důvodu je diagnostika rozvoje informatického myšlení u žáků jedním ze stěžejních témat světové odborné diskuse. Didaktické testování informatického myšlení přináší možnost popsat skutečný stav znalostí a dovedností žáka v této oblasti a umožňuje následně nastavit další postupy pro jeho rozvoj tak, aby byl využit celý jeho potenciál. Tento faktor představuje základní východisko této disertační práce, která reaguje na současný stav metodologie rozvoje informatického myšlení a zabývá se diagnostikou úrovně tohoto rozvoje na základních školách v České republice. V současnosti totiž neexistuje tuzemský standard, který by vymezoval kýžený rozvoj žáků v této oblasti, nebo nastavoval minimální úroveň rozvoje informatického myšlení, který by měl žák mít.

Koncepce informatického myšlení je nejednotná i napříč světovými kurikuly, s čímž souvisí i rozdílné přístupy k implementaci jeho cíleného rozvoje do škol. Absence uznávané exaktní definice vedla i v českém prostředí k řadě problémů s implementací tohoto způsobu myšlení do vzdělávacího procesu, a přestože v současnosti směřujeme k jasnějšímu vymezení informatického myšlení, stále jej obklopuje řada prekonceptů. Nabízí se tedy otázka, co přesně je tedy informatické myšlení v kontextu základního vzdělávání v České republice? Jak můžeme jeho rozvoj diagnostikovat a jaká je běžná úroveň informatické myšlení u žáků? Nalezení odpovědí na tyto otázky je zcela stěžejní pro další vývoj výuky informatiky na tuzemských základních školách.

Považujeme tedy za nutné analyzovat a popsat úroveň rozvoje informatického myšlení u žáků základních škol v České republice. K tomuto účelu je nutné vytvořit diagnostický nástroj, který bude tento rozvoj u žáků základních škol měřit. Následné výzkumné šetření na základních školách a jeho výsledky nabídnou první pohled na průměrnou úroveň rozvoje informatického myšlení u žáků v České republice. S tím souvisejícím výstupem je i vytvoření metodiky pro evaluaci informatického myšlení žáků a položení základu pro další případné pedagogické intervence.

Hlavním cílem disertační práce je tedy vytvoření diagnostického nástroje pro měření úrovně informatického myšlení, jeho standardizace a vymezení kritérií, které by měl splňovat žák u kterého je informatické myšlení dostatečně rozvinuto.

Pro toto řešení je nutné stanovit dílčí cíle, které budou zahrnovat jak teoretickou, tak výzkumnou rovinu řešení předloženého problému.

Dílčí cíle stanovujeme následující:

- **Popis současných přístupů ke koncepci informatického myšlení.**
Pomocí rešerše a analýzy prací a výzkumů zabývajících se informatickým myšlením stanovíme teoretická východiska pro jeho vymezení, které bude v průběhu práce jako základ pro pochopení širších souvislostí řešené problematiky. Řešení této problematiky a dosahování tohoto dílčího cíle je popsáno v kapitole 1 (Moderní výuka informatiky a koncepce informatického myšlení).
- **Vymezení současně používané koncepce informatického myšlení v rámci základního vzdělávání.**
K tomuto cíli dospějeme analýzou českých a zahraničních legislativních dokumentů, týkajících se implementace rozvoje informatického myšlení na základních školách. Zároveň se zaměříme na kontext tuzemského přístupu k výuce informatiky v průběhu historie, který vedl k implementaci rozvoje informatického myšlení do národního kurikula. Vymezení současné koncepce informatického myšlení a s tím i spojené dosahování tohoto dílčího cíle je popsáno v kapitole 2 (Koncepce výuky informatiky a rozvoj informatického myšlení v českém prostředí).
- **Vytvoření operativního vymezení informatického myšlení pro účely sestavení diagnostického nástroje.**
Zde se budeme zabývat stanovením konkrétních, měřitelných koncepčních složek informatického myšlení a dovedností, které by měl informaticky myslící žák mít, které mají základ v české kurikulární legislativě a pedagogické praxi. Právě z důvodu nutnosti propojení výzkumu s tzv. pedagogickou realitou (Trna, 2011), bude provedeno výzkumné šetření mezi učiteli informatiky, které povede k nastavení operativního vymezení informatického myšlení tak, aby se blížilo realitě českých škol. Teoretické podklady použitého přístupu k vymezení informatického myšlení, předvýzkum, který ověřoval, zda tato teoretická východiska odpovídají tuzemské pedagogické realitě a následné vymezení operativního vymezení informatického myšlení pro tento výzkum, jsou předmětem

kapitoly 3 (Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení v teoretické a empirické analýze).

- **Vytvoření vlastního diagnostického nástroje a ověření jeho vlastností a standardizace.**

Jako diagnostický nástroj volíme didaktický test s uzavřenými úlohami, jehož standardizace proběhne na základě vzájemného porovnání výkonů testovaných žáků z cílové testovací skupiny. Důvody pro výběr právě tohoto diagnostického nástroje, stejně jako kompletní metodologie, postup návrhu testových úloh, ověření vlastností sestaveného testu a následná standardizace, jsou rozepsány v kapitolách 4 (Diagnostika informatického myšlení pomocí cíleného testování) a 5 (Design testových úloh a metodologie ověření vlastností didaktického testu).

- **Celková deskripce stavu rozvoje informatického myšlení u cílené skupiny žáků základních škol.**

Výsledky získané pomocí výzkumného šetření realizovaného na základních školách budou vyhodnoceny a analyzovány, abychom dosáhli konkrétních závěrů o stavu rozvoje informatického myšlení u žáků a o funkcích diagnostického nástroje. Plnění tohoto cíle spočívá ve statistickém zpracování získaných dat a jejich interpretaci. Touto problematikou se bude zabývat kapitola 6 (Zjišťování skutečné úrovně informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol).

Jak z uvedených faktorů vyplývá, vzhledem k podstatě informatického myšlení a jeho rozvoje, je záběr této práce velmi široký a komplexní. Je nutné se zaměřit nejen na sestavení adekvátního diagnostického nástroje, ale zároveň je třeba vymezit informatické myšlení tak, aby jeho koncepce odpovídala pedagogické praxi. Vzhledem k tomu, že výzkum má za cíl přispět ke zvyšování kvality výuky, musíme v jeho designu přímo reagovat na současný stav rozvoje informatického myšlení na základních školách. K problematice bude proto přistupováno jako ke konstrukčnímu výzkumu (*design-based research*), který umožňuje vývoj řešení komplexních problémů v pedagogické praxi (Trna, 2011). **Vzhledem k míře složitosti tématu a výzkumu jsou zásadní shrnutí dílčích úkonů shrnuta v dílčích závěrech na konci každé významné části textu.**

Jak vyplývá z konkretizace dílčích cílů, v první části výzkumu se budeme zaměřovat na analýzu problematiky vymezení informatického myšlení, a to především v kontextu

vzdělávání. Následně na základě těchto poznatků vymezíme operativní definici informatického myšlení, kterou ověříme výzkumným šetřením mezi pedagogy informatiky. Tyto poznatky budou použity pro sestavení výzkumného nástroje, kterým bude didaktický test zaměřený na ověření úrovně rozvoje informatického myšlení. Jako výzkumnou skupinu jsme zvolili žáky pátých tříd. Páté třídy jsme jako hlavní výzkumný vzorek zvolili kvůli snaze o konzistenci dat a získání co nejširšího vzorku populace, který byl zároveň vzděláván dle stejné vzdělávací politiky. Tuzemský systém vzdělávání, který umožňuje přechod některých žáků z pátých tříd základních škol na gymnázia a další víceleté střední školy, by při testování starších žáků potenciálně zapříčinil nekonzistentnost vzorku. Zároveň v době počátku výzkumu probíhaly přípravy na revizi rámcových vzdělávacích plánů s novou vzdělávací oblastí Informatika s účinností od 1. září 2021. Zatím, co v nižších ročnících byla již nasazena Informatika podle nově zpracovaných osnov, dalo se předpokládat, že ve většině pátých tříd výuka stále probíhala dle původního RVP ZV (MŠMT, 2021a). Ostatní aspekty, které nás vedly k volbě této věkové skupiny, budou popsány v rámci kapitoly 5, která bude popisovat design měřicího nástroje včetně testovacího souboru.

V následujícím výzkumném šetření na základních školách v České republice ověříme vlastnosti vytvořeného didaktického testu a provedeme jeho následnou standardizaci. V rámci standardizace se budeme zabývat stanovením norem a objektivizací hodnocení výsledku studenta v testu, v jejichž rámci bude taktéž nastavena meze úspěšnosti, která exaktně určí hranici mezi minimálně úspěšným a neúspěšným žákem. Diskuse výsledků v následující kapitole a závěr práce se budou věnovat konkrétním zjištěním týkajících stavu rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol a produkci konstrukčních principů z poznatků získaných výzkumným šetřením.

Předložená dizertační práce je pojata jako snaha o konkretizaci tuzemské koncepce informatického myšlení a jeho rozvoje ve vzdělávání a návrh toho, jak je možné tento rozvoj evaluovat. Za hlavní předpokládaný přínos výzkumu považujeme vytvoření standardizovaného didaktického testu, tedy měřicího nástroje, kterým budeme možné evaluovat míru rozvoje informatického myšlení u individuálního žáka. Jak bylo zmíněno, v České republice nejsou v současné době vymezena exaktní kritéria, které by měl splňovat žák, u kterého je informatické myšlení dostatečně rozvinuto. Právě zmíněná objektivizace hodnocení a nastavení hodnotících škál pro vytvořený měřicí nástroj nám umožní stanovit první tuzemský standard informaticky myslícího žáka. Nabídneme tedy první veřejně

dostupný evaluační nástroj stavu rozvoje informatického myšlení u žáka páté třídy s metodikou, na jehož základě bude možné následně založit další pedagogickou intervenci.

Vzhledem k tomu, že vytvořený test bude po publikování práce veřejně k dispozici, může být zároveň považován za metodický nástroj sloužící k posouzení rozvoje žáků v oblasti informatického myšlení, stejně jako k evaluaci vlastní práce pedagoga. Dále předpokládáme, že výsledky taktéž přispějí ke komplexnímu popsání stavu rozvoje informatického myšlení v populaci těsně před kurikulární revizí a na jejím počátku. Naše závěry bude tedy možné použít jako podklad k případné studii vývoje úrovně informatického myšlení v populaci České republiky po uvedení kurikulární revize RVP ZV v platnost. Doufáme, že předložená práce bude přínosem jak pro pedagogickou teorii, která se v oblasti informatického myšlení dlouhodobě zabývá hledáním možných přístupů k jeho koncepci a rozvoji, tak pro pedagogickou praxi, které se pokusíme nabídnout konkrétní výstupy, které mohou být od žáků v této oblasti očekávané.

1 Moderní výuka informatiky a koncepce informatického myšlení

Výuka informatiky a příbuzných informatických předmětů se v moderní společnosti stává jednou ze stěžejních součástí moderního vzdělávacího systému. Význam tohoto vzdělávání je na globálním měřítku srovnatelný s předměty rozvíjejícími základní klíčové kompetence (NÚV, 2011⁴ a MŠMT, 2022⁵), které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě (Lessner, 2014). Rápidní rozvoj digitálních a výpočetních technologií, globální rozšíření telekomunikační infrastruktury a její dostupnost, modernizace a automatizace průmyslu a další aspekty tzv. „informatizace společnosti,“ ovlivňují v současnosti všechny aspekty společenského života (Gates, 1997; Tapscott, 1998).

V reakci na tento vývojový trend bylo v oblasti pedagogiky experty na vzdělávání otevřeno téma cíleného rozvoje kompetencí, které se pojí k využívání a ovládnutí moderních informačních a komunikačních technologií (Perlis, 1962; Wing, 2006; CSTA&ISTE, 2011; Evropská komise, 2020). V současné době je prioritou vzdělávání v oblasti informatiky právě zavádění takové výuky, která směřuje k rozvoji schopností aktivního a kreativního využívání moderních informačních a komunikačních technologií (MŠMT, 2021b). Tyto schopnosti mají umožnit žákům využít celkový potenciál moderních technologií k řešení problémů a automatizaci konkrétních procesů, a rozvinout u nich schopnost adaptace na technologie, které teprve budou do společnosti v budoucnu implementovány (Wing, 2006; MŠMT, 2014b).

Základní premisou pro zapojení cíleného rozvoje informatického myšlení v podmínkách základního vzdělávání (primární a nižší sekundární stupeň vzdělávání) je skutečnost, že v rámci soudobých společenských potřeb je nutné koncipovat výuku tak, aby rozvíjela ty kompetence, které nebudou směřovat k pouhému používání informačních technologií na pasivní, uživatelské úrovni (CSTA&ISTE, 2011; Rambousek, 2013) Je třeba zajistit, aby se absolventovi nabídla možnost konkurenceschopnosti v moderní společnosti charakterizované neustálým rozvojem technologií, a to zejména v oblasti

⁴ Viz *stručné vymezení digitální gramotnosti a informatického myšlení*, Dostupné z: <https://archiv-nuv.npi.cz/t/strucne-vymezeni-digitalni-gramotnosti-a-informatickeho.html>

⁵ Viz Klíčové kompetence v základním vzdělávání, Dostupné z: <https://www.msmt.cz/file/58196/>

informatiky a digitálních technologií, kde stoupající nároky na obsluhu nových zařízení a aplikací ovlivňují trh vysokou rychlostí (NÚV, 2018; MŠMT, 2014b).

Potřeba integrace rozvoje inforatických a digitálních kompetencí do základního vzdělávání je dlouhodobě považována za jednu z hlavních priorit vzdělávání v Evropě i mimo ni (Evropská komise, 2020; Ala-Mutka et al., 2008). Přesun zájmů národních kurikul k integraci principů takové výuky, která povede žáky k aktivnímu využití digitálních a informačních technologií, a ne k pouhému konzumování digitálního obsahu, je tedy v současné době hlavní strategií vzdělávacích politik po celém světě, spolu s rozvojem klíčových kompetencí jako jsou kritické a tvůrčí myšlení a dalších schopností efektivně řešit problémy. V tomto kontextu se stále častěji objevuje termín „inforatické myšlení“ z anglického „*computational thinking*.“ Tato koncepce, která nabyla světového významu v minulém desetiletí (Lessner, 2014), reflektuje potřebu adaptace lidské populace na novou technologickou éru založenou na integraci informačních technologií do všech oblastí života.

Inforatické myšlení představuje novou klíčovou dovednost porozumění a schopnosti využívání postupů, principů a metod k řešení problému. Využívá k tomu postupy a koncepty, které jsou známé právě z moderních výpočetních, či digitálních technologií. Jde o způsob přístupu k problému bez ohledu na jeho komplexitu, či nejasnost, o schopnost tento problém analyzovat, syntetizovat, či zobecnit, a následně jej efektivně řešit pomocí konkrétní strategie, a dále pak o schopnost toto řešení zaznamenat srozumitelným a univerzálním způsobem, který umožňuje strojové řešení tohoto problému. Někteří autoři dokonce inforatické myšlení vymezují jako „*schopnost myslet jako inforatick*“ (Wing, 2006).

Problematika zavedení cíleného rozvoje inforatického myšlení do národních kurikul je poslední desetiletí akcentovaným tématem mezi odborníky, kteří již řadu let zabývají možnostmi změn celkové koncepce výuky v rámci základního vzdělávání tak, aby odpovídalo nárokům kladeným na jedince moderní digitální společnosti. Od roku 2006, kdy Jeannette Marie Wingová poprvé představila své vymezení inforatického myšlení, byla tato problematika diskuzí na řadě summitů, stala se klíčovým vzdělávacím cílem mnoha organizací a federací (WSIS, ACM, IFIP, EC). Obzvláště v zahraničí se stala hlavním trendem klíčových kurikulárních revizích, které se datují až k roku 2012 (The Royal Society, 2012).

1.1 Problematika vymezení termínu informatické myšlení a jeho charakteristika

Informatické myšlení a jeho implementace v podmínkách vzdělávání je v současnosti jedním z nejvíce diskutovaných pojmů v rámci didaktiky informatiky, a to v tuzemském i mezinárodním kontextu. Ačkoliv prozatím ani přední odborníci nedosáhli jednotného konsenzu, který by vymezil jednotný koncept informatického myšlení, je nutné jej chápat jako jeden z nejvýznamnějších diskurzů moderní didaktiky informatiky. Informatické myšlení v praktické aplikaci do výuky zaujímá podobně významné místo jako kritické myšlení, nebo jakákoliv další forma klíčové kompetence, kterou by měl absolvent základního vzdělávání disponovat.

Koncepce informatického myšlení stejně jako potřeba jeho adresování v rámci základního vzdělávání, vychází z neustále se zrychlujícího technologického rozvoje, který přinesl mnoho radikálních změn ve všech oblastech života a ovlivnil fungování společnosti v jejím samotném principu. Rozšiřující se dosah digitálního prostoru a technologické inovace vedoucí k modernizaci průmyslu, obchodu a běžného života daly vzniknout v rámci vzdělávání množství nových pojmů souvisejících s digitálními a informačními technologiemi a jejich aplikacemi. Jedním z nich bylo právě informatické myšlení, které v roce 2006 představila Jeanette Wingová v té době vizionářským článkem *Computational Thinking* (Wing, 2006).

Z obecného pohledu je informatické myšlení chápáno jako kognitivní schopnost systematicky řešit problém (Zapata et al., 2021) a zároveň schopnost převést tento problém do strojového řešení, nebo do řešení, které je teoreticky možné zpracovat pomocí výpočetních zařízení. Jedná se tedy o způsob řešení problému, který se zaměřuje na jeho popis, analýzu a nalezení efektivního způsobu řešení s důrazem na systematický přístup a využití pojmů známých v oblasti informatiky. Nejde však o koncepci, která by se omezovala pouze na řešení problémů v oblasti výpočetní techniky, nebo informatiky, ale o myšlenkový proces abstrakce problémů aplikovatelný na širokou škálu systémů a procesů. (The Royal Society, 2012; Yadav et al., 2014)

Ve svém základním paradigmatu tedy rozvoj informatického myšlení reaguje na soubor požadavků, které na moderního člověka klade akcelerující vývoj výpočetních technologií, a to nejen na trhu práce, který v současnosti prochází globální automatizací,

ale i v běžném životě do kterého moderní digitální a výpočetní technologie nezpochybnitelně zasahují. V tomto kontextu představuje informatické myšlení určitou prerekvizitu k programování, tedy procesu návrhu a řešení problému pomocí výpočetní techniky ke spustitelnému počítačovému programu. Tato dovednost se stává nutností na pracovním trhu, a to v širokém spektru odvětví, ale zároveň pomáhá i ke konstruktivnímu využití moderních technologií a pochopení jejich principiální funkce. Někteří autoři považují rozvoj informatického myšlení dokonce za nutnou přípravu k adaptaci na technologie, které budou do moderní společnosti teprve implementovány (CSTA&ISTE, 2011). Cílený rozvoj informatického myšlení přispívá tedy k celostnímu rozvoji žáků či studentů s přesahem do rozvoje jejich digitálních kompetencí.

Na základě zmíněných východisek je tedy možné říct, že informatické myšlení lze chápat jako obecný soubor schopností, dovedností a přístupů, které se zaměřují na popis problému, jeho analýzu a hledání efektivních řešení. Konkretizace tohoto konceptu a jeho implementace ve vzdělávání, s ohledem na stanovení konkrétních vzdělávacích oblastí a měřitelných vzdělávacích cílů, je předmětem stále probíhajících diskusí v tuzemsku, i v zahraničí.

Komplexita problematiky a vlastní vymezení samotné podstaty konceptu informatického myšlení je dokladovatelné už i v rámci geneze jeho vzniku a vývoje, který je charakteristický různorodostí různých pohledů a přístupů k tomuto pojmu. Tyto diskuse, otevírají prostor pro mnoho spekulativních výkladů tohoto pojmu, který tak není doposud pevně zakotven. Ukazují také širí záběr související problematiky, která s možností praktické aplikace do vzdělávání souvisí. Abychom mohli tuto širí záběr postihnout, popíšeme v dalším textu genezi vývoje pojmu informatické myšlení, a to v kontextu stále probíhající odborné diskuse.

1.2 Historie diskusí o informatickém myšlení v oblasti vzdělávání

Od roku 2006, kdy Jeanette Wingová představila svou koncepci informatického myšlení s návazností na vzdělávání, se implementace jeho rozvoje do národních kurikul a vzdělávacích osnov stala, podobně jako začlenění programování, indikátorem vyspělého vzdělávacího systému (Bryndová, 2021a). Přesto, že je konkrétní definice termínu informatického myšlení stále předmětem diskusí (Zapata et al., 2021), ohledně nezbytné nutnosti jeho implementace do národních kurikul pro základní vzdělávání, naopak panuje obecný konsenzus.

Přes svou nezpochybnitelnou roli v popularizaci informatického myšlení, Jeanette Wingová nebyla první autorkou, který tento termín (resp. jeho anglický originál „*computational thinking*“) použila. V kontextu vzdělávání na základních školách se termín informatické myšlení s největší pravděpodobností poprvé objevil v roce 1980 v monografii Seymoura Paperta *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, v rámci kapitoly týkající se budoucnosti využití počítačů ve vzdělávání. V Papertově vymezení informatické myšlení představovalo koncept konstruktivistického procesu učení a výsledek propojení moderní technologie a se sociálně-afektivní stránkou vzdělávání (Papert, 1980; Lodi, 2021). Předpokládal, že díky akcelerujícímu technickému pokroku bude počítač v budoucnu důležitým nástrojem mezilidské komunikace, a tedy i sociálních vztahů, a bude ovlivňovat všechny sociální prostředí včetně vzdělávacích. „Informatické myšlení“ z jeho pohledu pak vyjadřovalo univerzálnost integrace technologií do moderního sociálního života, včetně procesu učení (Papert, 1980).

Tendence směřování výuky informatiky k plošné integraci cíleného rozvoje schopností žáků, které se pojí k aktivnímu využívání výpočetních technologií, nejsou tedy pouze záležitostí posledního desetiletí. Již v roce 1962 Alan Perlis, držitel ceny A. M. Turinga za významný technický přínos v oboru informatiky, tvrdil, že v rámci vysokoškolského vzdělávání na veřejných univerzitách by si studenti měli osvojit základy programování, respektive výpočetní postupy řešení a zkoumání problému (Perlis, 1962).

Perlis predikoval, že automatizace procesů a strojová řešení se brzy stanou základními součástmi společnosti a předpokládal, že programování v rámci studia pomůže absolventům pochopit „výpočetní teorii,“ kterou následně budou moci aplikovat i v možném strojovém řešení v dalších příbuzných oborech jako je matematika, nebo ekonomie (Perlis, 1962). Jeho úvaha se ukázala nejen jako správná, vzhledem k nezpochybnitelnému impaktu, které mají moderní výpočetní technologie na moderní společnost a průmysl, ale zároveň se v mnoha místech shoduje se základními východisky rozvoje koncepce, kterou dnes označujeme jako informatické myšlení.

Sama Jeanette Wingová ve svém prvním vymezení popisovala informatické myšlení jako „základní dovednost pro každého, nejen pro informatiky“ (Wing, 2006, str. 33), tedy jako určitou klíčovou schopnost s mezioborovým využitím. Její původní vymezení však představovalo informatické myšlení ve velmi vágní, hypotetické rovině. Tento problém přetrvával i po pokusu o konkretizaci koncepce informatického myšlení v rámci článku

Computational Thinking, kde jej Wingová striktně oddělila od programování. Informatické myšlení tehdy vyzdvihovala jako formu heuristické metody k řešení komplexních problémů s důrazem na zapojení abstrakce. V následujících letech (2008, 2011) článek několikrát revidovala ve snaze o nalezení operativní definice informatického myšlení. Ve verzi z roku 2011 poprvé zmínila informatické myšlení v kontextu řešení problému takovým způsobem, aby jej bylo možné strojově zpracovat (Wing, 2011). V té době však bylo informatické myšlení již předmětem široké akademické a legislativní diskuse (Zhong, 2016).

Pro Evropské kurikulární dokumenty bylo pravděpodobně nejvýznamnější vymezení *Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education* ze stejného roku vypracované pro Evropskou komisi organizacemi *Computer Science Teachers Association (CSTA)* a *International Society for Technology in Education (ISTE)* na základě průzkumu mezi 700 experty. Samotné informatické myšlení tato operativní definice shrnuje jako způsob myšlení, který se zaměřuje na popis problému, jeho analýzu a hledání efektivních řešení. V rámci tohoto článku se také poprvé objevilo šest hlavních schopností a dovedností, které tvoří základ informatického myšlení a pět vlastností a postojů, které se ke koncepci informatického myšlení pojí, ale nejsou definitivní.

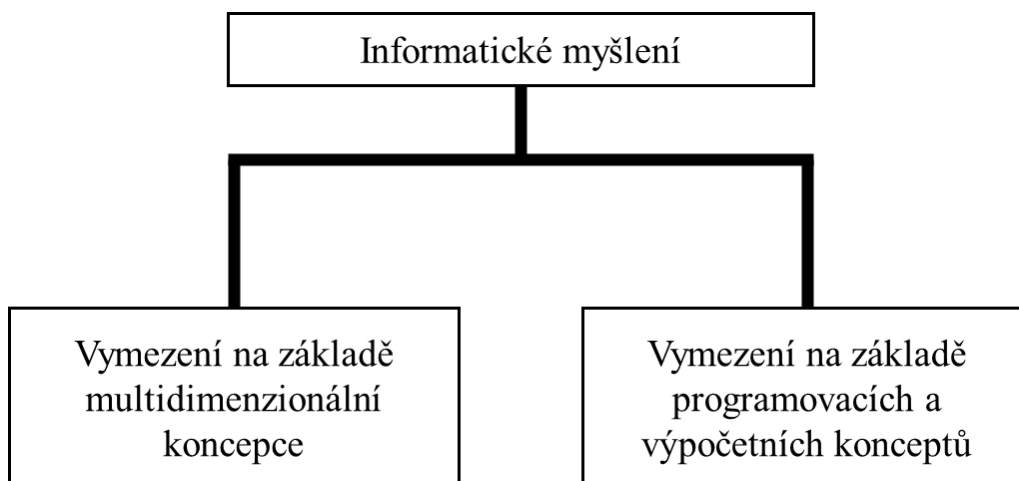
Jako stěžejní charakteristiky informatického myšlení, ze kterých vychází schopnosti a dovednosti informaticky myslícího žáka originální dokument CSTA&ISTE (2011) uváděl:

- „*formulování problémů způsobem, který nám umožní využít počítač a další nástroje k jejich řešení,*
- *logické uspořádání a analýza dat,*
- *reprezentace dat pomocí abstrakcí, jako jsou modely a simulace,*
- *automatizace řešení pomocí algoritmického myšlení (řada uspořádaných kroků),*
- *identifikace, analýza a implementace možných řešení s cílem dosáhnout co nejlepšího výsledku,*
- *efektivní a účinné kombinace kroků a zdrojů,*
- *zobecnění a přenesení tohoto procesu řešení problémů na širokou škálu problémů”* (CSTA&ISTE, 2011, vlastní překlad).

Přesto bylo i toto vymezení pro praktickou implementaci rozvoje informatického myšlení do základního vzdělávání příliš vágní a nenabízelo konkrétní a exaktně měřitelné výstupy, ke kterým by měla výuka na školách směřovat.

Pro praktickou implementaci cíleného rozvoje informatického myšlení do kurikul je však konkretizace konceptu takovým způsobem, aby bylo možné na jeho základě vypracovat rámcové vzdělávací plány a profily jejich absolventa, zcela stěžejní. Tato situace vedla ke značnému množství různých pokusů o specifikaci informatického myšlení, které si kladly za cíl zúžení této abstraktní koncepce takovým způsobem, aby bylo možné ji použít pro tvorbu exaktních vzdělávacích cílů.

Obecně se lze v současnosti setkat se dvěma způsoby konkretizace koncepce informatického myšlení pro kurikulární a pedagogické účely, které vymaňují informatické myšlení z jeho původní „široké“ definice, kdy je popsáno jako „*myšlenkový proces směřující k řešení problému tak, jako by jej řešil informatik*“ (Wing, 2006). První přístup se zaměřuje právě na zmíněnou operativní definici CSTA&ISTE, na jejímž základě mnozí autoři vymezují soubor konkrétních oblastí a praktik, nebo dimenzí (domén), které se k informatickému myšlení pojí. Druhý přístup pracuje s definicemi vázanými na konkrétní platné vzdělávací a kurikulární rámce, ze kterých vymezuje rozvíjené oblasti informatického myšlení tak, aby odpovídaly nárokům vzdělávacích politik daného státu (Román-González et al., 2017a). Následující obrázek 1.1 ilustruje dělení těchto přístupů k informatickému myšlení podle Tang (2020).



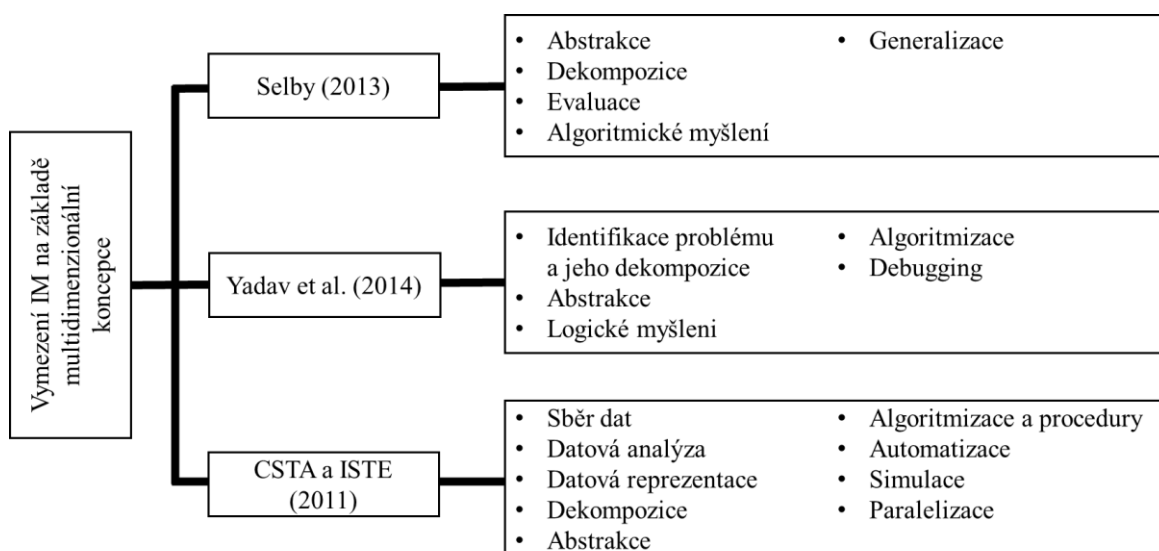
Obrázek 1.1 Vymezení přístupu k informatickému myšlení dle Tang (2020)

Vzhledem ke stále probíhajícím diskusím, které se týkají vymezení informatického myšlení v kontextu vzdělávání, považujeme za nutné tyto základní přístupy a jejich nejvýznamnější autory alespoň částečně popsat, a shrnout tak možné specifikace informatického myšlení pro potřeby implementace rozvoje tohoto konceptu do školní praxe.

1.2.1 Specifikace informatického myšlení pro účely vzdělávání z pohledu multidimenzionální koncepce

Multidimenzionální koncepce informatického myšlení přistupuje k informatickému myšlení jako k souboru dílčích informatických konceptů a charakteristicky vychází z dokumentu CSTA&ISTE. Tento přístup je založen na zjednodušení a redukci původních bodů popisovaných v rámci navrhované operativní definice na základní prvky, nebo dimenze (někdy přeloženo jako „domény“, Klement, Dragon, Bryndová, 2023) informatického myšlení. Vzhledem k tomu, že jde o jeden z nejpopulárnějších přístupů k vymezení informatického myšlení pro kurikulární účely v Evropě (Bocconi et al., 2022), nelze v současné době v kontextu vzdělávání k informatickému myšlení přistupovat právě bez analýzy dimenzí.

Multidimenzionální koncepce informatického myšlení pracuje se schematickou podobou jeho stěžejních charakteristik. Nejčastěji jsou tyto dimenze simplifikovány jako schopnosti algoritmické myšlení, dekompozice, zobecňování, evaluace a abstrakce (Angeli, 2016), případně ladění (ITIL, 2012). Popularitu těchto konkretizovaných vymezení dokazuje i pozdější rozšíření dokumentu v roce 2016 takovým způsobem, aby zdůrazňoval složky abstrakce, automatizace a analýzy (CSTA&ISTE, 2016). Multidimenzionální koncepci doplněnou o nejdůležitější autory a jejich specifická vymezení ilustruje následující obrázek 1.2.



Obrázek 1.2 Multidimenzionální koncepce informatického myšlení dle Tang (2020)

Je nutné poznamenat, že podobné tendence se objevují napříč prakticky všemi evropskými kurikuly, bez ohledu na přístup k vymezení informatického myšlení v rámci individuálního kurikula (Bocconi et al., 2016; Klement, Dragon, Bryndová, 2023). Někteří autoři dokonce uvádí, že se objevil konsenzus ohledně základních prvků informatického myšlení mezi odborníky zabývajícími se jak vysokoškolským vzděláváním, tak základními školami, a dokonce i výzkumem v oblasti technologií. Dle jejich zjištění více než 82 % z 697 respondentů souhlasilo nebo rozhodně souhlasilo, že základními prvky informatického myšlení jsou právě abstrakce a algoritmické myšlení (Barr et al., 2011).

Sondakh (2017) toto zjištění potvrzuje a uvádí, že abstrakce a algoritmizace⁶ jsou nejčastěji hodnocenými dimenzemi informatického myšlení v rámci testování na vysokých školách. Zejména algoritmické myšlení, zaujímá v celkové koncepci informatického myšlení stabilní místo. Někteří autoři dokonce algoritmické myšlení považují za „jádro“ myšlení informatického (Yadav et al., 2017).

Právě pro účely hodnocení rozvoje informatického myšlení má určení jeho konkrétních dimenzí nezpochybnitelný význam. Přesto, že informatické myšlení do dnešního dne prochází diskusemi, rozeznáváme napříč kurikulárními systémy podobné tendence. Při vymezování informatického myšlení kurikulární legislativy dochází ke shodě obzvláště v oblasti jeho složek, či dimenzí. Stanovení těchto dimenzí je nutností pro praktickou implementaci do výuky, stanovení jejich didaktických cílů, které jsou měřitelné, realizovatelné, akceptovatelné, reálné, termínované, a stejně tak pro následující evaluaci této implementace (MŠMT, 2014a).

V průběhu implementace cíleného rozvoje informatického myšlení do národních kurikul po celém světě se staly dimenze informatického myšlení jednou z jeho základních charakteristik. Právě z důvodu nezpochybnitelnému vlivu, který má multidimenzionální koncepce informatického myšlení na vzdělávací politiku v tuzemsku i ve světě, považujeme v současnosti toto vymezení informatického myšlení za nejdominantnější formu jeho vymezení. Není však možné opomenout i další přístupy, které nabízí neméně zajímavý

⁶ Sondakh a někteří další autoři algoritmické myšlení (angl. *algorithmic thinking*) označují jako „*algorithmization*“, tedy algoritmizace. Zatím, co algoritmické myšlení se objevuje nejčastěji v kontextu informatického myšlení a má u většiny autorů stejné vymezení: způsob, jak dospět k řešení prostřednictvím jasně vymezení potřebných kroků, algoritmizace představuje termín z široké škály oborů a představuje spíše proces tvorby programu pro řešení nějakého problému. Budeme proto pro tuto dimenzi informatického myšlení používat název algoritmické myšlení, pokud specifický autor neuvádí jiný termín.

pohled na koncepci informatického myšlení, které pracují se zahrnutím výpočetních pojmů, postupů a perspektiv (z angl. „*computational practices, and perspectives concepts*“, Brennan a Resnick, 2012), do samotného základu této koncepce. V následující části textu proto popíšeme základní přístupy ke konkretizaci informatického myšlení pro účely vzdělávání a diagnostiky jeho rozvoje.

1.2.2 Výpočetní pojmy, postupy a perspektivy v kontextu informatického myšlení

Přesto, že jde o nejrozšířenější přístup, dokument CSTA&ISTE není jediným používaným zdrojem pro vymezení koncepce informatického myšlení. Někteří autoři se, obzvláště v kontextu standardizovaného testování do roku 2020, přikláněli ke starším koncepcím, které nabízely jednoznačnější evaluační standardy (Cheng, 2019). Mezi populární přístupy, které se věnují rozvoji informatického myšlení u žáků základních škol tzv. 3D rámec, popsany Brennanem a Resnickem v roce 2012.

3D rámec je charakteristický pro dělení schopností a dovedností, které jsou součástí aplikovaného informatického na tři hlavní oblasti, kterými jsou výpočetní pojmy, postupy, a perspektivy. Tyto oblasti jsou následně doplněny o podrobné informatické a programovací koncepty, které musí být informaticky myslící jedinec být schopen využívat. Představuje tedy přístup i k informatickému myšlení jako ke konceptu řešení problému spojenému s programováním a výpočty (Bocconi et al., 2022).

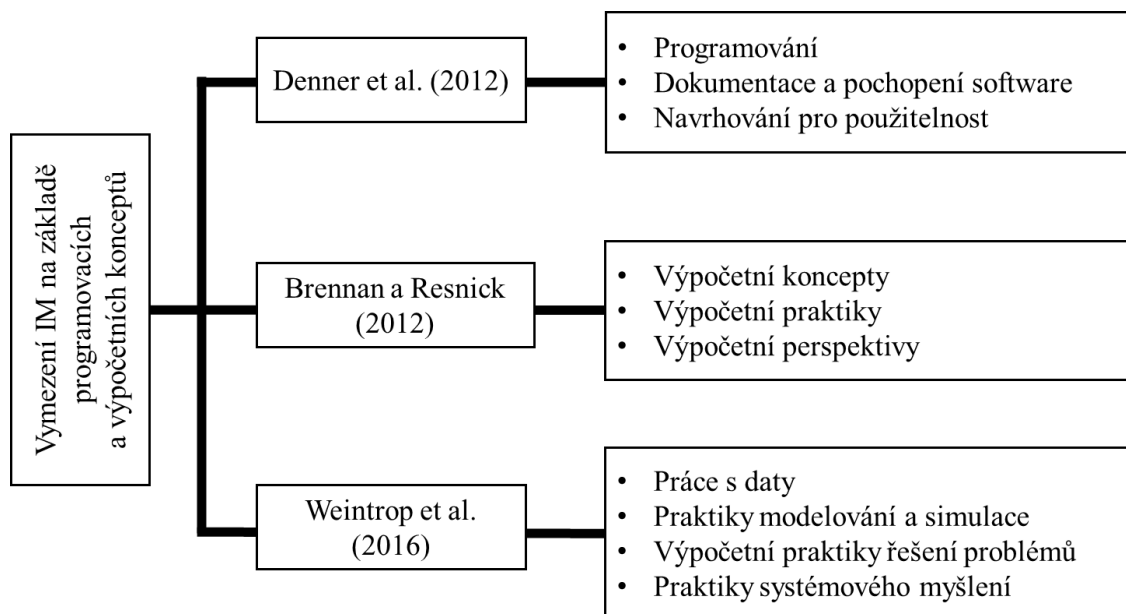
Tento přístup typicky dělí informatické myšlení na složky podle zavedených výpočetních pojmů, postupů a perspektiv. Bocconi et al. (2022) tyto složky v rámci evropských kurikul shrnují jako algoritmické myšlení, algoritmický design, automatizace, Booleova logika, výpočetní metody, počítačové modelování, podmínky, datové typy, události, funkce, iterace, smyčky (opakování), modularizace, paralelizace, sekvenování, testování a ladění, řetězce (paralelní řešení).

Originální 3D rámec byl vyvíjen aplikovaně při výuce žáků základní školy za použití programovacího prostředí Scratch, a je tedy plně vázán na využití programování a do určité míry i na jednotné programovací prostředí. Tuto koncepci je však možné adaptovat i pro potřeby obecného rozvoje informatického myšlení, vzhledem k tomu, že popisuje univerzální jevy, které jsou s ohledem na informatické myšlení s významnou frekvencí zmiňovány.

Jako složky 3D rámce Brennan a Resnick (2012) vymezují:

- Výpočetní pojmy: jsou dle nich základní termíny, které žáci používají při programování, nebo v praxi zaměřené na výpočetní techniku, jako je algoritmus, dekompozice, program, paralelismus, nebo zobecňování vzorů. Je nepochybné, že znalost klíčové terminologie je nezbytná pro pochopení základních principů tvorby programů a funkcí a limitů výpočetní techniky. Základ výuky výpočetních pojmů na základních a středních školách rámcově odpovídá i vymezením v dokumentech CSTA&ISTE. V českém prostředí se programátorskou terminologií zabývalo i MŠMT v původním doporučení široce vymezujícím koncepci infromatického myšlení.
- Výpočetní postupy: dle Brennana a Resnicka (2012) výpočetní postupy představují skutečné postupy, které si studenti osvojují při setkávání s koncepty infromatického myšlení a jejich používání. Patří sem sběr a třídění dat, navrhování a remixování výpočetních modelů, ladění simulací, dokumentování vlastní práce a společné rozkládání složitých problémů na potřebné části. Opět můžeme najít paralely k těmto konceptům v dokumentu CSTA&ISTE jako je optimalizace, zobecňování, nebo evaluace. Je předmětem diskuse, zda je pod výpočetní pojem, nebo výpočetní postup možné zařadit i znalost některého formálního programovacího, či kódovacího jazyka, vzhledem k tomu, že u mnoha propedeutických programovacích jazyků jsou příkazy totožné s názvy samotných výpočetních pojmů, typickým příkladem je implementace smyček.
- Výpočetní perspektivy: jsou takové perspektivy, které si žáci vytvářejí o světě kolem sebe a o sobě samých, ve chvíli, kdy chápou koncepty infromatického myšlení a zapojují související schopnosti do řešení komplexních problémů. Perspektivy zde odkazují na určitou intuici a technologickou zběhlost žáků, jakož i na širší pochopení toho, jak systémy fungují, proč se rozkládají a jak je lze zlepšit. Tato složka je silně založena na přístupech žáka k problému, a ačkoliv ji můžeme taktéž najít při podrobné analýze dokumentu CSTA&ISTE, naše vymezení s ní nepracuje. Předpokládáme, že jakékoliv využití infromatického myšlení k řešení problému nutně splňuje podmínku použití výpočetní perspektivy.

3D rámec a další významné přístupy k informatickému myšlení, které jsou založeny na výpočetních pojmech, postupech a perspektivách ilustruje následující obrázek 1.3.



Obrázek 1.3 Přístupy zahrnující oblasti výpočetních pojmů, postupů a perspektiv dle Tang (2020)

Oblastí výpočetních postupů v 3D rámci v roce 2017 navázal Román-Gonzáles ve svém CT-testu, který byl taktéž založen primárně na využívání programovacího prostředí Scratch (Román-Gonzáles, 2015). CT-test se zabýval měřením úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků 5-6 tříd základních škol s důrazem na jejich schopnosti, které bychom mohli identifikovat jako výpočetní postupy. Tyto výpočetní postupy byly rozděleny pro účely testování do pěti dimenzí, z nichž nejnižší zahrnovala koncepty jako smyčky, jednoduché podmínky, jednoduché funkce a základní směry a sekvence. Dalšími posuzovanými oblastmi byly pak odkazování na výpočetní koncepty, environmentální rozhraní položky, alternativní odpovědi, existence nebo neexistence vnoření a požadované úlohy, zahrnující použití sekvencí, příkazů, optimalizace a celkové zhotovení programu.

Na rozdíl od běžných modelů dimenzí informatického myšlení, které vychází z operativní definice Evropské komise, přístup zahrnující výpočetní pojmy, postupy a perspektivy nabízí konkrétní vzdělávací cíle a očekávané výstupy, které lze u žáků při praktickém ověřování jejich schopností analyzovat (CSTA&ISTE, 2011). Nabízí také formu alternativní analýzy sebraných dat a výsledků žákovi činnosti na základě škálovatelnosti jejich výkonu v různých dimenzích informatického myšlení, což otevírá možnou diskusi konkrétního stupně rozvoje informatického myšlení. Jeho nevýhodou je však poměrně velká náročnost na kvalifikaci pedagogů, distribuci pomůcek a obecná

připravenost vzdělávacího systému a přímá návaznost na programování, které se mnoho autorů v kontextu informatického myšlení v minulé dekádě snažilo vyhnout.

Dá se tedy říci, že přístup založený na principu výpočetních pojmů, postupů a perspektiv svým způsobem předběhl svou dobu. V současnosti se k němu, nebo k jeho alternativám přiklání v zahraničí zvyšující počet autorů (Román–González et al. 2017; Bocconi, 2016; So et al., 2020). Ukazuje se, že ač informatické myšlení není primárně vázáno na formální programování, využití programování je ve výuce nejefektivnějším způsobem jeho rozvoje. Programování se taktéž jeví jako nejefektivnější možnost „hlubokého“ rozvoje informatického myšlení, tedy rozvoje ve všech doménách informatického myšlení. To může vést k tomu, že výuka realizovaná na školách bez požadavků na specifické výstupy v oblasti programování, potenciálně povede k rozvoji jen určitých domén informatického myšlení, zatímco v jiných doménách (zpravidla doména abstrakce), mohou žáci vykazovat slabší výsledky (Bryndová, 2020; Klement, 2022; Román–González et al. 2017; Perlis, 1962; Tran, 2017; Guggemos et al., 2023). V současnosti však, alespoň dle našich informací, neexistuje publikovaný výzkum, který by tuto situaci popisoval a prokazatelně ověřil a tak potenciální výhody tohoto přístupu zůstávají pouze v teoretické rovině.

V současné době tak v evropských kurikulárních vymezeních nezpochybnitelně dominuje multidimenzionální přístup k informatickému myšlení (Bocconi et al., 2022). Tento trend lze přičíst faktu, že jeho základem je doporučení Evropské komise, které ve své podstatě bylo pro mnoho států EU prvním oficiálním dokumentem, který termín informatické myšlení zaváděl. Dělení koncepce dimenze informatického myšlení však nabízí poměrně velký prostor pro spekulace týkající se jejich obsahu. Tím sice umožňuje státům nastavit vlastní vzdělávací politiku dle individuálních potřeb, ale znesnadňuje mezinárodní shodu týkající se vymezení informatického myšlení jako takového. Přístup zahrnující výpočetní pojmy, postupy a perspektivy naproti tomu více konkrétně specifikuje přesné požadavky obsah výuky a nabízí základní profil informaticky myslícího žáka, jeho nevýhodou je však relativní náročnost na vzdělávací systém.

Vymezení informatického myšlení nelze vzhledem k rozšíření implementace cíleného rozvoje informatického myšlení do národních kurikul po celém světě v poslední dekádě generalizovat, nebo omezovat na jediný přístup. Každý stát, zavádějící cílený rozvoj informatického myšlení u žáků do svého národního kurikula, se potýká se specifickými

problémy. Tyto problémy vedou k individuálnímu přístupu a vnímání pojmu inforatického myšlení. V následující části se proto pokusíme o popis komplexní situace, která nastala s implementací rozvoje inforatického myšlení na světovém měřítku a obtížemi se zaváděním této koncepce do národních kurikul.

1.3 Inforatické myšlení jako celosvětový trend kurikulárního vzdělávání

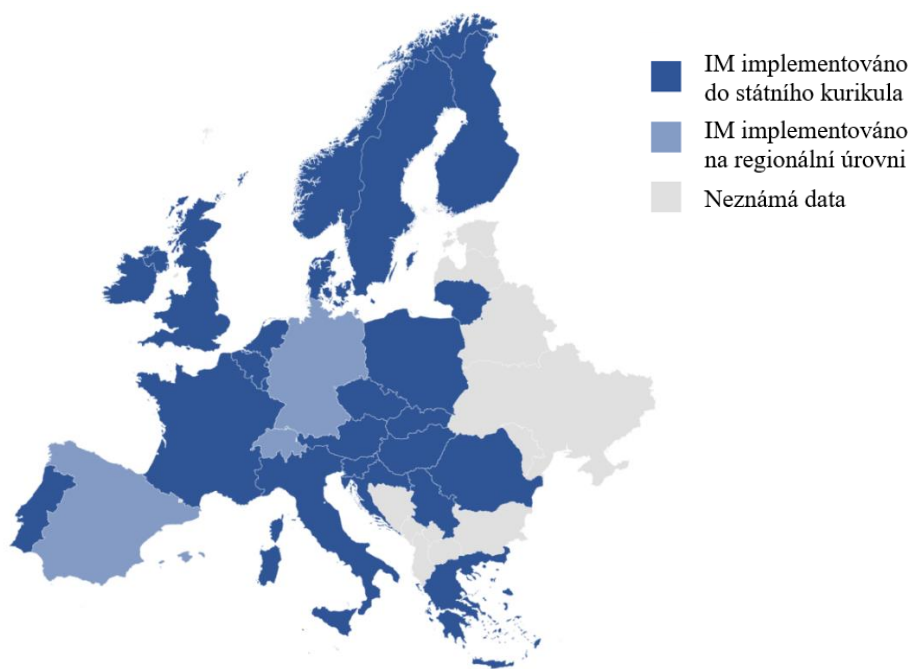
Zavádění cíleného rozvoje inforatického myšlení do národních kurikul je v současnosti stále aktuálním problémem, se kterým se potýká velké množství států. Obzvláště v případě zemí, které nemají zavedenou tradici výuky programování na školách, jde o velmi radikální změnu, která vyžaduje celkovou přestavbu vzdělávacího systému. Primárním cílem těchto revizí národních vzdělávacích kurikul pro oblast inforaticky je zpravidla zprostředkování kvalitního a rovného základního vzdělání celé populaci. Státní zřízení tímto odpovídá na již zmíněný technologický vývoj pracovního trhu, ale i na sociální změny, které se k tomuto vývoji pojí. Zároveň nabízí možnost seznámení všech žáků s programovacími koncepty již od útlého věku, což jim později pomůže adaptovat se na složitější aspekty inforaticky a programovací jazyky (CSTA&ISTE, 2011; MŠTM, 2014) a je z tohoto důvodu také výhodné pro přechod společnosti do digitální a robotizované éry označované jako Průmysl 4.0.

Potřebu kurikulární revize v kontextu vzdělávání a cíleného rozvoje inforatického myšlení poprvé zmiňoval článek *Shut down or restart?* britské Královské společnosti v roce 2012. Tento dokument představoval východiska pro tehdejší revizi kurikula Spojeného království. Velká Británie tedy jako jedna z prvních zemí zavedla koncepci rozvoje inforatického myšlení na úrovni povinného základního vzdělání. Zároveň zdůrazňovala potřebu plošné revize, která zpřístupní vzdělávání v oblasti inforaticky celé populaci bez rozdílu tak, aby každý absolvent základního vzdělávání měl základy výpočetní techniky a programování. Tímto cílili na plošné vzdělání populace, která bude mít po dokončení základní školní docházky šanci si informovaně zvolit, zda se chce dále vzdělávat v oblasti inforaticky a výpočetních technologií (The Royal Society, 2012).

Britská Královská společnost tehdy narážela na trend, kdy žáci s lepším socioekonomickým zázemím vykazovali signifikantně lepší výsledky nejen v oblasti počítačové a informační gramotnosti, ale i v souboru schopností, které mohou být považovány za inforatické myšlení. Později k podobným závěrům došlo mezinárodní i šetření počítačové a informační gramotnosti ICILS v roce 2018, z jehož výsledků jasně

vyplynulo, že socioekonomický stav rodiny má významný vliv na výpočetní schopnosti a informatické myšlení žáků (ICILS, 2018). Tento jev akcentoval potřebu implementace výuky programování a jeho principů do základního vzdělání prakticky po celém světě a ovlivnil i *Akční plán digitálního vzdělávání (2021-2027)*, který byl představen Evropskou komisí jako strategie digitálního vzdělávání pro členské státy EU. Dle Evropské komise čtvrtina evropských domácností s nízkými příjmy k roku 2019 neměla přístup k počítačům a širokopásmovému připojení, přičemž byly rozdíly mezi digitalizací společnosti v rámci státy EU prokazatelně ovlivněny příjmem domácností (Eurostat, 2019). Tato situace by se však měla změnit implementací cíleného rozvoje digitálních dovedností v oblasti základního vzdělávání, mezi které patří i rozvoj informatického myšlení. Cílem těchto revizí je poskytovat digitální dovednosti všem evropským občanům a zajistit jak jejich osobní a sociální růst, tak rozvoj inovací a hospodářský růst (Evropská komise 2020).

Situaci implementace cíleného rozvoje informatického myšlení v rámci evropských kurikul ilustruje následující mapa vytvořená ke stavu v roce 2022 z dat zveřejněných Evropskou komisí (Bryndová, 2021b; Bocconi et al., 2016; Bocconi et al., 2022). Dle zprávy pro Evropskou komisi je v současnosti v Evropě dvacet devět států, kde byl rozvoj informatického myšlení plně, nebo částečně implementován, do národních kurikul. Dvacet jedna z těchto států je součástí Evropské unie (Bocconi et al., 2022).



Obrázek 1.4 Integrace rozvoje informatického myšlení do kurikul základních škol v Evropě k roku 2021 (Bryndová, 2021b)

Značný počet z uvedených zemí se však stále nachází ve fázi zavádění rozvoje informatického myšlení do školních osnov. Jak je ilustrováno na výše uvedené mapě 1.4 (Integrace rozvoje informatického myšlení do kurikul základních škol v Evropě k roku 2021), některé státy doposud implementovali rozvoj informatického myšlení pouze na regionální úrovni, je tedy obtížné jejich aktuální stav hodnotit a generalizovat. Zároveň se forma a metody implementace rozvoje informatického myšlení do vzdělávání mezi státy navzájem liší, a to i v rámci států Evropské unie.

Právě samotné chápání konceptu informatického myšlení má potenciál výrazně ovlivnit výslednou realizaci kurikula a jeho obsah. Dílčí složky těchto evropských kurikul se mohou jevit jako analogické, protože v zásadě vychází z koncepce CSTA&ISTE z roku 2011, kterou zmiňovala kapitola 1.2 (Historie diskusí o informatickém myšlení v oblasti vzdělávání), nebo se s tímto dokumentem do vysoké míry shodují (Klement, Dragon, Bryndová, 2023). Všechna zahraniční kurikula však představují vlastní, individuální modely struktury vycházející z konkrétních potřeb daného státu.

Základní dokument *Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education* vydaný CSTA&ISTE (2011) vymezuje informatické myšlení pomocí šesti hlavních a další třech podpůrných složek zahrnujících znalosti, schopnosti a přístupy informaticky myslícího žáka. Nejde tedy o závaznou definici, která by nabízela aplikovatelné řešení pro školní kurikulární systém s exaktními požadavky na výstupy žáka. V rámci mezinárodní diskuse proto probíhají četné pokusy o operacionalizaci a konkretizaci těchto kategorií, za účelem vymezení exaktně měřitelných položek, které by mohly být v rámci vzdělávacích plánů účelně rozvíjeny a evaluovány. Nejčastěji jsou tyto složky informatického myšlení simplifikovány jako schopnosti algoritmického myšlení, dekompozice, zobecňování, evaluace a abstrakce (Angeli, 2016), případně ladění. Od konkrétních přístupů k těmto vymezením se následně odvíjí jejich integrace do národních kurikul mnoha zemí, přičemž jejich přesné znění a specifika plně závisí na individuální interpretaci konkrétní politiky.

Samotný termín informatické myšlení je v mnoha jazycích přeložen individuálně v závislosti na konkrétním pochopení tohoto konceptu a nemusí tedy ve své výsledné podobě rámcově odpovídat vymezením doporučeným na základě koncepce, kterou zpracovali CSTA&ISTE (Bocconi et al., 2016). Mnoho států při implementaci taktéž zohledňuje specifické sociální a ekonomické faktory, které tento proces mohou ztěžovat. Typicky jsou

to: chybějící zdroje, časové dispozice a kvalifikace jednotlivých pedagogů, případně absence komplexního zmapování procesů implementace na mikro i makro úrovni školského systému. Obzvláště pro státy bez zavedené tradice programování, které je považováno za nejefektivnější nástroj pro rozvoj informatického myšlení v rámci základního vzdělávání, jde o radikální změnu principu výuky na úrovni základních zákonitostí předchozího kurikula (Bryndová, 2021a; Klement, Dragon, Bryndová; 2023, Román–González et al., 2017a; Tran, 2017). I přes tyto okolnosti je však možné najít společné znaky koncepce informatického myšlení napříč světovými kutikulárními systémy a didaktickými přístupy k jeho rozvoji.

Přesto, že je od počátku uvedení informatického myšlení do odborné diskuse jeho koncepce vymezována za nezávislou na programování (Wing, 2006), v rámci vzdělávání je možné narazit na jiné přístupy. Především v kontextu kurikulárních dokumentů, je informatické myšlení často považováno za blízce propojené, nebo dokonce do určité míry zaměnitelné s termíny programování a kódování (Bocconi et al., 2022). Jedním z důvodů je fakt, že programování a kódování představují v současnosti nejefektivnější nástroje rozvoje informatického myšlení u žáků, protože umožňují praktickou vizualizaci výsledku žákovi činnosti a pomáhají rozvíjet všechny kýžené oblasti informatického myšlení, nebo alespoň jejich většinu (Klement et al., 2020). Rozvoj informatického myšlení je pak v rámci vzdělávacích osnov chápán jako výuka zahrnující kódování, či programování, a právě tento aspekt implementace se může jevit jako problematický, protože klade nové nároky na kvalifikaci pedagogů (Balanskat, 2018).

1.3.1 Přístupy k implementaci rozvoje informatického myšlení

Z principiálního hlediska na světové úrovni existují tři způsoby implementace rozvoje informatického myšlení do kurikul základních škol:

- Zařazení výuky v rámci speciálně designovaného předmětu: tento způsob implementace je v současnosti nejobvyklejší. Zahrnuje zařazení rozvoje informatického myšlení do speciálně designovaného předmětu informatika, či programování.
- Zařazení ve formě volitelného předmětu: jde o metodiky a didaktiky informatiky nejméně doporučenou možnost, kdy je rozvoj informatického myšlení a programování do vzdělávacího systému ve formě volitelného předmětu. Tento způsob „částečné“ implementace je odborníky považován za vhodný

pouze jako přechodná strategie před plošnou implementací v uceleném celostátním vzdělávacím systému (Bocconi, 2018).

- Mezipředmětová integrace: je poslední, nejpokročilejší možností je, která nejlépe odpovídá samotné koncepci informatického myšlení, jakožto kompetence s širokým mezioborovým potenciálem. Avšak plošná mezipředmětová implementace rozvoje informatického myšlení do základního kurikula klade ještě vyšší nároky na kvalifikaci pedagogických pracovníků. Balanskat (2018) dokonce hovoří v souvislosti se zavedením výuky směřující k mezipředmětovému rozvoji informatického myšlení o zcela nové klíčové kompetenci učitele, kterou vymezuje jako schopnost organizovat a distribuovat svou práci za pomoci digitálního média.

Mezipředmětově koncipovaná výuka směřující k rozvoji informatického myšlení je tedy pravděpodobně nejvhodnějším způsobem implementace tohoto rozvoje do kurikula. Důvodem je fakt, že cílem rozvoje informatického myšlení má být příprava absolventů na praktické využívání informačních technologií v běžném životě a na pracovním trhu, tedy mezioborově. Tento způsob integrace informatického myšlení však klade vysoké nároky na kompetence všech učitelů participujících na edukaci žáků. Mimo vlastních obsahových kompetencí plynoucích z vymezení informatického myšlení, jako je znalost programovacích konceptů, musí učitelé také mít kompetence didaktické, které umožňují u žáků cílený rozvoj kognitivních, afektivních a psychomotorických složek jejich osobnosti. Právě rozvoj těchto „měkkých dovedností“ (angl. „*soft skills*“) vede k smysluplnému a bezpečnému využívání informačních technologií (Balanskat, 2018; Klement et al., 2023).

V rámci evropského prostoru se mezipředmětová integrace rozvoje informatického myšlení vyskytuje ve Švédsku a Norsku, kde je společně s programováním součástí výuky matematiky, technologií a sociálních věd. Tato mezioborová integrace napříč hodinami přírodních a humanitních věd je dle oficiálních vyjádření výsledkem snahy o nalezení inkluzivního řešení, které by nabídlo žákům možnost použití programování bez ohledu na studijní preference, nebo genderu (Bocconi et al., 2018).

Mimo Evropu byl rozvoj informatického myšlení v rámci dedikovaného předmětu implementován do národních kurikul Turecka, Izraele, mnoha států USA, Číny, Hong Kongu, Taiwanu, Jižní Koreji, Singapuru (So, 2020), Ruska a Gruzie (Bocconi et al., 2022). Země jako Japonsko (Kanemune, 2017), Austrálie, Indie, Nový Zéland (Moller, 2018)

zvažují renovaci již stávajícího kurikula, které již zahrnuje programování, tak aby odpovídalo i obecné koncepci infromatického myšlení.

1.4 Dílčí závěr

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že není možné vymezit infromatické myšlení v obecném vzdělávacím kontextu tak, aby toto vymezení bylo univerzálně platné. Jednotlivé státy vychází při přípravě vymezení infromatického myšlení z vlastních specifických ekonomických, politických i sociálních podmínek, případně kombinují přístupy k tvorbě kurikula v návaznosti na svou individuální tradici výuky programování a rozvoje infromatických dovedností. Toto individuální zasazení do kontextu je tedy možné považovat za bezpodmínečně nutné k pochopení přístupu specifického státu k infromatickému myšlení a jeho rozvoji.

Následující část textu se z tohoto důvodu zaměřuje primárně na situaci v České republice, a to v kontextu tuzemské i evropské legislativy. Zaměříme se tedy na vývoj přístupu k cílenému rozvoji infromatického myšlení na českých školách a diskuse, které vedly k implementaci tohoto rozvoje do českého národního kurikula.

2 Koncepce výuky informatiky a rozvoj informatického myšlení v českém prostředí

V českém prostředí je implementace informatického myšlení stále poměrně novou záležitostí, přesto, že její základní principy se objevily již dříve. Integrace cíleného rozvoje schopností žáků, které by měly vést k bezpečnému a kreativnímu využívání digitálních a výpočetních technologií, je nezpochybnitelně dlouhodobým záměrem tuzemské kurikulární strategie. Zmínky o souboru schopností, které můžeme chápat jako součásti informatického myšlení, stejně jako rozvoj schopností programování, byly již zmíněny v předchozích vzdělávacích politikách (Klement, 2018; MŠMT, 2014a).

Standardní součástí základního kurikula se rozvoj informatického myšlení stal až v roce 2023, po úpravě Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (RVP ZV) a to opatřením ministra č. j. MSMT-12464/2023 k úpravě RVP ZV s účinností od 1. 9. 2023. V souladu s touto revizí jsou základní školy v České republice povinny zahájit výuku, která bude v souladu s revidovaným RVP ZV a bude směřovat k rozvoji informatického myšlení žáků. Tato změna však přichází prakticky celé desetiletí po prvním doporučení Evropské komise, která členské státy k integraci rozvoje informatického myšlení do škol vyzývala (CSTA&ISTE, 2011) a s výrazným zpožděním oproti sousedním evropským státům (Bocconi et al., 2022).

Revize informatiky a příbuzných předmětů se v tuzemském prostředí dlouhodobě potýkala jak s technickými problémy, tak se sociálními a politickými obtížemi. V posledních dekádách docházelo k rapidnímu vývoji výpočetní technologií a s nimi souvisejícími vymezeními a chápáním pojmů, které s výukou informatiky úzce souvisí. Samotné pojetí informatiky a dalších příbuzných předmětů se taktéž vyvíjelo v reakci na tuzemskou společenskou a tržní poptávku. Tyto změny, které v některých případech ovlivnily celkové tuzemské chápání koncepce informatiky ve školství, přispěly ke zpomalení procesu vývoje školského systému, ve kterém je zařazení výuky zaměřené na rozvoj programovacích schopností a informatického myšlení považováno za znak modernosti (Evropská komise, 2013).

V celosvětovém měřítku je patrné, že pro revize plynoucí k integraci informatiky do kurikul základního vzdělávání, je typická různorodost pojetí jejich realizace. Obzvláště pokud jde o integraci cíleného rozvoje schopností souvisejících s programováním, je možné se setkat širokou škálou různých vzdělávacích politik.

Tyto rozdíly plynou z rozdílů v ekonomickém a technologickém zázemí škol v dané zemi, z rozdílných didaktických přístupů k výuce, v individuální organizaci, formě a obsahu edukačních aktivit a aprobaci a vzdělání učitelů (Štípek et al. 2015). České prostředí, které nemělo před zmíněnou revizí plošně zavedenou kurikulární tradici programování v rámci základního vzdělávání, v tomto směru spadá do kategorie zemí, kde je přechod na výuku směřující k rozvoji inforatického myšlení obtížný (Klement et al. 2021).

2.1 Historie výuky informatiky a příbuzných předmětů v České republice

První výuka inforaticky zaměřených předmětů byla v rámci České republiky pro základní vzdělávání zavedena do kurikula v roce 1996. Počítače se sice objevovaly ve výuce již od osmdesátých let (Neumajer, 2008), avšak jako samostatný předmět byla Informatika implementována právě až v roce 1996. Šlo o volitelný předmět pro žáky od sedmých do devátých tříd, zavedený do kurikula v rámci Vzdělávacího programu Základní škola, a to jako součást povinného předmětu Praktické činnosti. Tento celek byl součástí učiva již od šestého ročníku základní školy a jeho hlavním obsahem byla základní obsluha počítače a zásady jeho uživatelského využití (Klement, 2019). Tento způsob pojetí výuky je však globálně považován za archaický, vzhledem k tomu, že používání informačních a komunikačních technologií žákům z rozvinutých zemí z pravidla nečiní obtíže. Současná generace žáků patří k tzv. generaci digitálních domorodců (Prensky, 2001; Tapscott, 1998). Tento termín označuje generaci občanů, která je již od narození obklopena digitálními technologiemi a médii, je schopna takřka nativně rozšiřovat své znalosti a dovednosti v této oblasti. Vyznačují se preferencí výuky pomocí zábavných aktivit a vícekanalového přísunu informací, induktivním uvažováním a sociálními vazbami tvořenými ve virtuálním prostoru (Klement et al. 2017).

Z výše uvedených důvodů je zjevné, že výuka směřující ke konzumnímu využívání informačních a komunikačních technologií, nemá v kontextu základního vzdělávání současné generace žáků prioritní charakter. Zastaralý model výuky představuje v tomto kontextu například výuka zaměřená na práci s kancelářskými balíky, běžné uživatelské úkony v rámci operačního systému, nebo vyhledávání informací na internetu (Klement et al. 2017). Naopak absentují témata směřující k rozvoji inforatického myšlení, zahrnující rozvoj schopnosti pracovat v rámci konkrétních výpočetních konceptů, jako je tvorba vývojových diagramů, modelace, algoritmicke myšlení, nebo výuka s podporou robotických stavebnic, nabízí perspektivní směřování národní vzdělávací politiky k přiblížení se modernímu standardu inforaticky vzdělané společnosti.

Nová revize rámcového vzdělávacího plánu, která vstoupila do platnosti v roce 2023, představuje tedy nový model výuky informatiky, který byl do této doby do velké míry v tuzemsku opomíjen. Je nutné zvážit, že mnoho školských zařízení vstupuje do revize s nejednotnými představami o koncepci informatického myšlení a s různými úrovněmi materiálního a personálního vybavení, které se přímo odvíjí od socioekonomického zázemí konkrétní vzdělávací instituce. **Je tedy nezbytné školská zařízení monitorovat, a to jak v průběhu implementace nového RVP ZV a rozvoje informatického myšlení žáků do školní praxe, tak i v bezprostředních letech po tomto zavedení, což otevírá otázku plošného, případně standardizovaného ověřování úrovně informatického myšlení u žáků.**

Z výše uvedených bodů je zřejmé, že plnému pochopení komplexního vývoje výuky informatiky v České republice, který vedl k aktuálnímu stavu, při kterém je cílený rozvoj informatického myšlení zaváděn do základního vzdělávání ve formě RVP ZV, je nutné nejprve popsat vývoj informatiky v rámci národního kurikula základního vzdělávání. Efekty předchozí politické strategie stále přetrvávají v rámci praxe, a to jak v ekonomických a technologických aspektech, tak v názoru veřejnosti a pedagogických pracovníků, kteří mohou být stále ovlivněni bývalými kurikulárními koncepcemi. Z tohoto důvodu se následující text nejprve zaměří na samotnou koncepci výuky informatiky v kontextu nového modelu RVP ZV a následně na samotné pojetí výuky směřující k rozvoji informatického myšlení u žáků.

2.2 Vývoj přístupu k informatickému myšlení v české legislativě

V České republice je snaha o začlenění rozvoje informatického myšlení součástí dlouhodobé vzdělávací strategie, kterou se Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy snaží flexibilně reagovat na proměňující se vzdělávací potřeby žáků. V současné době je cílený rozvoj informatického myšlení na školách součástí revidovaného *Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání*, který zavádí novou vzdělávací oblast Informatika. Tato inovace národních vzdělávacích plánů je součástí *Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+ (2021)*, jejímž cílem je v reakci na světový trend v této oblasti, zaměření systematického vzdělávání populace na získávání kompetencí potřebných pro aktivní občanský, profesní i osobní život, naplnění plánu jednotné vzdělávací politiky a zajištění podpory rozvoje potenciálu všech žáků. Zvláštní důraz je v rámci této strategie kladen na podporu rozvoje digitální gramotnosti a s tím související implementaci cíleného rozvoje informatického myšlení (MŠMT, 2014a).

Z historického hlediska se tuzemský pedagogický diskurz týkající se role digitálních technologií ve školství a potenciálu zavedení výuky programování a informatiky do národního kurikula datuje přibližně od roku 2000 (Klement, 2018). Rozvoji základů informatických dovedností žáků se věnovala již Bílá kniha (MŠMT, 2001), samotné informatické myšlení bylo však poprvé do českého kurikula zahrnuto až v rámci *Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2020* (MŠMT, 2014a). Tento dokument vymezoval separátní *Strategii digitálního vzdělávání do roku 2020* (2014), která měla za cíl zpracovat problematiku oblasti digitálního vzdělávání. Tyto dokumenty systematicky navazovaly na předešlé vzdělávací strategie, byly však první tuzemskou vzdělávací politikou, která aktivně reagovala na potřebu revize vzdělávací oblasti Informatiky a informačních a komunikačních technologií. Jako první navrhovala změny rámcového vzdělávacího programu tak, aby odpovídal moderním požadavkům na digitální gramotnost a informatické myšlení, které doporučoval Evropský parlament a Rada EU již v roce 2011 (CSTA&ISTE, 2011), (viz kapitola 1.2 Historie diskusí o informatickém myšlení v oblasti vzdělávání). Cílený rozvoj informatického myšlení žáků a s ním související rozvoj digitální gramotnosti a informatického myšlení pedagogů byl v rámci této strategie uveden jako jeden z prioritních cílů (MŠMT, 2014a).

Samotnou koncepci informatického myšlení však dokument vymezoval poměrně vágně, což odpovídalo tehdejší neexistenci kolektivně mezinárodně uznaného konsenzu o definici informatického myšlení, oblastech, do kterých by mělo zasahovat a o dimenzích, ze kterých by se mělo skládat. Analogicky se zahraničními kurikulárními integracemi informatického myšlení, Ministerstvo školství, tělovýchovy a mládeže vycházelo při vymezování primárně ze standardu vytvořeného CSTA&ISTE pro Evropskou komisi z roku 2011. Tento dokument vymezuje informatické myšlení v kontextu vzdělávání jako široký soubor kompetencí bez konkrétních nároků na očekávané výstupy, či doporučený způsob výuky směřující k jeho rozvoji.

MŠMT v rámci *Strategie digitálního vzdělávání* uvádělo: „*Informatické myšlení (computational thinking) – způsob uvažování, který používá informatické metody řešení problémů, a to včetně problémů komplexních či nejasně zadaných. Rozvíjí schopnost žáků analyzovat a syntetizovat, zevšeobecňovat, hledat vhodné strategie řešení problémů a ověřovat je v praxi. Vede k přesnému vyjadřování myšlenek a postupů a jejich zaznamenání ve formálních zápisech, které slouží jako všeobecný prostředek komunikace. Pracuje se základními univerzálními pojmy, které přesahují současné technologie: algoritmus,*

struktury, reprezentace informací, efektivita, modelování, informační systémy, principy fungování ICT“ (MŠMT, 2014b).

Je zřejmé, že toto vymezení v rámci svého záběru zahrnovalo široké spektrum možných dimenzí infromatického myšlení, které do značné míry korelovaly s již zmíněným evropským standardem operativní definice infromatického myšlení pro základní vzdělávání od CSTA&ISTE. MŠMT dále zmiňovalo v kontextu infromatického myšlení i schopnost aplikace dovedností z oblasti infromatického myšlení na většinu vzdělávacích oborů, přičemž jmenovitě uváděla kreativitu, schopnost vysvětlování a týmové práce, a dovednosti z oblasti řešení problémů, schopnost logického a algoritmického myšlení, schopnosti strukturace, abstrakce nad objekty a procesy, schopnosti vyvíjet technologie a porozumět tomu, jak fungují (MŠMT, 2014b).

Oproti tehdy preferované zahraniční verzi operativní definice infromatického myšlení, tuzemské vymezení akcentovalo spíše potřebu formálního zápisu řešení problému, či kódu, což implikuje pochopení infromatického myšlení ve vzdělávání jako koncepce úzce spjaté s programováním a kódováním. Tato tendence v české kurikulární legislativě přetrvala jako zdůraznění výuky formálních programovacích jazyků, aby byla naplněna podmínka rozvoje schopnosti komunikovat se stroji (MŠMT, 2021b).

Konkrétnější vymezení infromatického myšlení v tuzemsku představil Národní ústav pro vzdělávání (NÚV) v roce 2018 v dokumentu *Stručné vymezení digitální gramotnosti a infromatického myšlení*, v rámci *Návrhu revizí rámcových vzdělávacích programů v oblasti informatiky a informačních a komunikačních technologií*. Tento dokument vymezoval oblast infromatického myšlení odděleně od oblasti digitální gramotnosti a chápal digitální gramotnost jako soubor digitálních kompetencí potřebných k využívání technologií. Naproti tomu infromatické myšlení popisoval jako způsob uvažování, který se určitým způsobem váže k infromatickým technologiím a prostředkům. Z tohoto principu pak vycházel samotný návrh revize RVP pro oblast informatiky a informačních a komunikačních technologií skládající se ze dvou částí, kterými jsou očekávané výstupy pro oblast informatiky a oblast digitální gramotnosti. Ty zahrnovaly oblasti data, informace a modelování, algoritmické myšlení a programování, informační systémy a počítač a jeho ovládání (NÚV, 2018). Přesto, že současná struktura implementované revize RVP ZV je mírně upravená a zahrnuje digitální kompetence jako klíčovou kompetenci a cíl, nikoliv vzdělávací oblast (MŠMT ČR & NPI ČR, 2023), je možné říct, že rozvoj složek

informatického myšlení je v návrhu NÚV zahrnut právě ve výstupech týkajících se informatiky.

Praktická výuka informatiky v rámci tuzemského základního vzdělávání se až do konce *Strategie digitálního vzdělávání do roku 2020* vyznačovala nekonzistentností i z pohledu praktické implementace informatiky do výuky. Až do přechodu na revidované RVP ZV s platností od roku 2023 fungovala na českých školách politika tzv. dvoustupňového kurikula. Tento systém umožňoval školám koncipovat školní vzdělávací programy (ŠVP) takovým způsobem, aby zohledňovaly kompetence působících pedagogů, profil absolventů a další specifika individuální školy (Strategie digitálního vzdělávání, 2016). Díky tomu byla výuka informatiky na školách realizovaná nejednotně a z velké míry opomíjela rozvoj programátorských schopností a informatického myšlení (Klement, 2018), což vedlo k rozdílům ve schopnostech absolventů základních škol, a následně s nástupem pandemie Covid-19 i ke zvyšujícímu se tlaku na novou revizi RVP ZV pro oblast týkajících se digitálních a výpočetních technologií.

Hlavními úspěchy Strategie do roku 2020 bylo vytvoření *Rámce digitálních kompetencí učitele*, revize standardu *Studium k výkonu specializované činnosti – koordinace v oblasti ICT*, vybudování sítě metodiků ICT a metodických kabinetů Informatiky a ICT. Během roku 2020 také díky pandemické situaci, došlo i k výraznému posunu ohledně vybavení škol digitálními technologiemi (MŠMT, 2020), což později paradoxně usnadnilo implementaci nové revize RVP do praxe.

Rozdělení klíčové vzdělávací strategie na dva související, avšak oddělené dokumenty, bylo předmětem kritiky nejen ze strany odborné veřejnosti, ale i v rámci průběžného *Hodnocení naplňování Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2020* (NKÚ, 2018). Dle Nejvyššího kontrolního úřadu rozdělení celkové strategie na dva separátní dokumenty šlo přímo proti zamýšlené koncepci digitální gramotnosti a informatického myšlení, která zdůrazňovala potřebu mezipředmětové integrace využívání digitálních technologií a rozvíjení hlubšího pochopení technologií v kontextu komplexního a systematického řešení problémů, inovací a nezávislého vyhodnocování informací. Jako závěr NKÚ navrhoval integraci cílů obsažených v rámci *Strategie digitálního vzdělávání* jako neoddelitelnou součást hlavního dokumentu kurikulární politiky.

Reflexe této kritiky je patrná v aktuální v kurikulární revizi, v jejímž rámci Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy integrovalo do nové *Strategie vzdělávací*

politiky ČR do roku 2030+ i bývalou strategií digitálního myšlení, čímž akcentuje realizaci plánu jednotné vzdělávací politiky, a tedy i zajištění podpory digitální gramotnosti a rozvoje inforatického myšlení u všech žáků.

2.3 Současná podoba inforatického myšlení v rámci legislativy v ČR

Z výše uvedené analýzy kurikulárních dokumentů lze tedy dovést, že integrace rozvoje inforatického myšlení do povinného základního vzdělávání je jedním z primárních cílů dlouhodobé vzdělávací strategie České republiky. Cílený rozvoj inforatického myšlení na školách má potenciál stát se jedním z fundamentálních základů moderního kurikulárního systému. Koncepte inforatického myšlení a s ním související nová revize RVP ZV, která vstoupila v platnost k roku 2023, představuje nový model výuky informatiky, který byl do této doby do velké míry opomíjen, a to jak z hlediska obsahu výuky, tak z hlediska přípravy pedagogů.

Jak již bylo uvedeno, současná *Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+* neodděluje problematiku vzdělávání v oblasti informatiky do odlišného dokumentu, ale implementuje tuto problematiku přímo do hlavní vzdělávací politiky. Jednou z nevýhod tohoto propojení je však poměrně strohé vymezení problematiky inforatického myšlení. Strategický dokument opakuje základní zakotvení implementace, tedy, že moderní výuka informatiky nesmí být omezena na principy fungování digitálních technologií, ale má rozvíjet schopnosti aplikace digitálních technologií ve všech oblastech (MŠMT, 2021b). Samotné vymezení koncepte inforatického myšlení však tento kurikulární dokument postrádá.

Koncepci inforatického myšlení nekonkretizuje ani revidované RVP ZV, který pouze v úvodu dokumentu existenci rozvoje inforatického myšlení zmiňuje jako jeden z hlavních cílů nově implementované vzdělávací oblasti, ovšem bez dalšího vymezení toho, co přesně tato koncepte zahrnuje (MŠMT, 2021b). Tato situace může vést k potenciálním rozdílům mezi přístupy k rozvoji inforatického myšlení u žáků v praxi. Tento individualismus zároveň podporuje fakt, že v České republice podléhá praktická implementace informatiky na úrovni škol individuálním Školním vzdělávacím programům, které sice odpovídají celostátně platným kurikulárním dokumentům a které jsou pro školy závazné. Přitom však nabízí prostor pro volbu stylu, přístupu a případné podpory výukových aktivit v závislosti na možnostech jednotlivých škol. MŠMT tedy nevymezuje specifické vymezení inforatického myšlení pro vzdělávací účely, ani nenavrhuje konkrétní způsob

jeho rozvoje (MŠMT ČR & NPI ČR, 2023). Tento faktor implikuje, že na tuzemských školách bude rozvoj inforatického myšlení i nadále probíhat nejednotně.

V současné době v rámci praktické implementace nového RVP ZV české ministerstvo školství vlastní operativní definici inforatického myšlení neuvádí ani v rámci metodik a pouze odkazuje na vymezení, které je zpracované metodickým projektem iMyšlení (MŠMT ČR & NPI ČR, 2023). Vymezení na webu iMyšlení vychází přímo z operativní definice inforatického myšlení vytvořené pro Evropskou komisi (CSTA&ISTE, 2011) bez další specifikace požadovaných výstupů, či oblastí, které by inforatické myšlení v rámci edukace mělo zahrnovat.

Projekt iMyšlení popisuje koncepci inforatického myšlení jako způsob myšlení, který se zaměřuje na popis problému, jeho analýzu a hledání efektivních řešení a stanovuje následující klíčové schopnosti a koncepce, které se k jeho používání pojí:

„(Schopnost...)“

- *systematicky posoudit různá řešení, vybrat to nejvhodnější pro danou situaci,*
- *rozdělit velký problém na několik menších, snáze řešitelných,*
- *plánovat a řídit činnosti,*
- *vytvářet a pečlivě popisovat postupy, které spolehlivě vedou k nějakému cíli, i když je vykonává někdo jiný,*
- *vybírat, které aspekty problému jsou podstatné pro jeho řešení a které lze zanedbat,*
- *uspořádat i velké a nesourodé soubory dat tak, abychom je mohli dále využít,*
- *používat jazyky, kterými se domluvíme s počítači, roboty a umělou inteligencí”*
(PRIM, 2018).

Je nezpochybnitelné, že toto vymezení se do významné míry shoduje se standardem Evropské komise, do kterého však iMyšlení, v závislosti na předchozí tuzemské vzdělávací strategii, přidává aspekt formálního programování. Přesto, že je vliv této koncepce inforatického myšlení v revidovaném kurikulu patrný, a to obzvláště v rámci cílového zaměření vzdělávací oblasti Informatika, ve své podstatě nenabízí konkrétní měřitelné cíle, ke kterým by mohla praktická výuka rozvoje inforatického myšlení směřovat.

Jak bylo již zmíněno, sám vlastní vzdělávací obsah vzdělávacích oborů v RVP ZV pojem inforatické myšlení nepoužívá, přesto, že popisuje některé jeho aspekty (MŠMT,

2021b). Je tedy možné říci, že česká kurikulární revize, stejně jako většina mezinárodních, se v rámci vymezení pojmu informatického myšlení přímo opírá o evropský standard, který je však natolik širokým, že jej nelze přímo nazývat definicí. Již před praktickou implementací této revize se tedy dalo předpokládat, že koncepce informatického myšlení do výuky bude mít spíše charakter modelu informatického myšlení, který je pevně navázán na očekávané výstupy platného kurikulárního rámce než na koncepci, která by mohla eventuálně směřovat k mezinárodnímu konsenzu nad definicí informatického myšlení. Obzvláště důraz, který revidovaný rámcový vzdělávací program klade na výuku programování, tuzemskou koncepcí informatického myšlení odlišuje od standardního vymezení informatického myšlení, které je obvykle chápáno jako na programování nezávislé (Wing, 2006).

Je tedy možné říci, že kurikulární vymezení informatického myšlení v České republice nabízí jen velmi obecné vymezení této koncepce, které vychází z evropského doporučení, ale předpokládá vysokou míru autonomie vlastních školských zařízení a pedagogů při tvorbě školních vzdělávacích plánů a volbě výukových nástrojů, a tedy i nezaručuje jednotný rozvoj informatického myšlení u žáků. Tento faktor představuje největší riziko implementace rozvoje informatického myšlení do vzdělávací politiky a zároveň znesnadňuje plošné ověřování úrovně informatického myšlení. Považujeme proto za nutné operativní vymezení informatického myšlení pro účely testování jeho rozvoje podpořit pedagogickou realitou (Trna, 2011), tedy skutečným stavem koncepce, která se objevuje v rámci praktické výuky na základních školách.

2.4 Dílčí závěr

Vzhledem k tomu, že doporučená vymezení informatického myšlení nejsou pro školy závazná v rámci rámcových vzdělávacích programů, ale existují pouze ve formě doplňujících metodik a nezávazných doporučení, může být pedagogická praxe výuky směřující k rozvoji informatického myšlení potenciálně v rozkolu s legislativním vymezením, nebo jej může reflektovat pouze částečně. Konstruktivní výzkum, kterým ověřování úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků je, musí vycházet z pedagogické reality (Trna, 2011). Naskýtá se proto nutnost upravení operativního vymezení informatického myšlení pro účely výzkumu tak, aby co nejlépe odpovídalo obvyklým výsledkům vzdělávacího procesu.

Z výše popsané situace tedy vyplývá, že pro potřeby operacionalizace koncepce informatického myšlení je nutné udělat následujících kroky:

1. Provést důkladnou analýzu kurikulárních dokumentů a stanovit přesné dimenze informatického myšlení, které se v českém prostředí v rámci vzdělávací politiky vyskytují.
2. Srovnat tato zjištění s pedagogickou realitou, a to formou výzkumného šetření na základních školách.

Tato východiska se stávají výzkumným problémem nutného předvýzkumu. Pokud chceme testovat úroveň rozvoje informatického myšlení, je nutné nejprve stanovit operativní vymezení koncepce samotné, a to v kontextu toho, co se na školách skutečně vyučuje. V době přípravy výzkumného nástroje, a tedy i výzkumu nebyla však implementována nová kurikulární revize a nemohli jsme proto přistoupit k analýze školních vzdělávacích plánů za účelem zjištění konkrétních vyučovaných témat. Bylo tedy nutné zaměřit se na učitele informatiky, jakožto na subjekty, které se na pedagogické praxi a často i na tvorbě ŠVP podílí, a zjistit, jak informatické myšlení skutečně chápou. Popis východisek, podmínek, zaměření, cílů a celkové metodologie realizovaného předvýzkumu je tak předmětem další části textu.

3 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení v teoretické a empirické analýze

Jak již bylo uvedeno, pro pedagogické a vzdělávací účely se konkretizace oblastí definujících informatické myšlení obvykle provádí podrobnou analýzou znění odpovídajících kurikulárních dokumentů na globální, nebo národní úrovni. V současnosti je možné se v literatuře setkat se dvěma hlavními přístupy k vymezení dimenzí informatického myšlení, jejichž primárním cílem je vytyčení specifických oblastí, ze kterých mohou následně vycházet konkrétní vzdělávací cíle a požadavky na schopnosti a dovednosti žáků.

Dle Bocconi et al. (2022) první forma přístupu ke konkretizaci dimenzí informatického myšlení vychází z koncepce informatické myšlení jako způsobu přemýšlení, který je spojen s řešením obecných problémů. Tento způsob konkretizace informatického myšlení většinou vychází operační definice *Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education* (CSTA&ISTE, 2011) zmíněné v předchozích kapitolách a je tedy velmi typický pro evropské prostředí. V rámci snah o konkretizaci koncepce informatického myšlení v rámci počátečních fází výzkumu jsme právě na tento zahraniční trend navazovali.

Druhý přístup vnímá informatické myšlení jako koncept úzce spojený s programováním a výpočty (Bocconi et al., 2022). Tento přístup však nebyl v době výzkumu v evropském prostředí převládající a z důvodu absence prací tuzemských autorů, kteří by se jím zabývali, se pro české prostředí se jevil jako nevhodný. Z toho důvodu jsme jej zahrnuli, v rámci konstrukce vlastního výzkumného nástroje, pouze okrajově. Blíže se této problematice věnujeme v kapitole 1.2.2 (Výpočetní pojmy, postupy a perspektivy v kontextu informatického myšlení). V českém prostředí se navíc v poslední době objevuje multidimenzionální přístup s výrazně vyšší frekvencí než přístup výpočetních pojmů, postupů a perspektiv (Klement, Dragon, Bryndová; 2023; NÚV, 2020). V době designování výzkumu jsme však kvůli absenci prací tuzemských autorů vycházeli primárně ze zahraničních zdrojů.

3.1 Stanovení dimenzí informatického myšlení v evropské legislativě

Prakticky od počátku diskusí o informatickém myšlení a jeho roli ve vzdělávání probíhají pokusy o definování konkrétních a dílčích oblastí informatického myšlení, které jsou někdy nazývány doménami informatického myšlení (Klement, 2022). Smyslem

těchto snah je nalezení vymezení koncepce informatického myšlení, které by vycházelo z původních operativních definic, ať už těch představených Evropskou komisí, nebo přímo Jeanette Wingovou, ale zároveň by nabídlo konkrétní výuková témata a očekávané výstupy žáků.

V době počátku našeho výzkumu, tedy před kurikulární revizí RVP ZV, nebyl dostupný obecně uznávaný princip vymezování dimenzí informatického myšlení, stejně jako chyběl tuzemský konsenzus týkající se koncepce informatického myšlení samotného. Navázali jsme proto při výzkumu na zahraniční tradici, která za účelem pedagogické a didaktické účely konkretizace domén informatického myšlení podrobovala operativní definici CSTA&ISTE (2011) podrobné analýze.

Zkoumali jsme tedy formulace charakteristik a schopností, které dle tohoto dokumentu souvisí s používáním informatického myšlení. Tato metoda konkretizace je i v současnosti aktuální, vzhledem k tomu, že většina národních kurikulárních dokumentů při vymezení pojmu informatické myšlení vychází, nebo se značně shoduje, právě s vymezením dle CSTA&ISTE (Klement, 2022; Bryndová et al., 2023).

Pro potřeby vymezení dimenzí vhodných pro testování rozvoje informatického myšlení jsme vycházeli klíčových slov a frází, které z dokumentu Evropské komise po podrobné analýze vytyčili Chen et al. (2017), v rámci výzkumu, který se zaměřoval na měření úrovně informatického myšlení u žáků základních škol pomocí úloh z edukační robotiky. V současnosti podobnou analýzu provedlo velké množství států, které původní operativní definici Evropské komise z pravidla vztahují ke svým vlastním kurikulárním záměrům.

V tabulce uvádíme aktualizaci tohoto výzkumu po revidování dokumentu v roce 2016, a doplnění těchto klíčových slov o odpovídající dovednosti informatického myšlení, které by si měl informaticky myslící žák osvojit, a to vše na základě rešerše literatury zabývající se cíleným rozvojem informatického myšlení (Bryndová, 2021a; Bocconi et al., 2016, Wing, 2014; Selby, 2012). Klíčová slova pro oblast analýzy možných řešení s cílem dosáhnout nejefektivnější kombinace Chen (2017) neuvádí, jde však o složku s prvky evaluace a debuggingu, zvolili jsme pro naše potřeby klíčové slovo „zobecnění.“

Tabulka 3.1 Vymezení dimenzí rozvoje informatického myšlení (Klement, Dragon, Bryndová., 2023)

Originální vymezení CSTA & ISTE	Klíčová slova	Odpovídající IM ⁷ dovednost
Formulace problémů pro strojové řešení	Formulace	Výpočetní koncepty
Logicky organizovat a analyzovat data	Data	Zpracování dat
Reprezentovat data pomocí abstrakcí	Reprezentace	Modelace
Automatizace řešení pomocí algoritmického myšlení	Algoritmické myšlení	Algoritmické myšlení, automatizace
Analýza možných řešení s cílem dosáhnout nejefektivnější kombinace	Nejefektivnější kombinace	Abstrakce, optimalizace
Zobecnění a aplikace procesu řešení konkrétního problému	Zobecnění	Evaluace, debugging, generalizace

Na základě této analýzy jsme stanovili deset dovedností spadajících pod šest dimenzí informatického myšlení, které se v operační definici doporučené Evropskou komisí v době počátku výzkumu (roku 2019) vyskytovaly. Specificky šlo o Evaluaci, debugging a zobecňování (generalizaci), abstrakci a optimalizaci, automatizaci a algoritmické myšlení, modelaci a oblast zpracování dat. Tyto dimenze byly následně komparovány s tehdy platnou tuzemskou kurikulární legislativou, které byla podrobena principiálně stejné analýze.

Oblast výpočetních konceptů je v tomto případě kontroverzní položkou. Původní definice hovoří konkrétně o „*Formulování problémů způsobem, který nám umožní využít počítač a další nástroje k jejich řešení*“ (CSTA&ISTE, 2016, vlastní překlad), jde tedy o doménu týkající se přenosu postupu řešení do výpočetního zařízení, nebo do jakéhokoliv nástroje, který řešení problému usnadní. Nemusí tedy jít přímo o znalost formální syntaxe, jako spíše o znalost syntaktických zásad a schopnost formulovat řešení dle potřeb tohoto nástroje. Označení výpočetních koncepty jsme zvolili v návaznosti na možnou obecnou interpretaci tohoto bodu operativní definice a mezinárodní důraz na mezioborové uplatnění informatického myšlení. Výpočetní koncepty pak představují schopnost uplatit při řešení problému konkrétní postupy, kterými je možné přenést vytvořený postup k řešení strojem, nebo dalším subjektem. Do jisté míry se tedy tato doména prolíná s koncepty, které v rámci informatického myšlení zdůrazňuje přístup založený na principu výpočetních pojmů,

⁷ IM – informatické myšlení, pro potřeby tabulek a grafů dále bude uváděna pouze zkratka

postupů a perspektiv, který je popsán v kapitole 1.2.2 (Výpočetní pojmy, postupy a perspektivy v kontextu infromatického myšlení).

V současné době se nejčastěji objevují dimenze abstrakce, dekompozice, algoritmického myšlení a ladění (někdy taktéž „debugging,“ dle ITIL (2012) jde o termíny, jenž je možné považovat za synonyma), které jsou někdy označovány jako „čtyřdimenzionální infromatické myšlení“ (Zapata et al., 2021), ale stále existují i rozšířená vymezení. Například Bocconi et al. (2016) na základě výzkumu realizovaného pod záštitou Evropské komise shrnuli dimenze infromatického myšlení, které se obvykle vyskytují v kurikulárních dokumentech jako abstrakci, analýzu a sběr dat, reprezentaci, dekompozici, výkonnost, evaluaci, zobecnění, logiku a logické myšlení, modelování, vzory a rozpoznávání vzorců a jejich opakování, simulaci, systémový přístup a vizualizaci.

Na základě těchto zahraničních vymezení jsme v rámci předvýzkumu stanovili šest výchozích dílčích dimenzí infromatického myšlení, které jsme nazvali Výpočetní koncepty (z anglického „*computational concepts*,“ Brennan a Resnick, 2012), Zpracování dat, Modelace a abstrakce, Automatizace a algoritmické myšlení a Optimalizace a Zobecňování. Tyto závěry byly publikovány v roce 2020 v monografii *Computational Thinking and How to Develop it in the Educational Process* (Klement, Dragon, Bryndová, 2021).

3.2 Dimenze infromatického myšlení v české legislativě

Jak jsme již dříve konstatovali, vymezení infromatického myšlení bylo v době tvorby výzkumného nástroje řešeno v rámci legislativy velmi obecně, přistoupili jsme tedy k analýze platných kurikulárních dokumentů s cílem určení konkrétních dimenzí infromatického myšlení, které by nabídly základ pro testování úrovně rozvoje infromatického myšlení v souladu s tehdejší, obecně přijímanou praxí.

V rámci této části výzkumu bylo analyzováno tehdy dostupné vymezení infromatického myšlení z dokumentu *Strategie digitálního vzdělávání* (MŠMT, 2014b) a metodiky *Stručné vymezení digitální gramotnosti a infromatického myšlení* (NÚV, 2018)⁸. Výsledky shrnuje tabulka 3.2 (Operativní vymezení dimenzí infromatického myšlení pro účely sestavení oblastí didaktického nástroje).

⁸ Původně dostupné na portálu Národního ústavu pro vzdělávání <http://www.nuv.cz/t/strucne-vymezeni-digitalni-gramotnosti-a-infromatickeho>, na který bylo odkazováno přes portálů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Nyní archivováno.

Tabulka 3.2 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení pro účely sestavení dimenzí didaktického nástroje

Vymezení dle MŠMT (NÚV, 2018) ⁹	Klíčová slova	Odpovídající IM ¹⁰ dimenze
(Abstraktní) formulace problémů s ohledem na jejich řešitelnost	-----	Abstrakce
Strukturace a předávání dat a informací	Data	Zpracování dat
Rozklad systémů a procesů, odhalení jejich vztahů a modelace situace	Modelování	Modelace
Formulace postupů a řešení	Formulování	Algoritmické myšlení
Vytváření formálních popisů	Formální popisy	Syntaxe, programování
Testování, analýza a vyhodnocení uvažovaných řešení	Vyhodnocovat	Evaluace, optimalizace, debugging

Původní vymezení Národního ústavu pro vzdělávání do velké míry kombinovalo dimenze rozeznané v zahraničních specifikacích s tím, že je často v jednotlivých bodech vymezení spojovalo, nebo opakovalo. Přistupovalo tedy k jednotlivým dimenzím jako provázaným konceptům. Například první bod vymezení „*formulace problémů s ohledem na jejich řešitelnost*“ v původním znění zahrnoval principy abstrakce a akcentoval důležitost strojového řešení problému. Většina tohoto specifického bodu vymezení informatického myšlení se týkala navíc postoje k problému, přesto, že klíčové slovo „*formulace*“ může implikovat dimenzi týkající se pouze formulace problému, či algoritmického myšlení. NÚV (2018) uvádělo „*(Žák) si průběžně všímá, co v jeho okolí lze zlepšit. (...) Zamýšlí se, jestli řeší skutečnou potřebu, ...*“ Šlo tedy primárně o složku informatického myšlení zaměřující se na žákovu vlastnost, spíše než exaktně ověřitelnou schopnost či dovednost.

Svým způsobem Národní ústav pro vzdělávání měl tedy tendenci slučovat jednotlivé koncepty informatického myšlení a podpořil tak hypotézu provázanosti dimenzí informatického myšlení, která však nebyla v době analýzy tohoto dokumentu v akademických kruzích natolik obvyklá, aby se o ní dalo hovořit ve faktické rovině. Tento přístup taktéž z velké části odrážel tehdejší přístup ke koncepci informatického myšlení v tzv. „širším smyslu,“ který později Bocconi et al. (2022) označili jako přístup

⁹ Jednotlivé body vymezení byly pro účely zpracování zkráceny a v tabulce jsou uváděny v jejich schematické podobě.

¹⁰ IM – informatické myšlení

k informatickému myšlení jako způsobu přemýšlení, který je spojen s řešením obecných problémů napříč obory, naproti od přístupu, který vnímá informatické myšlení jako schopnost přemýšlet v rámci koncepcí spjatými s výpočetními perspektivami.

Tento způsob přístupu k informatickému myšlení je patrný i v současně platném vymezení dle iMyšlení (PRIM, 2018), na které odkazuje metodický portál MŠMT. Následující tabulka shrnuje analýzu zmíněného vymezení, které je dostupné v předchozí kapitole, a srovnává je s oblastmi nalezenými v původním vymezení dle Národního ústavu pro vzdělávání.

Tabulka 3.3 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení dle aktuálně platné kurikulární revize

Vymezení dle iMyšlení (PRIM, 2018)	Klíčová slova	Odpovídající IM ¹¹ dimenze
Systematicky posoudit různá řešení, vybrat to nejvhodnější	Systematicky posoudit	Optimalizace, Evaluace
Uspořádat velké a nesourodé soubory dat	Data	Zpracování dat
Plánovat a řídit činnosti	Řízení činností	Abstrakce
Vytvářet a pečlivě popisovat postupy	Popisovat (formulace)	Algoritmické myšlení
Vybírat, které aspekty problému jsou podstatné pro jeho řešení	Vybírat	Zobecňování
Rozdělit problém na několik menších	Rozdělení	Modelace
Používat jazyky, kterými se domluvíme s počítači	Používat jazyky (formulace)	Syntaxe

Určené dimenze informatického myšlení opět odpovídají vymezení informatického myšlení jako mezioborovému způsobu řešení problémů (Bocconi et al., 2022) a zároveň se do velké míry shodují s evropskou legislativou a zahraničními trendy. Konkrétní srovnání vývoje dimenzí informatického myšlení v české legislativě v komparaci s původním vymezením Evropské komise uvádí následující tabulka. Originální vymezení byly pro potřeby tabulky vynechány, jsou však dostupné v předchozích shrnutích. Klíčová slova a fráze použité v adekvátních dokumentech byly vymezeny podle Chena (2017) a odpovídací oblasti dle Bocconi et al., (2022). Následující tabulka shrnuje vymezení všech zmíněných dokumentů a metodik.

¹¹ IM – informatické myšlení

Tabulka 3.4 Komparační tabulka vymezení informatického myšlení (IM) v rámci evropské a české legislativy

IM dimenze dle CSTA&ISTE, 2016	IM dimenze dle NÚV, 2018	IM dimenze dle PRIM, 2018
Abstrakce, optimalizace	Abstrakce	Abstrakce
Zpracování dat	Zpracování dat	Zpracování dat
Modelace	Modelace	Modelace
Algoritmické myšlení, automatizace	Algoritmizace	Algoritmické myšlení
Výpočetní koncepty	Syntaxe, programování	Syntaxe
Evaluaace, debugging, generalizace	Evaluaace, optimalizace, debugging	Optimalizace, Evaluaace
		Generalizace/zobecňování

Přestože je ze složek informatického myšlení, které tuzemské vymezení tradičně akcentuje, zjevné, že české pedagogické prostředí obecně přistupuje k informatickému myšlení jako ke koncepci nevázané na výpočetní pojmy, postupy a perspektivy. Proto v obou verzích metodiky, na kterou MŠMT oficiálně odkazuje, přetrvává použití formálního programovacího jazyka. V současnosti je složka Syntaxe, je jedním z klíčových bodů zavedení rozvoje informatického myšlení do národního kurikula v rámci dalších strategických kurikulárních dokumentů, a to včetně revidovaného RVP ZV.

Je tedy možné říci, že v rámci tuzemského kurikulárního a metodického prostředí můžeme za informatické myšlení považovat soubor šesti až sedmi dimenzí, specifiky Abstrakce, Zpracování dat, Algoritmické myšlení, Syntaxe, Evaluaace a optimalizace a Zobecňování. **Pro účely vytvoření diagnostického nástroje, který byl primárním cílem našeho snažení, je však vymezení založené pouze na kurikulárních dokumentech nedostačující.** Jedním z důvodů je i fakt, že v době tvorby designu výzkumného nástroje však tuzemský kurikulární systém umožňuje školám volit si programovací jazyk dle jejich dispozic a výuka algoritmizace a programování je tedy na českých školách značně nejednotná. Tato možnost škol podílet se na projektování vzdělávání ve smyslu vytváření vlastních vzdělávacích programů je zakotvena v systému školních vzdělávacích programů (ŠVP) a v době implementace kurikulární revize (2023) tato situace přetrvává. Školy si mohou volit i další podpůrné pomůcky k rozvoji informatického myšlení, jako jsou robotické stavebnice, dle vlastních dispozic a potřeb (Tupý, 2014; Klement, 2019).

Nebylo tedy možné při vlastní konstrukci diagnostického nástroje pro určení úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků, který měl být univerzálně distribuován a měl mít obecně diagnostické vlastnosti, omezit design na konkrétní formální programovací jazyk. Tato situace omezila možnosti sestavení specifikační tabulky testu, která by měla v ideálním případě vycházet ze specifických cílů výuky, na jejichž základě bývají sestavovány individuální úlohy testu (Štuka et al., 2021). Jedním ze základních kroků konstrukce didaktického testu je však určení obsahu, na který bude test zaměřen (Chráska, 2016). Přikročili jsme proto v rámci předvýzkumu k výzkumnému šetření mezi učiteli informatiky, které mělo za úkol specifikovat jejich přístup k výuce a koncepci informatického myšlení a sestavit první profil informaticky myslícího žáka.

3.3 Přístup českých pedagogů k informatickému myšlení a jeho rozvoji s ohledem na dimenze informatického myšlení

Konstrukční výzkum ve svém základním principu vychází ze spolupráce odborníků a pedagogů. Tímto dostává rozměr nad rovinu teoretického výzkumu, který je potenciálně oddělen od pedagogické praxe a může být v konfliktu se školskou realitou (Trna, 2011). Tvorba diagnostického nástroje ze své podstaty tedy musí reflektovat pedagogickou praxi, a vycházet z jasných představ o cílech učení (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021). Pro smysluplné měření úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků je tedy nutné nejprve analyzovat způsob, jakým k tomuto rozvoji na školách dochází.

V návaznosti na analýzu tuzemských kurikulárních dokumentů popsaných v předešlé kapitole jsme proto považovali za vhodné provést průzkum mezi pedagogy informatiky, který se zaměřoval na jejich individuální pojetí informatického myšlení, důležitost, kterou mu v rámci edukačního procesu přikládají a jejich požadavky na informaticky myslícího žáka. Tento průzkum proběhl na vybraných českých školách v roce 2020, zapadal tedy do inicializační fáze implementace programování a rozvoje informatického myšlení do škol, a vycházel z tehdy platné legislativy a portfolia publikací zabývajících se metodikou informatického myšlení.

V době realizace výzkumu nebyla také v České republice v platnosti kurikulární legislativa, která by plošně implementovala rozvoj informatického myšlení do základního vzdělávání. Jak bylo již uvedeno výše, *Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2020* a s ní související dokumenty vymezovaly informatické myšlení nekonkrétně a případné zařazení jeho rozvoje do výuky záviselo na vlastním pojetí individuálního pedagoga. Podobně,

zařazení programování do výuky bylo zcela v kompetenci ředitelů individuálních škol a jejich dispozic. Z toho důvodu výuková praxe v rámci základního vzdělání z velké míry opomíjela rozvoj programovacích schopností a inforatického myšlení (Klement, 2018).

Pro účely vytvoření didaktického testu, který by bylo možné plošně použít na základních školách bylo proto nutné analyzovat stav skutečného rozvoje inforatického myšlení na školách, a především pak přístupu učitelů k této koncepci. Primárním cílem tohoto výzkumu bylo tedy zmapování stavu rozvoje inforatického myšlení na základních školách v ČR z pohledu pedagogů, přičemž byl kladen důraz na zkoumání prerekvizit učitelů, se kterými ke koncepci inforatického myšlení přistupují a propojení inforatického myšlení a praktického programování, které bylo pro české legislativní vymezení specifické.

3.3.1 Metodologie realizovaného předvýzkumu

Výzkumný cíl tohoto šetření spočíval tedy **v určení dimenzí inforatického myšlení, které pedagogové rozeznávají, srovnání těchto dimenzí s kurikulárním vymezením a následné sestavení operativního multidimenzionálního vymezení inforatického myšlení** pro účely sestavení výzkumného nástroje pro měření úrovně jeho rozvoje u žáků.

Sběr potřebných výzkumných dat byl realizován formou strukturovaného dotazníku, který byl distribuován mezi učitele informatiky z 28 základních škol a nižších ročníků víceletých gymnázií a podobně strukturovaných škol (Lycea, Hudební akademie apod.), kteří vyučovali Informační a komunikační technologie a příbuzné předměty. Výzkumný vzorek byl poměrně malý z důvodu realizace průzkumu v době pandemie z přelomu let 2020 a 2021, kdy byli pedagogové extrémně vytíženi realizací distanční výuky. Z tohoto důvodu byla návratnost poměrně malá a celkem se výzkumu zúčastnilo pouze 47 respondentů z řad učitelů informatiky. Nicméně se domníváme, že realizovaný předvýzkum poskytl důležitý vhled do problematiky rozvoje inforatického myšlení na českých školách a pomohl přiblížit, jak respondenti z řad učitelů tuto koncepci vnímají.

Výzkum proběhl pomocí online dotazníku vytvořeného ve Formulářích Google, který obsahoval 29 otázek rozdělených do čtyř částí podle toho, jakou tematikou se daná část zabývala. První část byla zaměřena na údaje o respondentech, druhá na obecnou koncepci inforatického myšlení, třetí na zjištění toho, co si pedagogové představují pod pojmem

„informaticky myslící žák“ a poslední se týkala osobního postoje pedagogů k plánovanému začlenění rozvoje informatického myšlení do výuky.

S ohledem na konstrukci a zaměření výzkumu jsme v této fázi nepovažovali za vhodné stanovit výzkumné hypotézy, neboť to charakter výzkumu ani nedovoloval. Pro předvýzkum byly proto stanoveny následující výzkumné otázky:

Otázka 1: Považují učitelé informatiky informatické myšlení za koncept vázaný na výuku syntaxe?

Otázka 2: Které dimenze informatického myšlení učitelé informatiky nejvíce rozvíjejí v rámci svých hodin?

Otázka 3: Které dimenze informatického myšlení učitelé informatiky považují za nejvíce důležité?

Otázka 4: Shoduje se zjištěný přístup pedagogů ke koncepci informatického myšlení s legislativním vymezením?

Zároveň jsme se zaměřovali na vymezení dimenzí informatického myšlení, z jejichž analýzy následně vycházelo stanovení konkrétních očekávaných výstupů žáka v dílčích oblastech informatického myšlení. Následující část textu se zabývá relevantními body tohoto předvýzkumu.

3.3.2 Ověření dimenzí informatického myšlení

Na základě analýz zahraničních šetření týkajících se rozvoje informatického myšlení a výše zmíněných legislativních vymezení koncepce informatického myšlení, včetně očekávaných výstupů žáka, byly stanoveny konkrétní dimenze informatického myšlení. K těmto dimenzím byly přiřazeny související očekávané schopnosti a dovednosti, které by měly být v rámci těchto dimenzí rozvíjeny, a tedy i ověřovány v rámci připravovaného testu informatického myšlení.

Vzhledem k povaze připravovaného souboru testových otázek nebyly zvažovány tzv. „měkké dovednosti“, které by dle některých autorů měl informaticky myslící žák mít. Jejich zahrnutí v komplexu informatického myšlení bylo rozebíráno v kapitole 1.3.1 (Přístupy k implementaci rozvoje informatického myšlení). Zároveň kvůli provázanosti jednotlivých výpočetních konceptů a perspektiv, které není možné vždy specificky izolovat,

byla většina dimenzí koncipována jako souhrn dvou celků, podobně jako uvádí CSTA&ISTE (2011).

Specifické schopnosti a dovednosti vycházely primárně ze zmíněných výpočetních postupů dle Brennana a Resnicka (2012), rozboru existujících testů informatického myšlení (Angeli, 2016; Román-González et al., 2017), navrhovaného *RVP v oblasti informatiky a ICT* (MŠMT, 2019) a tehdejších tuzemských legislativních a didaktických rámců. Vytvořené dimenze informatického myšlení a doplněné o konkrétní schopnosti a dovednosti, které by měl informaticky myslící žák ovládat a které byly použity pro předvýzkum mezi pedagogy informatiky, shrnuje následující tabulka číslo 3.5.

Tabulka 3.5 Rozšířené vymezení dimenzí informatického myšlení s očekávanými výstupy žáka

Originální vymezení CSTA & ISTE	Klíčová slova dle Chen (2017)	Dimenze IM ¹²	Schopnosti a dovednosti	
			Formální formulace řešení	Obecná formulace řešení
Formulování problémů způsobem, který nám umožňuje používat počítač a další nástroje k jejich řešení.	Formulace	Výpočetní koncepty a syntaxe	1. Navrhnutí větveného řešení	1. Strojově zpracovatelný zápis algoritmu
			2. Použití funkcí	2. Formální zápis algoritmu
			3. Použití smyčky a cyklu	3. Matematický zápis algoritmu
			4. Navrhnutí paralelních úloh	4. Formulace obecně srozumitelného postupu
			5. Použití podmínky	5. Znalost formálního programovacího jazyka
Logické uspořádání a analýza dat	Data	Zpracování dat	Organizace	Analýza
			1. Zisk dat z textu	1. Porovnání struktury dat
			2. Zisk dat experimentem	2. Porozumění grafům
			3. Plánování zisku dat	3. Porozumění tabulkám
			4. Určení potřebných dat	4. Hodnocení reliability dat
5. Datové typy proměnné	5. Vyvození závěrů z dat			
Reprezentace dat prostřednictvím abstrakcí, jako jsou modely a simulace	Reprezentace	Modelace/ Abstrakce	Data v modelech	Algoritmy v modelech
			1. Ikonický popis dat (př. grafy)	1. Vývojové diagramy
			2. Tabulkový popis dat	2. Tvorba schémat procesu

¹² IM – informatické myšlení

			3. Úprava dat pro strojové zpracování	3. Tvorba animací řešení problému
			4. Aplikace dat v algoritmu	4. Návrh modelu problémové situace
			5. Datové struktury	5. Převod schéma do algoritmu
Automatizace řešení pomocí algoritmického myšlení (řada seřazených kroků)	Algoritmické myšlení	Automatizace/algoritmické myšlení	Automatizace	Algoritmické myšlení
			1. Automatizace řešení	1. Rozložení problému na dílčí části
			2. Využití opakujících se situací v problému	2. Zjednodušení problému bez ztráty jeho podstaty
			3. Efektivní využití technologií v řešení	3. Schopnost porovnat různá řešení
			4. Využití senzorů	4. Tvorba sekvence na sebe navazujících kroků
			5. Využití plánování úloh	5. Algoritmizace zadaných úloh
Identifikace, analýza a implementace možných řešení s cílem dosáhnout co nejefektivnější a nejúspornější kombinace kroků a zdrojů	Efektivita	Optimalizace	Debugging	Optimalizace
			1. Oprava chyb v cvičném řešení	1. Práce s operační pamětí
			2. Oprava chyb ve vlastním řešení	2. Odhadnutí výsledku procesu
			3. Použití technologie k vyhledání chyby	3. Ladění programu
			4. Znalost chybových hlášek systému	4. Optimalizace algoritmu
			5. Průběžné testování problému	5. Cílení na efektivní a úsporné řešení
Zobecnění a přenos tohoto procesu řešení problému na širokou škálu problémů	Zobecnění	Zobecnění	Zobecnění	Paralelizace
			1. Aplikace řešení na více problémů	1. Management kroků plánování řešení
			2. Tvorba univerzálního algoritmu	2. Organizace práce více prvků
			3. Rozhodovací procesy v algoritmu	3. Plánování paralelních úloh
			4. Učící procesy algoritmu	4. Organizace vlastní práce
			5. Použití neznámých	5. Schopnost kombinovat již hotová řešení

Z tohoto souboru dimenzí infromatického myšlení a příslušných schopností byl sestaven dotazník, který byl v rámci předvýzkumu distribuován mezi učitele informatiky, kteří v době výzkumu působili na základních školách, případně osmiletých gymnáziích a dalších středních školách vyučujících zároveň žáky i mladší patnácti let. Použitý dotazník

je součástí práce jako Příloha číslo 1 (Dotazník pro pedagogy týkající se přístupu k informatickému myšlení).

3.3.3 Zastoupení dimenzí informatického myšlení ve výuce na základních školách v ČR

Sběr potřebných výzkumných dat probíhal od listopadu roku 2020 do ledna roku 2021, kdy byl v České republice na základě usnesení vlády české republiky ze dne 12. října 2020 č. 1022 omezen provoz škol, a byla zakázána osobní přítomnost žáků ve třídách (Babiš, 2020; SMO, 2020). Z důvodu probíhající pandemie byl jako výzkumný nástroj zvolen strukturovaný dotazník distribuovaný skrze webovou aplikaci Formuláře Google.

Jak bylo již zmíněno, cílem výzkumu bylo vymezení dimenzí informatického myšlení, které pedagogové, kteří se s ním setkávají v praktické výuce, rozeznávají. V rámci jednotlivých výzkumných otázek stanovených v kapitole 3.3.1 (Metodologie realizovaného předvýzkumu) jsme došli k následujícím zjištěním:

- Otázka 1: Považují učitelé informatiky informatické myšlení za koncept vázaný na výuku syntaxe?

Tato část šetření měla pomoci objasnit, zda se chápání informatického myšlení a jeho rozvoje u pedagogů přibližuje spíše tehdejší koncepci MŠMT, která znalosti programovacího jazyka zdůrazňovala, nebo zda chápou informatické myšlení jako koncept nevázaný na programování.

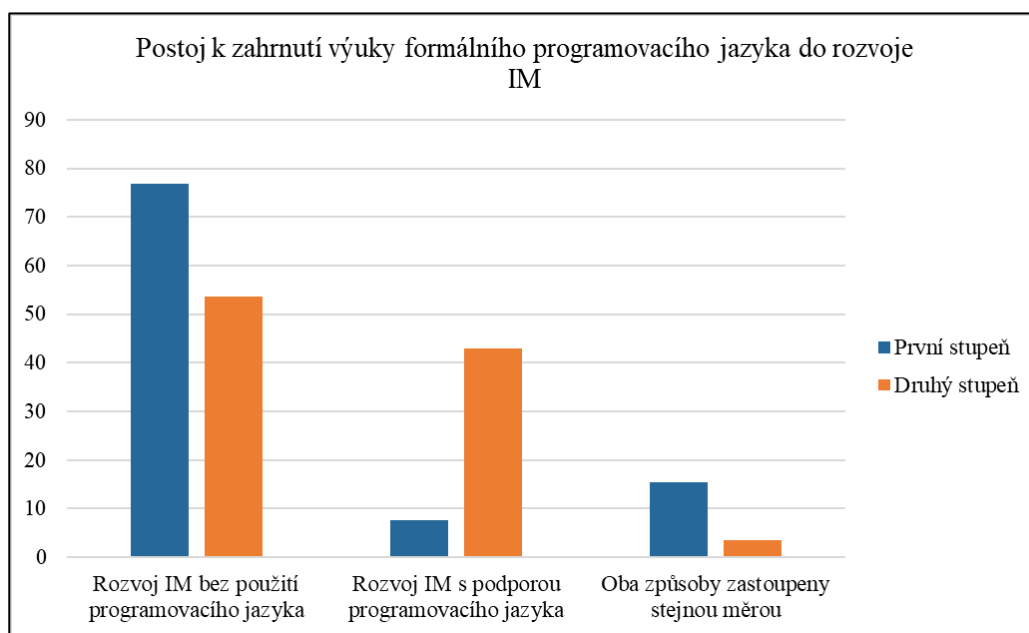
V rámci dotazníku byly respondentům položeny 2 otázky týkající se této problematiky:

- 1. Je z vašeho pohledu na druhém stupni základních škol důležitější rozvíjet u žáků informatické myšlení bez použití formálního programovacího jazyka/ za použití formálního programovacího jazyka/ oba stejnou měrou?*
- 2. Je z vašeho pohledu na prvním stupni základních škol důležitější rozvíjet u žáků informatické myšlení bez použití formálního programovacího jazyka/ za použití formálního programovacího jazyka/ oba stejnou měrou?*

Tyto otázky byly následně v rámci dotazníku doplněny otázkami, které se týkaly zastoupení různých dimenzí informatického myšlení ve vlastní výuce dotazovaných

pedagogů a k postojovým otázkám zaměřeným jejich osobní percepci informatického myšlení.

Výsledky naznačují, že v rámci výzkumného souboru respondenti z řad učitelů nepovažují informatické myšlení za koncept vázaný na formální programování, viz obrázek 3.1 (Zahrnutí programovacího jazyka do rozvoje informatického myšlení na základních školách). V kontextu rozvoje informatického myšlení na prvním stupni základních škol celkem 76.9 % respondentů uvedlo, že považují za důležitější rozvíjet u žáků informatické myšlení bez použití programovacího jazyka. Pouze 7.7 % dotazovaných uvedlo, že jim připadá důležité, aby bylo na prvním stupni ZŠ informatické myšlení rozvíjeno pomocí programovacího jazyka a 15.4 % respondentů zastávalo názor, že by rozvoj informatického myšlení za podpory formálního programování měl mít stejnou míru jako bez ní.



Obrázek 3.1 Zahrnutí programovacího jazyka do rozvoje informatického myšlení (IM) na základních školách

V kontextu rozvoje informatického myšlení na druhém stupni, došlo k poklesu počtu respondentů, kteří se přikláněli k možnosti rozvoje informatického myšlení bez použití formálního jazyka, přesto tuto možnost stále volila většina, tedy 53,6 % pedagogů. 42,9 % pedagogů, tedy taktéž značné množství, se přiklánělo k rozvoji informatického myšlení za podpory formálního programování stejnou měrou jako bez něj. Je tedy možné konstatovat, že v kontextu těchto výsledků není možné zcela vyloučit zapojení formálního programování jako nástroje pro cílený rozvoj informatického myšlení (Bryndová, 2022).

Z těchto faktů vyplývá, že v rámci skupiny respondentů ($n = 47$) valná většina nepovažovala informatické myšlení u žáků základních škol za koncept, který by vyžadoval znalost programovacího jazyka. V tomto ohledu se respondenti odkláněli od tehdejší metodiky MŠMT, která byla rozebírána v kapitole 2.2 (Vývoj přístupu k informatickému myšlení v české legislativě). Někteří učitelé z našeho výzkumného vzorku však považovali za vhodné v rámci rozvoje informatického myšlení seznámit žáky s programováním na druhém stupni základních škol. Šlo však o menší část respondentů.

Považovali jsme za vhodné ověřit, zda přístup i programování jako k nástroji rozvoje informatického myšlení a jeho zapojení do výuky, nějak souvisí s délkou praxe, genderem, nebo typem školy, na které respondenti působili. Provedli jsme proto korelační analýzu získaných dat pomocí Pearsonova korelačního koeficientu v statistickém software Statistica 12. Faktory byly ověřovány na hladině významnosti $p < 0,05$. Výsledky shrnuje následující tabulka.

Tabulka 3.6 Korelace genderu, délky praxe a typu školy respondentů s jejich přístupy k výuce syntaxe na ZŠ, (software Statistica 12)

Proměnná	Korelace (Tabulka dat1) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=47 (Celé případy vynechány u ChD)	
	Syntaxe na 2S	Syntaxe na 1S
Pohlaví	0,165301	0,207299
Délka praxe	-0,096828	0,362775
Typ školy	0,159355	0,122643

Z výše uvedené tabulky a ze statistického zpracování dat vyplynulo, že názor pedagogů na to, zda má být informatické myšlení na základních školách realizováno za pomoci programování, nezáviselo na jejich genderu, ani na typu školy, na které respondenti působili. Délka pedagogické praxe však statisticky významný vliv měla, jak uvádí tabulka 3.6 (Korelace genderu, délky praxe a typu školy respondentů s jejich přístupy k výuce syntaxe na ZŠ).

Následující analýza odpovědí odhalila, že respondenti s praxí kratší než 5 let, nebo naopak delší než 15 let, považovali za důležitější na prvním stupni základních škol rozvíjet informatické myšlení bez použití formálního programovacího jazyka. Ostatní faktory statisticky významně neovlivňovaly přístupy pedagogů k výuce syntaxe (programování a kódování) na základních školách.

- Otázka 2: Které dimenze informatického myšlení učitelé informatiky nejvíce rozvíjejí v rámci svých hodin?

Další stanovenou výzkumnou otázkou pro tento předvýzkum, bylo určení dimenzí, které informatického myšlení učitelé informatiky nejvíce rozvíjí v rámci svých hodin. Tato část výzkumu měla taktéž dvě části.

1. Prvním krokem bylo zjištění, zda respondenti dle jejich názoru cíleně rozvíjejí u žáků informatické myšlení v rámci svých hodin a případně, jakých hodin se tento rozvoj týká.
2. Druhým krokem bylo hodnocení konkrétních dimenzí informatického myšlení, které byly ve výuce respondentů zastoupeny, a to na základě hodnocení zastoupení jednotlivých konceptů v rámci každé dimenze.

Z odpovědí respondentů vyplynulo, že se v rámci vzorku ($n = 47$) pouze 14,3 % dotazovaných v rámci svých hodin nevěnovalo cílenému rozvoji informatického myšlení. Vzhledem k době distribuce dotazníku, tedy tři roky před implementací kurikulární revize, která poprvé do základních škol implementovala rozvoj informatického myšlení jako závaznou strategii, šlo o poměrně překvapivé zjištění. 46,4 % respondentů integrovalo výuku směřující k rozvoji informatického myšlení u žáků do „předmětu týkajícího se informatiky“ a zbývajících 39,3 % respondentů uvedlo, že na vlastní škole rozvíjí informatické myšlení i mimo předměty týkající se informatiky.

Ze statistického rozboru dat následně vyplynulo, že faktory genderu, délky praxe, typu školy respondentů a jejich přístupu k rozvoji informatického myšlení, neměly prakticky žádný vliv na zastoupení dimenzí informatického myšlení v rámci výuky. Následující tabulka shrnuje korelace těchto faktorů vůči celému celku informatického myšlení v rámci zastoupení ve výuce respondentů.

Tabulka 3.7 Korelace genderu, délky praxe a typu školy respondentů s výukou informatického myšlení (software Statistica 12)

Korelace (Tabulka dat1)	
Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$	
N=47 (Celé případy vynechány u ChD)	
Proměnná	Rozvíjí IM
Pohlaví	-0,006824
Délka praxe	-0,058810
Typ školy	0,340583

Jiná situace nastala v rámci korelací typu školy, kde respondenti působili a zastoupením rozvoje infromatického myšlení ve výuce. Ti respondenti, kteří působili na základních školách, se před implementací kurikulární revize věnovali rozvoji infromatického myšlení spíše než respondenti, kteří působili na středních školách a gymnáziích.

Vyučujete na škole některý z následujících datových konceptů? Pokud ano, do jaké míry? *

Mark only one oval per row.

	Vůbec ne	Zřídka	Často	Pravidelně
Porozumění graficky reprezentovaným datům (např. v grafech)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Porozumění textově reprezentovaným datům (např. v tabulce)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Samostatná analýza datových potřeb	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sběr dat (např. z článku, nebo vlastní měření)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Porovnání struktury dat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vyvození závěrů ze získaných dat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obrázek 3.2 Příklad dotazníkové otázky v předvýzkumu

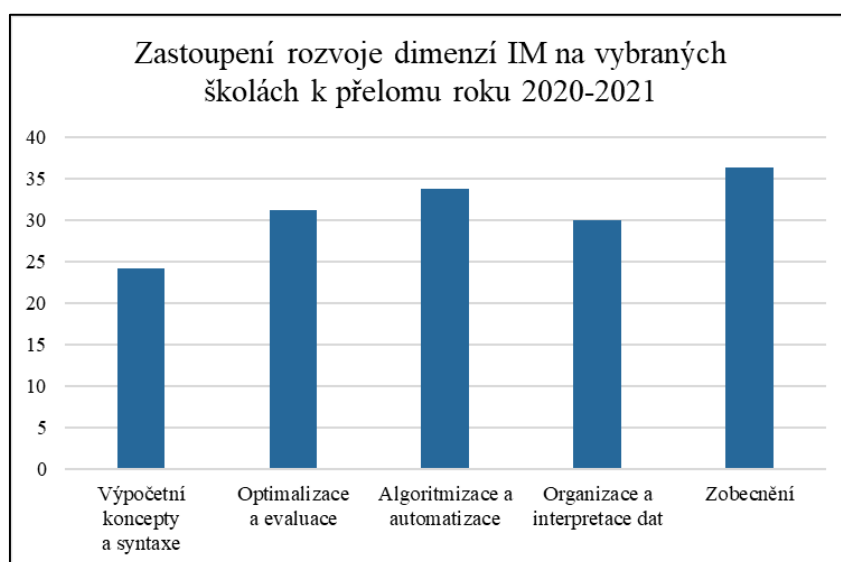
Učitelé dále hodnotili míru zastoupení jednotlivých vyučovaných konceptů ve svých hodinách na čtyřstupňové škále od žádného výskytu po pravidelný. Schopnosti a dovednosti byly v rámci dimenzí zastoupeny tak, jak je popisuje tabulka 3.5 (Rozšířené vymezení dimenzí infromatického myšlení s očekávanými výstupy žáka). Jak bylo již zmíněno, celý dotazník je obsahem Přílohy číslo 1, pro ilustraci však uvádíme i příklad otázky zaměřené na hodnocení zastoupení dimenze datových konceptů v hodinách, a to na obrázku 3.2 (Příklad dotazníkové otázky v předvýzkumu).

Je důležité znovu zdůraznit, že toto výzkumné šetření se zabývalo popisem stavu k přelomu roku 2020 a 2021. Šlo tedy o popsání situace před kurikulární revizí RVP ZV

v roce 2023. Tento faktor mohl přispět k tomu, že většina respondentů uvedla, že nevyučuje v rámci svých hodin výpočetní koncepty, jako jsou smyčky, nebo paralelní funkce, naopak, největší zastoupení v hodinách měla právě výuka zahrnující datovou analýzu a práci s informacemi.

Překvapivě, žádný z respondentů neuvedl, že by vyučoval častěji než zřídka dovednosti z dimenze, která byla definována jako „Reprezentace dat prostřednictvím abstrakcí, jako jsou modely a simulace“ a zkrácena jako „Modelace.“ Tento faktor se následně projevil i u akcentovaných dimenzí informatického myšlení a koncepce informaticky myslícího žáka z pohledu učitelů.

Celkovou situaci zastoupení rozvoje informatického myšlení ve výuce v době výzkumu shrnuje následující graf na obrázku 3.2 (Zastoupení rozvoje dimenzí informatického myšlení na vybraných školách). Data jsou zobrazena v procentech.



Obrázek 3.3 Zastoupení rozvoje dimenzí informatického myšlení (IM) na vybraných školách

Žádný z učitelů taktéž neuvedl, že by cíleně rozvíjel Abstrakci, ale podrobná analýza schopností a dovedností, které respondenti akcentovali, následně ukázala, že ji rozeznávají jako důležitou schopnost, která by se u žáků měla rozvíjet. Tento jev mohl souviset s nejasností vymezení jednotlivých dimenzí v dotazníku. Je možné, že ji respondenti nebyli při hodnocení dimenzí jako celků schopni rozlišit od modelace, nebo evaluace. Abstrakce byla v rámci výzkumného šetření spojena s Dekompozicí podle vzoru některých autorů (Brennan a Resnick, 2012; Angeli, 2016; Román-González et al., 2017).

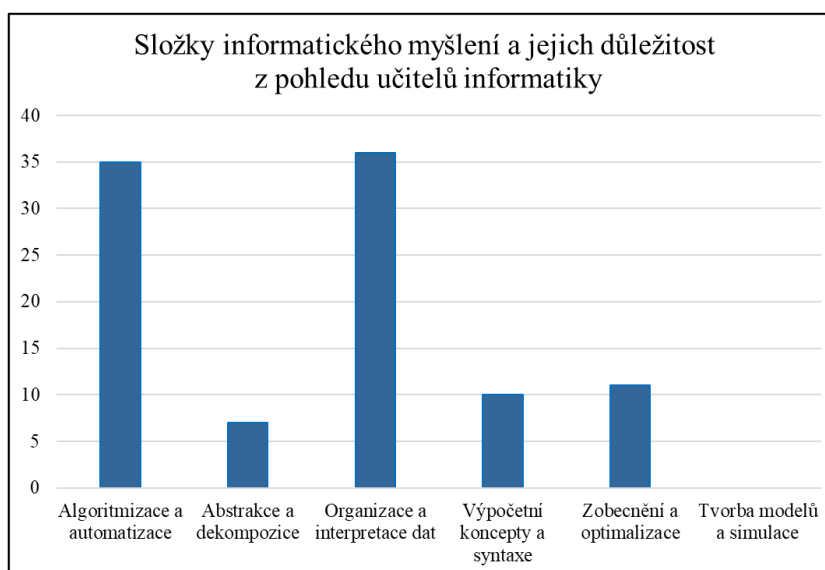
Z rozboru odpovědí pomocí korelační analýzy opět vyplynulo, že faktory jako gender, délky praxe, typu školy respondentů neměly prakticky žádný vliv na zastoupení dimenzí informatického myšlení v rámci jejich výuky. Výsledky této analýzy vyhodnocené pomocí software Statistica 12 shrnuje následující tabulka.

Tabulka 3.8 Korelace genderu, délky praxe, typu školy respondentů a zastoupení dimenzí informatického myšlení v jejich výuce (software Statistica 12)

Proměnná	Korelace (Tabulka dat1)					
	Syntax	Data	Mod/Ab	Alg/aut	Optim	Zobec
Pohlaví	-0,127315	-0,057328	0,211669	0,114525	-0,000000	-0,087466
Délka praxe	-0,220571	-0,051045	0,104839	0,148606	0,168140	-0,086468
Typ školy	0,094494	0,034473	-0,217257	0,202192	-0,000000	-0,117648
Rozvíjí IM	0,226194	0,020440	-0,288871	0,026134	0,123316	-0,148271

- Otázka 3: Které dimenze informatického myšlení učitelé informatiky považují za nejvíce důležité?

Jak bylo již avizováno, důležitá zjištění přinesl rozbor dimenzí, které učitelé v rámci tohoto výzkumného šetření, považovali za důležité pro rozvoj u žáků základních škol. Respondenti v tomto kontextu hodnotili jak důležitost dimenzí samotných, tak důležitost schopností a dovedností, které by měl informaticky myslící žák ovládat v rámci konkrétní dimenze informatického myšlení. Schopnosti a dovednosti byly v rámci dimenzí opět zastoupeny dle tabulky 3.5 (Rozšířené vymezení dimenzí informatického myšlení s očekávanými výstupy žáka) v předchozí kapitole. Respondenti hodnotili důležitost těchto dimenzí a dovedností na pěti stupňové škále od nejméně důležité po nejvíce důležitou.



Obrázek 3.4 Důležitost dimenzí informatického myšlení dle pedagogů informatiky (hodnoty jsou uváděny v procentech)

Výsledky tohoto hodnocení shrnuje následující graf na obrázku 3.3 (Důležitost složek informatického myšlení dle pedagogů informatiky). Jak je patrné, ve srovnávání jednotlivých dimenzí informatického myšlení respondenti přiřazovali nejvyšší důležitost dimenzi Organizace a interpretace dat a Algoritmickému myšlení a automatizaci. Naopak, žádný z respondentů nepřidal důležitost Tvorbě modelů a simulací.

Respondenti tedy **rozeznávali pouze pět dimenzí informatického myšlení**, a to zmíněnou Algoritmizaci a automatizaci, Organizaci a interpretaci dat, Zobecnění a optimalizaci, Výpočetní koncepty a syntaxi (později v rámci výzkumu přejmenováno na Syntaxe a kódování) a Abstrakci a dekompozici. Tento výčet taktéž zachovává pořadí jejich důležitosti, ačkoliv podrobná analýza akcentovaných dovedností a schopností, které se k těmto dimenzím vážou, odhalila, že respondenti mírně zdůrazňovali dimenzi Organizace a interpretace dat, než dovednosti v oblasti Algoritmizace a automatizace. Je důležité zmínit, že respondenti částečně rozeznávali dimenzi **Abstrakce i v jiných dimenzích informatického myšlení**.

Tato tendence opět poukazovala jak na potenciální provázanost jednotlivých dimenzí, tak na obecnou nejasnost vymezení informatického myšlení, která v době výzkumu mezi pedagogy převládala. Pokud by bylo při vyhodnocení celkové akcentace dimenzí zvažováno i zastoupení kýžených algoritmických schopností a dovedností v jiných dimenzích, byla by Algoritmizace značně více akcentována. Respondenti sami tyto schopnosti a dovednosti však za abstrakci nepovažovali.

Kompletní shrnutí důležitosti složek informatického myšlení dle dotazovaných učitelů bylo již publikováno v rámci článku *The Approach Of Computer Science Teachers To The Concepts Of Computational Thinking And The Implementation Of Its Development In Primary Schools* (Bryndová, 2022).

- Otázka 4: Shoduje se zjištěný přístup pedagogů ke koncepci informatického myšlení s legislativním vymezením?

Odpověď na poslední otázku, tedy zda přístup učitelů informatiky k informatickému myšlení v rámci našeho výzkumného šetření odpovídal tehdejším legislativním vymezením, je ve své podstatě záležitostí stručného shrnutí předchozích otázek.

Prvním důležitým faktorem je zastoupení výuky syntaxe, tedy programování v rámci výuky. Zatím, co v metodice platné k roku výzkumu (2020-2021) figurovalo zdůraznění

schopnosti žáka použít formální programovací jazyky (MŠMT, 2021b), z odpovědí respondentů vyplynulo, že vnímají inforatické myšlení jako koncept nevázaný na formální programování, ačkoliv programování a kódování za určitých okolností považují za nástroj vhodný k cílenému rozvoji inforatického myšlení u žáků.

Schopnost žáka používat některý z formálních programovacích jazyků, byla nejnižší hodnocenou kýženou dovedností, přičemž pouze 32 % respondentů jí přiřadilo nějakou důležitost. Ostatní respondenti z řad učitelů informatiky tuto schopnost označili za nedůležitou. Tímto se jejich pochopení inforatického myšlení blížilo spíše ke koncepci Jeanette Wingové, tedy za formu heuristické metody potřebné k řešení komplexních problémů.

Vliv tehdejší tuzemské legislativy na respondenty z řad pedagogů informatiky byl však pozorovatelný při podrobném prozkoumání jejich preferencí a názorů na jednotlivé dimenze inforatického myšlení. Největší důležitost přiřadili výuce organizace a interpretace dat, tedy výuce, která byla implementována do tehdy platného RVP. Tomu do vysoké míry odpovídala i praktická výuka respondentů.

Druhou akcentovanou dimenzí v rámci výuky byl rozvoj algoritmickeho myšlení, tedy souboru dovedností a schopností, které nejsou nutně vázány na programovací jazyk. S tím souviselo i mírně vyšší zastoupení dimenze Zobecnění řešení (tedy Generalizace dle některých autorů) ve výuce a s ním souvisejícími požadavky na inforaticky myslícího žáka. Dovednosti týkající se této dimenze, jako navrhování řešení problému tak, aby bylo opakovaně použitelné a navrhování řešení problému tak, aby bylo opakovaně použitelné, byly pedagogy výrazně akcentovány. V prvním případě tuto schopnost považovalo za důležitou 90 % respondentů a v druhém případě 85 %.

Zobecnění, Optimalizace a evaluace a Výpočetní koncepty a syntaxe byly však v rámci hodnocení důležitosti respondenty redukovány na necelou třetinu celku inforatického myšlení, jak znázorňoval obrázek 3.3 (Důležitost složek inforatického myšlení dle pedagogů informatiky). Koncepty týkající se tvorby simulací a modelace byly pak respondenty hodnoceny jako nedůležité, což vedlo v rámci celku inforatického myšlení z pohledu pedagogů k naprosté eliminaci této dimenze.

3.3.4 Dílčí závěr předvýzkumu

Z provedeného předvýzkumu vyplynulo, že dotazovaní učitelé informatiky přistupovali k informatickému myšlení jako ke konstruktu skládajícího se z pěti dimenzí. Konkrétně šlo o dimenze Výpočetní koncepty a syntaxe, Abstrakce a dekompozice, Zobecnění, Algoritmizace a automatizace a Organizace a interpretace dat. Dimenze Abstrakce se zdála mírně podhodnocena, protože nebyla některými respondenty rozeznávána jako samostatný celek. Byla však výrazně zastoupena v rámci akcentovaných dovedností, které by měly být v rámci rozvoje informatického myšlení žáka zahrnuty.

Vzhledem k tomuto zjištění, je možné říct, že se respondenti k počátku roku 2021 shodovali s tehdejší legislativním vymezením obecné koncepce informatického myšlení pouze částečně. Následující tabulka číslo 3.9 shrnuje tuto situaci.

Tabulka 3.9 Rozeznávané dimenze informatického myšlení dle legislativy a metodiky platné k r. 2021 a názoru dotazovaných pedagogů

IM ¹³ dimenze dle NÚV, 2018	IM dimenze dle PRIM, 2018	IM dimenze rozeznávané pedagogy, 2021
Abstrakce	Abstrakce	Abstrakce a dekompozice
Zpracování dat	Zpracování dat	Zpracování dat
Modelace (jako součást zpracování dat)	Modelace	-----
Algoritmizace	Algoritmické myšlení	Algoritmické myšlení
Syntaxe, programování	Syntaxe	Syntaxe, programování, kódování
Evaluace, optimalizace, debugging	Optimalizace, evaluace	Optimalizace (jako součást zobecňování)
-----	Generalizace/zobecňování	Generalizace/zobecňování

Respondenti zároveň měli tendence chápat koncepci informatického myšlení spíše v mezioborovém kontextu. Příkladali větší význam rozvoji informatického myšlení bez nutné znalosti programovacího jazyka, ovšem značná část respondentů považovala programování za vhodný nástroj pro výuku na druhém stupni základních škol.

Překvapivě nebyly zjištěny žádné statisticky významné korelace mezi postoji respondentů k výuce informatického myšlení, jako je např. akcentace jednotlivých dimenzí, a zahrnutím těchto konceptů, do jejich výuky. Je možné, že si respondenti nebyli při hodnocení jednotlivých dimenzí informatického myšlení jisti, které specifické výpočetní

¹³ IM – informatické myšlení

koncepty jsou zahrnuty v rámci jaké dimenze. To mohlo vést k nadhodnocení některé z dimenzí, ale následnému podhodnocení dílčích schopností a dovedností v rámci celku této dimenze, nebo obráceně, jak se pravděpodobně stalo u dimenze Abstrakce.

Kromě poukázání na problémy s nejasným vymezení informatického myšlení, které nemá ustálenou definici, může toto zjištění podporovat i hypotézu provázanosti dimenzí informatického myšlení, která byla rozebírána v předešlých kapitolách. Zatím, co u některých jasněji vymezených dimenzí informatického myšlení, se respondenti byli schopni většinou shodnout na jejich důležitosti, dimenze Zobecnění a optimalizace, Abstrakce a dekompozice a Výpočetní koncepty a syntaxe, byly značně podhodnocovány. Tuto problematiku ilustroval obrázek 3.4 (Důležitost složek informatického myšlení dle pedagogů informatiky).

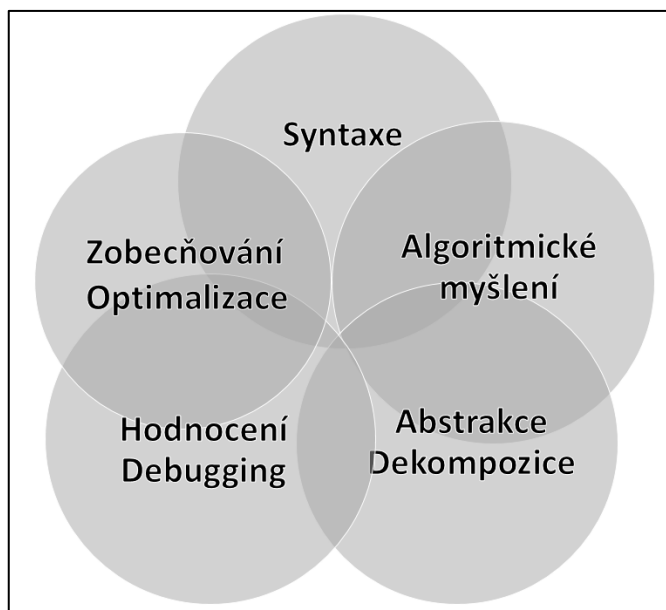
Informatické myšlení v kontextu výuky je tedy učiteli vnímáno jako komplex do určité míry propojených dimenzí, z nichž ne všechny mají jasně vymezené hranice. K podobným závěrům dochází i zahraniční autoři (Koh, 2014; Zapata, 2020; Guggemos et al., 2023). Tento faktor je nutné zohlednit při designování nástroje, který by měl měřit rozvoj informatického myšlení u žáků. Vyplývá z něj, že je velmi pravděpodobné, že při designu testových úloh nebude možné s určitostí stanovit jedinou dimenzi, které se daná úloha týká.

3.4 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení pro účely diagnostického nástroje

Na základě předvýzkumu zahrnujícího rešerše tuzemských i zahraničních legislativ týkajících se cíleného rozvoje informatického myšlení na základních školách, zahraničních výzkumů zabývajících se diagnostikou úrovně informatického myšlení a výzkumného šetření mezi učiteli informatiky, bylo stanoveno pět dimenzí informatického myšlení, které byly vymezeny tak, aby odpovídaly koncepci informatického myšlení ve stavu, v jakém je zakomponováno do nové informatiky v RVP ZV, jeho původnímu vymezení dle Národního ústavu pro vzdělávání a dimenzím, které jsou sami pedagogové schopni rozlišit.

Informatické myšlení tedy pro potřeby sestavení testu pro zjišťování úrovně informatického myšlení vymezujeme jako soubor pěti dílčích dimenzí, kterými jsou syntaxe

a kódování, zobecňování a optimalizace, algoritmické myšlení, abstrakce a dekompozice a hodnocení a debugging. Celkovou situaci představuje následující graf.



Obrázek 3.5 Finální vymezení dimenzí informatického myšlení pro potřeby testování rozvoje informatického myšlení na základních školách v ČR

V prvotním návrhu didaktických úloh pro tvorbu diagnostického nástroje se tedy pracovalo s těmito výpočetními koncepty:

- Syntaxe a kódování: v kontextu vzdělávání žáků na základních školách v České republice zahrnujeme tuto dimenzi do komplexu schopností a dovedností, které by měl mít informaticky myslící žák. Vymezuje ji jako schopnost zápisu řešení pomocí adekvátního programovacího jazyka či kódu, a to na úrovni odpovídající věku žáka. Dále pak jako pochopení principu tohoto zápisu, jeho kopírování a napodobení kódu podle zadání, orientaci v kódu a postupu řešení, dodržování zákonitostí zápisu, schopnost přepsat řešení tak, aby ho pochopil počítač, nebo adekvátní stroj, a další příbuzné výpočetní postupy a perspektivy týkající se zápisu řešení.
- Abstrakce a dekompozice: do této kategorie řadíme zjednodušení problému na základní podobu, případně na části a to tak, aby nebyly ztraceny podstatné informace, schopnost selekce a řešení důležitých částí problému a ignorování nerelevantních částí, hrubé plánování trasy, abstraktní návrh řešení, schopnost práce se schémata a schematickými podobami problému apod.

- Algoritmické myšlení: vymezujeme jako konkrétní plánování řešení problému s kroky, schopnost navrhnout řešení problému před tím, než se přepíše do formálního kódu, vytváření a čtení vývojových diagramů, a neformální kódování.
- Zobecnování a optimalizace: zahrnují schopnosti a dovednosti nalézat efektivní a úsporná řešení s využitím metodami zjednodušení kódu pomocí smyček, opakování a rekurzí, dále pak řešení více problémů jednou trasou, či řešením, identifikaci podobností a spojitostí problémům schopnost použití předchozího řešení v novém problému, zobecnění řešení, reprezentace, simulace a parametrizace řešení apod.
- Hodnocení a debugging: vymezujeme jako schopnost analýzy řešení, rozbor existujícího algoritmu a hledání a opravy chyb v něm, evaluaci vlastního řešení, výběr nejjednoduššího postupu a zkracování řešení, a schopnost předvídat výsledek situace a fungování algoritmu na základě kritické analýzy situace.

V některých případech byly jednotlivé dimenze sloučeny do dvojic na základě implikací vycházejících z výzkumného šetření mezi tuzemskými učiteli informatiky, z kurikulárních dokumentů a z názorů některých autorů na provázanost jednotlivých schopností a dovedností vedoucích k řešení určitého komplexního problému. Nemožnost striktně separovat jednotlivé úkony, které vedou k úspěšnému řešení problému, jako je například evaluace řešení a následná oprava, nebo úprava, naznačují provázanost dimenzí informatického myšlení v rámci praktické výuky.

Na základě faktů plynoucích z předvýzkumu, nevymezujeme zvlášť dimenzi, která by se zabývala daty, informacemi a modelováním. Tato kombinace se objevuje ve Vzdělávacím obsahu vzdělávacího oboru informatiky v revidovaném RVP ZV (MŠMT ČR & NPI ČR, 2023). Očekávané výstupy pro tuto oblast však uvádí schopnosti a dovednosti žáka, které pedagogové při výzkumu buď nepovažovali za důležité (dimenze Modelace), nebo je rozeznávali jako součást Abstrakce. Z tohoto důvodu Modelaci a zpracování dat nezahrnujeme jako oddělenou dimenzi, ale jako související dovednost, která prostupuje základními dimenzemi.

Informatické myšlení v rámci vzdělávání, jakožto konstruktivistický koncept, je navíc ve své podstatě založeno na komplexní práci žáka. Ta mu umožňuje rozvíjet své schopnosti a dovednosti pomocí činnostní výuky, tedy výuky, která utváří a rozvíjí jeho poznatky v rámci souborné praktické činnosti. Při cíleném rozvoji informatického myšlení

v rámci výuky bude tedy zpravidla docházet k rozvoji více než jedné dimenze informatického myšlení. To se týká i práce s daty, která je de-facto základem jakéhokoliv řešení problému, či komplexní činnosti využívající informatické myšlení. **Dá se tedy předpokládat, že i při evaluaci rozvoje nebude možné od sebe některé z dimenzí oddělit.**

3.5 Dílčí závěr

Nejasná koncepce informatického myšlení vede k rozdílným přístupům k jejímu vymezení nejen v rámci legislativy, ale i na úrovni pedagogické praxe. Jak vyplývá z našich poznatků, v době přípravy měřicího nástroje informatického myšlení se představa učitelů o tom, co informatického myšlení je, a jak by mělo být na školách rozvíjeno, lišila od tehdejší koncepce představované tuzemskými metodikami. Konstruktivní výzkum však spočívá ve vývoji výzkumných nástrojů ve spolupráci mezi výzkumníky a praktiky, protože takový výzkumný design má potenciál relevantně řešit problémy, které se vyskytují v praktické výuce. Zakomponováním výzkumu přístupu učitelů informatiky k informatickému myšlení jsme se přiblížili školní praxi, což napomohlo k operativnímu vymezení informatického myšlení pro účely našeho navazujícího výzkumu.

S ohledem na závěry předvýzkumu byl redukován počet dimenzí, které tvoří informatické myšlení na pět. Důvodem byl fakt, že pedagogové, kteří participovali na výzkumném šetření, nerozeznávali všechny dimenze informatického myšlení, které se objevují např. ve vymezeních dle NÚV (2018) nebo PRIM (2018). Tato redukce však není v kontextu teoretických rámců informatického myšlení ojedinělá. V zahraniční literatuře se pro vymezení informatického myšlení používá různorodý počet domén, což jsme popsali v kapitole 1.2.1 (Specifikace informatického myšlení pro účely vzdělávání z pohledu multidimenzionální koncepce).

Existují také výzkumy, které naznačují, že vnímání domén a jejich rozvoj se liší v různých státech a jejich školských systémech. Například Guggemos, který adaptoval CT-test Romána-Gonzála pro použití na školách ve Švýcarsku musel při vyhodnocení výsledků redukovat původní cílené dimenze testu z pěti na čtyři. Ačkoliv v původní Španělské verzi žáci vykazovali různou úspěšnost v pěti dimenzích, švýcarští studenti pouze ve čtyřech. Guggemos vyvozuje, že v jejich prostředí je pátá dimenze „konstruktem jiného typu“ než ostatní čtyři a je s nimi tak blízce provázaná, že ji nelze oddělit (Guggemos et al., 2023).

Podobné tendence sledujeme i u nás. Učitelé v řadách našich respondentů zároveň rozeznávali informatické myšlení jako soubor několika dimenzí, ne všechny však byli schopni rozlišit v rámci praktických úloh. Tato skutečnost podporuje hypotézu provázanosti dílčích dimenzí informatického myšlení, která byla poprvé zmíněna v kapitole 3.2 (Dimenze informatického myšlení v české legislativě), dle které nelze dimenze informatického myšlení s určitostí oddělit jednu od druhé. V rámci praktické výuky to znamená, že úlohy cílené na rozvoj informatického myšlení budou zpravidla rozvíjet více dimenzí zároveň.

Nabízí se však otázka, zda v takovém případě budou všechny dimenze informatického myšlení u žáků rozvíjeny stejnou měrou. Pokud existuje možnost, že některé dílčí dimenze budou u žáků rozvíjeny méně než jiné, je nutné designovat takový měřicí nástroj, který bude schopen rozvoj individuálních žáků v rámci jednotlivých dimenzí alespoň do určité míry posoudit. Nerovnoměrný rozvoj informatického myšlení, totiž naznačuje možnost určitého „hlubokého“ a „povrchního“ rozvoje u různých žáků, který by měl být sledován, analyzován a evaluován.

Jak je tedy možné diagnostikovat úroveň informatického myšlení? Touto a dalšími souvisejícími otázkami se budeme zabývat v další kapitole. V rámci toho poukážeme na klasickou teorii testování a vývoje standardizovaných testů v kontextu měření úrovně rozvoje informatického myšlení. Dále analyzujeme již existující zahraniční testy informatického myšlení a meze testování informatického myšlení z pohledu komparačních modelů taxonomie úrovně učebních a testových úloh.

4 Diagnostika informatického myšlení pomocí cíleného testování

Informatické myšlení je v současném pedagogickém diskurzu považováno za jednu z klíčových dovedností, které by měly být u žáků rozvíjeny v rámci základního vzdělávání. Nicméně jde o relativně nový koncept, který byl do národních kurikul implementován poměrně nedávno. Z tohoto důvodu existuje velmi málo validovaných nástrojů, které by bylo možné využít k hodnocení stupně rozvoje informatického myšlení u žáků. Testování žáků je však nedílnou součástí komplexního vzdělávacího procesu. Podává evaluaci jak žákova individuálního výkonu, tak celé výuky a je základní součástí komplexu tzv. pedagogické diagnostiky.

Pedagogická diagnostika bývá vymezena jako systém činností, které zahrnují analýzu procesu učení a výsledky tohoto procesu za účelem optimalizace učení (Skalková, 2007). Tato diagnostika může vycházet z porovnání výsledků žáka, nebo skupiny žáků s platnými kurikulárními dokumenty jako je RVP, nebo ŠVP. Výsledkem pedagogické diagnostiky je vytvoření pedagogické diagnózy, což je daty podložený závěr, na jehož základě je možné stanovit další pedagogický postup (Průcha, 2009). Ten následně může sloužit jako podklad pro individuální učitele k evaluaci jejich práce, nebo jako reflexe celého systému, například kurikulární revize. Je tedy možné říct, že podrobný průzkum stavu informatického myšlení u žáků základních škol může nabídnout souhrnný pohled na situaci rozvoje informatického myšlení v rámci základního vzdělávání.

Je překvapivé, že v tuzemsku, i přes proběhlou revizi kurikula pro vzdělávací oblast Informatika, neexistuje veřejně dostupný nástroj pro diagnostiku informatického myšlení, přestože právě tato data by mohla v budoucnu podat nezbytné informace pro ověření efektivity kurikulární revize. V responzi na jakoukoliv změnu části kurikula je vhodné vyvinout adekvátní didaktický nástroj, který bude dopad této změny sledovat, analyzovat a vyhodnocovat. To především z důvodu, že úspěšná implementace rozvoje informatického myšlení na školách musí být korigována, regulována a evaluována, případně porovnávána se situací na světovém měřítku.

Koncepce tohoto výzkumu tedy reaguje na aktuální nutnost vytvoření prakticky využitelných metodik pro diagnostiku rozvoje informatického myšlení u žáků na základních školách, a zároveň otevírá možnost posouzení stavu rozvoje informatického myšlení v populaci na začátku kurikulární revize tak, aby bylo možné její účinek později evaluovat a reflektovat. Tento rozvoj jsme se rozhodli měřit souborem testových úloh,

tedy didaktickým testem, zaměřeným na žáky pátých tříd. Důvody k výběru této skupiny popisujeme v rámci kapitoly 5.5 (Testovací vzorky jednotlivých fází testu). **Následující kapitoly se zaměřují na teoretické předpoklady pro vývoj diagnostického nástroje, kterým bude možné zhodnotit rozvoj informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol.**

4.1 Teorie didaktických testů v kontextu informatického myšlení

Didaktické testy jsou nástrojem pedagogické diagnostiky, které z pravidla slouží k měření výsledků učení ve školách, a to takovým způsobem, aby mohly být následně hodnoceny a interpretovány. Pojem didaktický test je obecně chápán jako zkouška, která je orientována na objektivní zjištění úrovně zvládnutí učiva u určité skupiny osob. Didaktický test by měl být systematický, ve smyslu dodržování předem daných pravidel při jeho konstrukci, zadání a vyhodnocení, a objektivní, tedy nezávislý na osobě učitele. Standardizované testy pak představují formu testů, které splnili speciální formální požadavky, kterými se budeme podrobně zabývat v rámci kapitoly 4.2 (Standardizace testů a její požadavky).

V praxi pedagogických výzkumů je možné rozeznat různé druhy didaktických testů, které jsou děleny podle očekávaného výstupu testování, úrovně přípravy testu, nebo povahy testované činnosti. Typicky jde o testy schopností, testy osobnosti a testy výkonu, případně testy rychlosti, u kterých nezáleží na znalosti žáka tolik, jako na rychlosti řešení, nebo testy úrovně, které se naopak zabývají primárně znalostmi a schopnostmi žáka. Valná většina v současnosti používaných testů vykazuje znaky právě testu úrovně (Chráška, 2016). V případě testování informatického myšlení je test nejčastěji designován jako test výkonu, ačkoliv je možné diskutovat, zda koncepce informatického myšlení jako kombinace určitých dovedností, schopností a postojů, neimplikuje, že by žáci měli být testováni i s ohledem na jejich individuální předpoklady a přístupy v kontextu informatického myšlení.

Pokud bude k informatickému myšlení přistupováno jako k formě inteligence, nebo určité predispozici, která je do nějaké míry vrozená, lze předpokládat, že pro měření informatického myšlení by bylo možné použít i test schopností. Podobně, pokud bude informatické myšlení chápáno v širším smyslu, jak jej původně vymezila Evropská komise (CSTA&ISTE, 2011), bylo by možné použít k hodnocení informatického myšlení u jedince i testy osobnosti, které jsou designované na evaluaci charakterových vlastností (Skalková, 2007; Chráška, 2016). Dokument CSTA&ISTE totiž do schopnosti informatického myšlení

zahrnuje i soubor měkkých dovedností (např. komunikativnost, vedení týmu, organizační schopnosti). V případě navrhovaného měřicího nástroje se však zaměřujeme na informatické myšlení v kontextu základního vzdělávání a přistupujeme k němu tedy jako k záměrně rozvíjenému souboru žákových schopností a dovedností, jejichž úroveň, a tedy i změna této úrovně, jsou exaktně měřitelné. Designovaný didaktický test je z tohoto pohledu tedy konstruován jako test výkonu.

4.2 Standardizace testů a její požadavky

Standardizované testy jsou ty, které mají ověřené základní vlastnosti, stanovené testové normy pro hodnocení dosažených výsledků a jsou obvykle doplněny manuálem (Chráska, 2016). Standardizované testy zpravidla tvoří specializované profesionální organizace a jejich příprava vyžaduje pilotní ověřování na větším vzorku žáků. Hlavním cílem standardizace u testů je zajištění prokazatelnosti, reprodukovatelnosti a dlouhodobé stability výsledků zkoušek s nějakým významem, čehož se dosahuje jednak standardizací podmínek testování, i testových úloh samotných (Štuka et al., 2021).

Pojem standardizace ve své podstatě znamená snížení nežádoucích vlivů na hodnocení, jako je třeba subjektivita zkoušejícího. Má však v kontextu testování a psychometrie více významů v závislosti na cíli, přičemž prvním významem je odborné posouzení souboru testových úloh. Jejím účelem je nastavení tzv. objektivní meze pro průchod zkouškou (Štuka et al., 2021). Pro tuto standardizaci se používá celá řada statistických metod a metod kalibrace testových úloh, mezi nimi např. Ebelova metoda, která byla v rámci tohoto testování použita pro odhad obtížnosti designovaných úloh testu. Vzhledem k podstatě plošného zjišťování úrovně rozvoje informatického myšlení jsme však nepřistupovali k určení hraničního skóre pomocí Ebelovy metody, ale relativní standardizací. Tuto skutečnost popisuje kapitola 5.1.2 (Ověřování validity testových úloh).

Druhý význam standardizace označuje stav, kdy jsou u zkoušky zajištěny rovné podmínky pro všechny testované. Tyto podmínky testování jsou s ohledem na online testování, které bylo zvoleno pro tento specifický výzkum, udávány Českou školní inspekcí (2015) a 5.3. (Standardizace podmínek testování). Hlavním přínosem standardizace testovacích podmínek je validita (správnost) a reliabilita (spolehlivost) získaných výsledků, což není pravidlem u běžného hodnocení ve školním prostředí a jde o prerekvizitu pro plošné, případně longitudinální testování.

Posledním významem je vytvoření standardů neboli testových norem pro konkrétní sadu testových otázek, aby získané výsledky individuálních žáků mohly být srovnatelné s reprezentativním vzorkem. Metody tohoto typu standardizace obvykle předpokládají normální rozdělení výsledků testovaných žáků a vycházejí z určování vzdálenosti individuálního skóre od aritmetického průměru. V tomto kontextu bývá obvykle vydáván společně s testem metodický materiál pro hodnotitele, který obsahuje pokyny pro organizaci a hodnocení zkoušky. Příkladem může být například hojně používaná percentilová škála (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021).

Standardizace je však poměrně nákladná a náročná činnost. V kontextu běžného pedagogického testování v rámci výuky se typicky objevují testy nestandardizované, u kterých nejsou vlastnosti známy, případně testy kvazistandardizované, které prošly částečnou standardizací (Chráska, 2016). Typicky se s kvazistandardizovanými testy setkáváme v případě, kdy byl test použit v paralelních třídách, případně na více školách s podobnou formou výuky (Hambleton, 1978). Kvazistandardizované studie byly v minulosti pro posouzení úrovně informatického myšlení použity již několikrát.

Ač jsou standardizované testy nezpochybnitelně přínosné pro mapování stavu rozvoje určitých schopností a dovedností v rámci populace, případně pro další kvantitativní výzkumy, na některé aspekty klíčových schopností, a to včetně určitých vlastností spojených s informatickým myšlením, se jeví jako nevhodné. Někteří autoři například zmiňují, že standardizované testování není schopno řádně měřit kreativitu, koncepční myšlení, úsudek a podobné abstraktní kognitivní procesy (Štuka et al., 2021). V určitých oblastech informatického myšlení tato skutečnost může být do určité míry omezující, vzhledem k podstatě informatického myšlení jako primárně konstruktivistickému konceptu. Na specifika tvorby, aplikace a meze testování informatického myšlení se podrobně zaměříme v rámci následujícího textu.

4.3 Testování rozvoje informatického myšlení ve světě a v České republice

Praktická implementace cíleného rozvoje informatického myšlení do mezinárodních kurikulárních standardů takřka okamžitě vnesla do diskusí téma určování úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků a studentů. Po více než dekádu probíhají pokusy o formativní i sumativní hodnocení a evaluaci žáků s ohledem na informatické myšlení, a to jak na individuální škále na úrovni jednotlivých škol, tak v rámci národních a mezinárodních iniciativ, jako jsou organizované testy jako *Bobřík informatiky* (angl. BEBRAS),

nebo *International Computer and Information Literacy Study (ICILS)*. Tato mezinárodní šetření však slouží primárně k popularizaci informatiky a nenabízí otevřený nástroj, který by mohl pedagogům pomoci k evaluaci jejich žáků a vlastní výuky.

Mnoho autorů se v současné době snaží o vývoj konkrétních diagnostických nástrojů, které by byly zaměřeny přímo na testování informatického myšlení a zároveň mohly poskytnout pedagogům metodiku pro evaluaci rozvoje individuálního žáka. Vzhledem k nejasnému vymezení koncepce informatického myšlení a velké rozmanitosti přístupů jde však o nelehký úkol, což má za následek řadu přístupů i k evaluaci rozvoje informatického myšlení (Weintrop et al., 2021).

Tang (2020) popisuje čtyři typy nástrojů používaných k hodnocení rozvoje úrovně informatického myšlení u žáků a studentů, které ve své podstatě vychází z teorie testování a testových úloh (Štuka et al., 2021). Jde o didaktické testy s otevřenými nebo uzavřenými otázkami, analýzu hodnocení praktické činnosti žáka, rozhovor a průzkum. Toto rozdělení doplněné o praktické příklady využití specifického nástroje ve světě i v tuzemsku shrnuje následující tabulka, původně publikovaná v Bryndová (2021b), nyní aktualizovaná.

Tabulka 4.1 Možnosti určování úrovně informatického myšlení

Evaluační nástroj	Typ úlohy	Praktické užití
Didaktické testy	Test informatického myšlení s otevřenými otázkami	Román-González (2015) Chen et al. (2017)
	Test informatického myšlení s uzavřenými otázkami	Dolgopolovas (2015) Bebras Computational Thinking Challenge Relkin (2020) Zapata (2020)
Analýza práce žáka	Analýza žákova portfolia	Román-González (2015) Moreno-León et al. (2015)
	Evaluace žákova výkonu při řešení zadaného úkolu	Koh (2014) Zhong (2016) Angeli (2020) Yin et al. (2020)
Rozhovor		Gülbahar (2018)
Průzkum	Zpravidla dotazník	Sáez-López a kol. (2016)

Kromě rozdílů vzniklých variabilními přístupy ke koncepci informatického myšlení se jednotlivé přístupy k evaluaci jeho rozvoje liší zaměřením testování a vhodností použití v závislosti na různých pedagogických prostředích. Didaktické testy a analýza práce žáka

představují formu hodnocení, která poskytuje zpětnou vazbu o průběhu výuky i o samotném rozvoji žáků. Jsou proto typicky používány v případech, kdy je potřeba objektivní deskripce, analýza a explanace úrovně rozvoje inforatického myšlení žáka.

4.4 Typy testování úrovně inforatického myšlení žáků

V současné době je popsáno několik typů evaluačních nástrojů, které je možné použít k určení úrovně inforatického myšlení žáka. V případě **didaktických testů** jde o nástroj vhodný k testování vyššího počtu žáků, například pro účely národních a nadnárodních výzkumů, nebo pokud je potřeba rychlé zmapování celkové situace. Část didaktických testů je zároveň možné považovat testy diagnostické, protože jsou schopny popsat konkrétní nedostatky testovaného (Štuka et al., 2021). V případě testování inforatického myšlení jde o testy, které v sobě zahrnují testování jednotlivých výpočetních konceptů, nebo subdomén inforatického myšlení a dovolují otestovat rozvoj žáka odděleně v jednotlivých oblastech.

První test inforatického myšlení, tzv. CT-test, vytvořil Román-Gonzáles v roce 2015. Šlo o soubor didaktických úloh kombinující uzavřené a otevřené otázky vytvořených v prostředí Scratch, který byl primárně zaměřený na žáky španělských základních škol. Tento test v konečné verzi obsahoval dvacet osm úloh. Podobný přístup zvolil Chen et al. (2017), jehož test byl také vázán na specifické programovací prostředí, ačkoliv se spíše, než na programování pomocí vizuálního programovacího jazyka orientoval na obecné úlohy zahrnující využití inforatického myšlení v každodenním životě. Test byl designován pro žáky pátých tříd základních škol a celkem obsahoval 15 uzavřených a 7 otevřených otázek.

Jak vyplývá z analýz existujících didaktických testů zaměřených na inforatické myšlení, mohou být tyto testy vázané na konkrétní programovací prostředí a programovací jazyk, nebo mohou mít obecnou formu. První případ je vhodný pro evaluaci specifického souboru žáků, kteří jsou zvyklí pracovat v určitém programovacím prostředí. Například v testu Román-Gonzálese bylo možné využít prostředí Scratch pro testování na celostátní úrovni, protože ve Španělsku je programování v prostředí Scratch součástí národního kurikula a je možné předpokládat, že jsou s ním všichni žáci seznámeni. Pokud je však cílem testování zhodnotit rozvoj inforatického myšlení u žáků, kteří nejsou zvyklí na specifické programovací prostředí, je vhodné využít obecné úlohy využívající intuitivní řešení nevázané na specifický programovací jazyk.

Analýza práce žáka, specificky analýza portfolií je někdy považována za nejvhodnější nástroj k evaluaci rozvoje informatického myšlení žáků, protože umožňuje sledovat přesný vývoj individuálního žáka (Tang, 2020.) Tento přístup však vyžaduje individuální přístup a dlouhodobou archivaci práce žáků v podobě projektů nebo v jiné formě archivovaného souboru. Portfolia jsou systematicky tvořené soubory ukázek práce individuálního žáka a mohou proto poskytnout objektivní hodnocení žákova vývoje během dlouhodobého vzdělávacího procesu. Portfolia jsou však velmi časově náročná, a to jak na přípravu, přičemž plánování celku musí plně odpovídat kurikulu, tak na evaluaci (Štuka et al., 2021). Někteří autoři používají k tomuto účelu předpřipravené programové prostředí Scratch, které usnadňuje evaluaci prací žáka tím, že nabízí archivaci žákových projektů. Tento přístup je mimo jiné propagován právě Román-Gonzálem (Bryndová, 2021).

Analýza portfolií je ve své podstatě konstruktivistický nástroj, který umožňuje hodnotit dosažení vyšších vzdělávacích cílů, a to i s přihlédnutím na kreativitu a rozvoj osobnosti individuálního studenta, či žáka. Zároveň je tímto eliminován jeden z hlavních problémů evaluace rozvoje informatického myšlení, kterým je situace, kdy je žák sice schopen dojít k řešení předloženého problému, ovšem toto řešení neodpovídá syntakticky žádnému formálnímu programovacímu jazyku (Bryndová, 2021). Pro účely plošného srovnávání rozvoje informatického myšlení nejde však o vhodný nástroj vzhledem k jeho kvalitativní podstatě, která neumožňuje standardizaci (Štuka et al., 2021).

Druhou možností evaluace žákova výkonu pomocí analýzy jeho práce je typický rozbor jeho řešení zadaného komplexního úkolu. Zpravidla se objevuje u konstruktivistické výuky s využitím propedeutických robotických stavebnic, kdy učitel hodnotí proces žákova přístupu k předloženému úkolu a výsledné řešení. Jde o vhodný přístup zejména u mladších žáků (Angeli, 2020). Pro plošný výzkum je však opět nevhodný s ohledem na jeho časovou a materiální náročnost a nemožnost standardizace.

Rozhovory a průzkumy jsou zpravidla doplňující formou evaluace, které nepatří k formálnímu hodnocení žákova výkonu. Tang (2020) zmiňuje rozhovor jako typický rozšiřující formu analýz práce žáka, přičemž slouží jako podpůrný nástroj k evaluaci žákova portfolia, nebo výkonu při řešení úkolu. Průzkumy mají typicky dotazníkovou formu a bývají využívány jako nástroj žákovy autoevaluace. Hodnotí zpravidla pouze žákovy osobní percepce a nenabízí objektivní pohled na úroveň jeho informatického myšlení.

Do doby našeho výzkumu, tedy do roku 2023, neproběhlo v tuzemsku žádné plošné testování informatického myšlení u žáků, které by mělo veřejně dostupné výsledky, nebo jakkoli podávalo reflexi výuky probíhající v rámci základního vzdělávání. Existoval soukromý nástroj CIRIL, jenž byl alternativou pedagogické diagnostiky iSophi a byl zaměřený na pedagogickou diagnostiku žáků mateřských škol a žáků na začátku školní docházky. Nezpřístupňoval však testování široké veřejnosti a tedy nenabízel možnost plošného testování rozvoje informatického myšlení v populaci¹⁴. Jediným pravidelným šetřením, které se z části zabývá zhodnocením úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků, zůstává Bobřík informatiky (angl. „*Bebras*“), která však slouží primárně jako nástroj popularizace tématu a není dostatečnou zpětnou vazbou pro učitele, ani pro účely obecného zhodnocení výuky. Podat ucelený obraz vzdělávací situace v mezinárodním kontextu mohl podat například výzkum *International Computer and Information Literacy Study*, který proběhl v roce 2018, ale do kterého se Česká republika z finančních důvodů nezapojila. Kromě zahraničních testů měřících úroveň informatického myšlení jako je například CT-test, v tuzemsku tedy, alespoň dle našich informací, neexistuje žádný dostupný nástroj týkající se evaluace rozvoje informatického myšlení u žáků.

4.5 Meze testování informatického myšlení

Jak může být z předchozích kapitol zřejmé, primárním problémem testování rozvoje informatického myšlení je neexistence jeho obecně přijaté definice. Informatické myšlení je ve své podstatě stále otevřený koncept, který se v reálném čase vyvíjí a dále specifikuje. Současná česká legislativa taktéž nespecifikuje koncepci informatického myšlení dostatečně konkrétně, aby bylo možné stanovit přesný soubor a úroveň schopností a dovedností, které by měl mít žák, aby byl považován za „informaticky myslícího.“ Národní ústav pro vzdělávání v návrhu revize ICT zmiňuje „*Informaticky myslící jedinec (žák) při řešení nejrůznějších životních situací cílevědomě a systematicky volí a uplatňuje optimální postupy*“ (NÚV, 2018, str. 2). Specifické schopnosti, které se k využívání informatického myšlení pojí, Národní ústav pro vzdělávání v rámci tohoto dokumentu však popisoval jen pomocí souboru dovedností pojících se ke specifickým dimenzím informatického myšlení. S jiným vymezením informaticky myslícího žáka se v rámci tuzemské legislativy a oficiální metodiky nesetkáváme. Je proto nemožné vytvořit diagnostický nástroj

¹⁴ Oficiální stránky nástroje CIRIL jsou dostupné zde: <https://isophi.cz/nastroj-ciril/>.

pro testování rozvoje inforatického myšlení, který by byl univerzálně platný a aplikovatelný na všechny přístupy, které se v pedagogické praxi objevují.

Nejnovější výzkumy naznačují, že by se k hodnocení inforatického myšlení měly používat různé nástroje, za účelem pokrýt tak různé perspektivy a dimenze inforatického myšlení (Zapata et al., 2021). Například Shuchi Grover navrhuje systém hodnocení (Grover a Pea, 2015), který kombinuje nástroje různých typů, jako je portfolio, dotazník, rozhovor a tradiční test, a je tak schopen pokrýt všechny dimenze inforatického myšlení. Ačkoliv jsou výhody tohoto přístupu zjevné již z předchozí kapitoly, jeho implementace na úrovni kvantitativního testování rozvoje inforatického myšlení u žáků je velmi obtížná, a to i kvůli nemožnosti standardizace všech částí takového nástroje.

V rámci kvalitní přípravy souboru testovacích otázek je taktéž nutné zvážit členění obsahu otázek dle jejich vnitřní komplexity v závislosti na standardních cílech vzdělávání, výchovy a odborné přípravy. I to je však kvůli absenci exaktně stanovených cílů výuky směřující k rozvoji inforatického myšlení u žáků v rámci kurikula potenciální problém. Kromě témat výuky, případně cílů vyučovacích jednotek, je obvyklé při návrhu didaktických úloh zvažovat úroveň obtížnosti individuálních otázek. Obtížnost individuálních testových úloh v případě didaktických testů se obvykle určuje pomocí adekvátních statistických metod, které však hodnotí až po jejich tvorbě a pilotním ověření. Kromě statistických přístupů k úrovním obtížnosti a expertních posudků, je však možné již při návrhu vycházet z různých metodických a taxonomických modelů.

Nejobvyklejším používaným taxonomickým modelem je revidovaná Bloomova taxonomie, která rozděluje vzdělávací cíle na čtyři hierarchické okruhy podle jejich komplexity, které jsou označovány jako „znalostní dimenze,“ z nichž každá zahrnuje dalších šest „dimenzí poznávání.“ Celkem tedy rozeznává faktuální, konceptuální, procedurální a metakognitivní znalostní dimenze a jako dimenze poznávací pak rozlišuje zapamatování, porozumění, aplikaci, analýzu, hodnocení a tvorbu (Hublová, 2014, Štuka et al., 2021).

Bloomova taxonomie vzdělávacích cílů ve své nejpoužívanější formě stanovuje šest úrovní vzdělávacích cílů seřazených od nejnižší po nejvyšší úroveň. Nejnižší úroveň je znalost (též zapamatování), následně pochopení (porozumění), aplikace, analýza, hodnocení a tvorba (Štuka et al., 2021). Při diagnostice rozvoje inforatického myšlení je obvykle nejnižší evaluovanou úrovní analýza, jenž je v Bloomově taxonomii popisována jako „rozbor složitého celku nebo problému na menší části, což umožní jeho lepší

pochopení“ (Štuka et al., 2021, str. 14), tedy vymezením, které je takřka totožné se schopností, kterou zařazuje jak česká legislativa, tak mezinárodní přímo do základní koncepce informatického myšlení. „*Rozložení problému na dílčí části*“ je jednou z primárních dovedností související s informatickým myšlením a často je součástí dimenze Algoritmické myšlení (CSTA&ISTE, 2011; NÚV, 2018; MŠMT, 2014b). Jeden z komparačních modelů Bloomovy taxonomie a informatického myšlení představila Selby již v roce 2015. Její model uváděl jednotlivé dimenze informatického myšlení v rámci třetí až šesté úrovně úrovní Bloomovy taxonomie. Pracovala s dimenzemi zhodnocení, algoritmické myšlení, abstrakce, datová abstrakce a dekompozice, a to v kontextu praktické činnosti vývoje programu.

Obecně se uvádí, že navzdory potřebě zastoupení všech zmíněných dimenzí, se v rámci běžného vzdělávání nejčastěji vyskytuje znalostní dimenze, která shrnuje úroveň schopnosti žáků pochopit text a porozumět mu a jejich faktické znalosti (Štuka et al., 2021). Naopak nejmenší zastoupení má v tuzemsku metakognitivní znalostní dimenze, která charakterizuje schopnost žáků vlastním přičiněním získávat nové poznatky a vědomosti, což zahrnuje jak individuální učící strategie, tak schopnost řešit problémy (Hublová, 2014). Aplikace Bloomovy taxonomie, nebo jakékoliv jiného taxonomického modelu obtížnosti, na koncepci informatického myšlení je však prakticky od začátku popularizace této koncepce předmětem neustálých odborných diskusí. Někteří autoři dokonce vznášejí otázku, zda vůbec existuje taxonomie, která by byla aplikovatelná na informatické myšlení, nebo výuku výpočetních konceptů jako takovou (Selby, 2015).

Z vymezení informatického myšlení vyplývá, že informatické myšlení zahrnuje nejen schopnosti v oblastech exaktních znalostí a porozumění, ale také kompetence na úrovních dovedností a postupů. S ohledem na to, že rozvoj informatického myšlení primárně činností výukou (Vaníček, 2018), je možné říci, že ve své podstatě plné využívání informatického myšlení v kontextu vzdělávání nutně zasahuje do nejvyšších úrovní modelů komplexity cílů vzdělávání, výchovy a odborné přípravy. Pokud budeme rozvoj cíleného informatického myšlení u žáků posuzovat například z pohledu Bloomovy taxonomie vzdělávacích cílů, je pravděpodobné, že budeme pracovat s jeho vyššími úrovněmi.

V následující tabulce 4.2 (Informatické myšlení v kontextu Bloomovy taxonomie) jsme se pokusili o komparaci základních dimenzí informatického myšlení s Bloomovou taxonomií, přičemž jsme vycházeli z vymezení informatického myšlení uváděným NÚV

(2018) a CSTA&ISTE (2011) a srovnávali jsme tyto vymezení se závěry ze zmíněného zahraničního výzkumu. Speciální situace nastává v případě dimenze inforatického myšlení, která se zabývá zpracováním a analýzou dat. Tuto dimenzi někteří autoři zmiňují, ale je prakticky nemožné ji vymanit z kontextu dalších dimenzí inforatického myšlení, například abstrakce (Selby, 2015). Samotná strohá práce s daty by pak dle Bloomovy taxonomie spadala do interpretování procedurální znalosti, tedy do druhé nejnížší složky taxonomie – porozumění. V samotném designu souboru testových úloh proto složku analýzy a zpracování dat (příp. datové abstrakce) neuvádíme.

Tabulka 4.2 Inforatické myšlení v kontextu Bloomovy taxonomie (od nejnížšího po nejvyšší hierarchický stupeň)

Vymezení schopnosti	Dimenze IM ¹⁵	Vymezení úrovně Bloomovy taxonomie	Úroveň Bloomovy taxonomie
Systematicky posoudit různá řešení, vybrat to nejvhodnější	Optimalizace, Evaluace	Kritické posouzení (hodnocení) metakognitivní znalosti	Pátá
Uspořádat velké a nesourodé soubory dat	Zpracování dat	Interpretování (porozumět) procedurální znalosti	Druhá
Plánovat a řídit činnosti	Abstrakce	Kontrolování (hodnotit) procedurální znalosti	Pátá
Vytvářet a pečlivě popisovat postupy	Algoritmické myšlení	Generování (tvořit) konceptuální znalosti	Šestá
Vybírat, které aspekty problému jsou podstatné pro jeho řešení	Zobecnění	Odlišování (analyzovat) procedurální znalosti	Čtvrtá
Rozdělit problém na několik menších	Modelace	Kritické posouzení (hodnocení) metakognitivní znalosti	Pátá
Používat jazyky, kterými se domluvíme s počítači	Syntaxe a kódování	Vykonání (použít/aplikovat) procedurální znalosti	Třetí

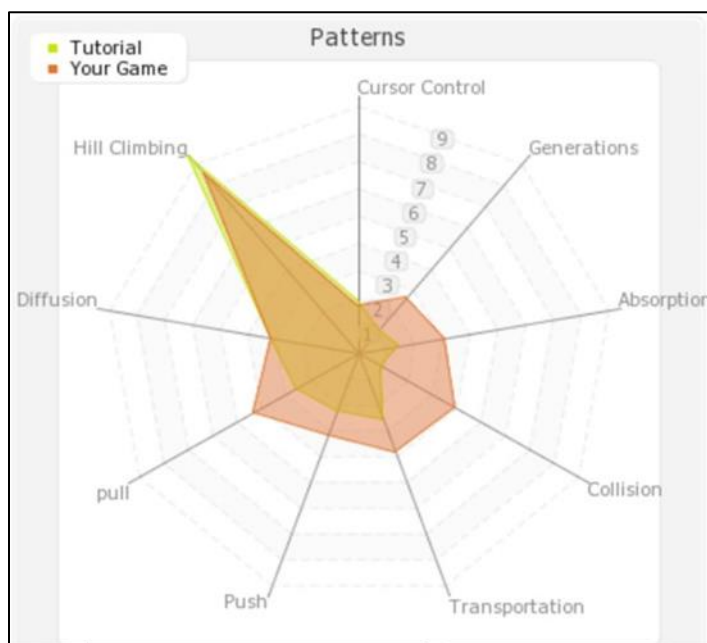
Vzhledem k provázanosti jednotlivých dimenzí inforatického myšlení je k úrovním zmíněným v tabulce třeba přistupovat jako k nejnížší hierarchické úrovni, ve které je daná schopnost, a tedy i dimenze inforatického myšlení, aplikovatelná. Například použití syntaxe a kódování (ve smyslu použití kódovacího, nebo programovacího jazyka)

¹⁵ IM - inforatické myšlení

hierarchicky náleží třetí úrovni, protože jde o procedurální použití znalosti, ale je možné jej použít i v testové úloze cílené na vyšší úroveň Bloomovy taxonomie.

Z toho vyplývá, že vzhledem k tomu, že se při výuce, a tedy i evaluaci rozvoje informatického myšlení typicky pracuje s praktickou činností žáka, je možné říci, že i testové úlohy by měly být designovány tak, aby zasahovaly až do nejvyšších úrovní Bloomovy taxonomie. Někteří autoři proto zavedené taxonomie pomíjejí a navrhují pro účely určení úrovně komplexnosti úloh týkajících se informatického myšlení, nebo výpočetních konceptů obecně, nové systémy rozdělení. Za zmínění například stojí Analýza vzorců informatického myšlení (*Computational Thinking Pattern Analysis*, CTPA) od Kju Han Koha (2014).

Tento online nástroj v podstatě slouží k evaluaci práce žáka vytvořené v rámci online webové aplikace a navrhuje systém hodnocení, který rozeznává devět úrovní schopností, postavených na konkrétních "herních strukturách" vytvořených didaktických úloh. Úrovně jsou určeny dle komplexnosti akce a úrovně osvojení dovedností, které žák musí k řešení vykonat jako je ovládání kurzoru, vytváření, absorpce atd. Skóre konkrétního žáka je následně vypočítáno z rozdílu mezi originálním řešením úlohy a žakovým řešením podle přítomnosti vzorců informatického myšlení a zpracováno jako Graf vzorců informatického myšlení (*Computational Thinking Pattern Graph*, CTPG). (Koh, 2014; Zapata et al., 2021) Příklad grafu vzorců informatického myšlení ilustruje následující obrázek 4.1.



Obrázek 4.1 Graf vzorců informatického myšlení získaný pomocí CTPA (Koh, 2014, str. 73)

Koh ve své práci vycházel primárně z vlastně sestavených standardů pro testování, které reflektovaly realitu zahraniční vzdělávací politiky. Je však zřejmé, že se v některých bodech přiblížil multidimenzionální koncepci informatického myšlení, která je obvyklá v evropském prostředí. Jeho výzkum podporuje myšlenku nerovnoměrného rozložení rozvoje jednotlivých dimenzí informatického myšlení pomocí učebních úloh, což je ilustrováno i na grafu výše. Z rozložení jednotlivých paprsků grafu je patrné, že daná didaktická úloha, kterou graf analyzuje, neměla rovnoměrné rozložení "herních struktur," ve kterých můžeme najít paralely s dimenzemi informatického myšlení. Tato skutečnost implikuje, že daná úloha, pokud je použita jako učební, bude rozvíjet primárně tu dimenzi informatického myšlení, která je v úloze nejvíce zastoupena (na obrázku struktura „*hill climbing*“). Podobně, pokud by šlo o testovou úlohu, bude evaluovat primárně stupeň rozvoje informatického myšlení v kontextu nejvíce zastoupené dimenze. Vzhledem k povaze informatického myšlení a úloh, které byly veskrze činnostní povahy, však není možné ostatní dimenze zcela eliminovat, což je zjevné z nenulového zastoupení ostatních herních struktur na obrázku.

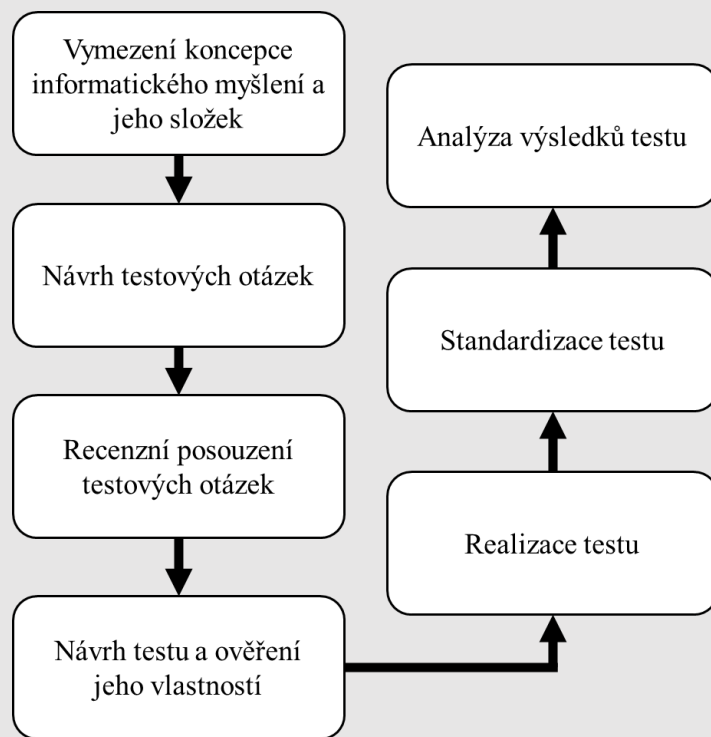
4.6 Dílčí závěr

Je tedy možné konstatovat, že k hodnocení rozvoje informatického myšlení pomocí testových úloh nestačí pouze využívat jednu úroveň náročnosti, nebo cílit tyto úlohy jen na jednu z dimenzí informatického myšlení. Vzhledem ke konstruktivistické povaze rozvoje informatického myšlení se jeví jako nejvhodnější zhodnocení žákova individuálního rozvoje kombinací evaluačních metod, avšak v rámci standardizovaného kvantitativního testování se jeví tato možnost jako velmi obtížně proveditelná.

Je tedy nutné sestavit evaluační nástroj, který bude pokrývat co nejširší spektrum složek informatického myšlení, a to včetně jeho důrazu na praktickou činnost žáka. Tento aspekt je přímou reakcí na potřebu praktické aplikace informatického myšlení. Máme-li garantovat, že vytvořený test informatického myšlení bude problematiku jeho rozvoje u žáka měřit skutečně komplexně, je nutné nastavit test tak, aby jeho dílčí části odpovídaly různým doménám informatického myšlení a tyto domény měly různé stupně náročnosti a obtížnosti, případně odpovídaly vyšším stupňům známých taxonomických úrovní.

Následující kapitola se proto zabývá samotným vývojem testových úloh, jejich validací a ověřením, standardizací testovacích podmínek, pilotním ověřováním a vlastní standardizací testu pomocí vytvoření standardizovaných škál výsledků. Z důvodu velmi

komplexního procesu tvorby vlastního testu uvádíme na následujícím obrázku 4.2 zjednodušené schéma tohoto výzkumu.



Obrázek 4.2 Schéma návrhu výzkumu a konstrukce výzkumného nástroje

V rámci předchozích kapitol jsme stanovili operativní vymezení informatického myšlení pro účely sestavení testu, který bude měřit jeho rozvoj u žáků. Nyní budeme v rámci následujícího textu v kapitole 5 (Design testových úloh a metodologie ověření vlastností didaktického testu) pokračovat návrhem samotných testových otázek a jejich validací pomocí recenzního posouzení, a to v souladu s výše popsanou metodologií.

Dalším krokem bude popis vlastního návrhu testu a jeho ověření na pilotním vzorku žáků pátých tříd, s následnou statistickou analýzou jeho vlastností. Poté popíšeme hlavní výzkumné šetření, tedy plošnou distribuci testu hlavnímu výzkumnému vzorku, jehož výsledky povedou ke statistické standardizaci testu.

5 Design testových úloh a metodologie ověření vlastností didaktického testu

Jak jsme již dříve uvedli, v době zahájení našeho výzkumu neexistoval žádný ověřený test inforatického myšlení, který by odpovídal legislativnímu vymezení pojmu inforatické myšlení v rámci kurikula EU a ČR. Z tohoto důvodu byly úlohy navrženy zásadně na základě předchozích zahraničních výzkumů zabývajících se tvorbou didaktických úloh pro rozvoj inforatického myšlení, jako je CT-test Romána-Gonzáleze (2015; 2017a; 2017b) či soutěž Bobřík inforaticky (angl. *The International Bebras Challenge on Informatics*), a také z teoretických základů 3D rámce Brennana a Resnicka (2012). Obsah testových úloh byl zaměřen především na oblasti rozvoje inforatického myšlení, které jsou definovány MŠMT v rámci jeho koncepce, zejména z revidovaného Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (2022) a doporučení Evropské komise, vypracovaných CSTA&ISTE (2012).

Vzhledem k volnosti výběru programovacích prostředí a metod výuky na tuzemských základních školách, nebylo možné pro test použít jednotné programovací prostředí, jak je tradičně používají pro evaluace žákovy rozvoje dostupné zahraniční testy (Dolgopolovas, 2015, Chen et al., 2017, Román-González, 2017, etc). Soubor učebních úloh byl proto designován pro žáky bez vstupních zkušeností s formálním programováním. Tímto přístupem byla zároveň značně eliminována možnost chybovosti vzniklé nepochopením zadání kvůli neznalosti výpočetních pojmů a konstruktů, u kterých se dalo předpokládat, že je všichni žáci za dobu svého studia nezískali.

Testové úlohy byly tedy navrženy tak, aby nebyly závislé na konkrétním programovacím jazyce nebo prostředí, a umožňovaly tak široké nasazení ve výuce bez nutnosti specializovaného softwaru (grafické úlohy s možností tisku a ručního vyplňování). Každá testová úloha se skládala z komplexního úkolu, jehož řešení vyžadovalo využití určité dimenze inforatického myšlení.

Aby se předešlo problému s hádáním správných odpovědí, měla každá úloha testu na výběr ze čtyř odpovědí. Na každou otázku bylo nutné v rámci testu odpovědět, nebylo možné nevybrat žádnou odpověď. Alespoň jedna odpověď tedy byla povinná. Každá správná odpověď byla ohodnocena jedním bodem, za špatnou odpověď se body neodečítaly. Konečný soubor testových úloh byl seřazen podle vzrůstající obtížnosti, přičemž všechny


testované dimenze informatického myšlení byly zastoupeny rovnoměrně. Následující obrázek 5.1 (Příklad testové úlohy zaměřené na syntaktickou dimenzi informatického myšlení) ilustruje princip designu vytvářených úloh.

Následující příkaz pro otočení kola **na obrázku A**, můžeš zapsat i jako $((\text{Otoč } x5) x2)$. Kolo se pak **otočí desetkrát**.

Pokud bys chtěl, aby se kolo otočilo **tříkrát** jako na **obrázku B**, jak bys to mohl zapsat?


A

Příkaz: $((\text{Otoč } x5) x2)$



B

Příkaz: _____



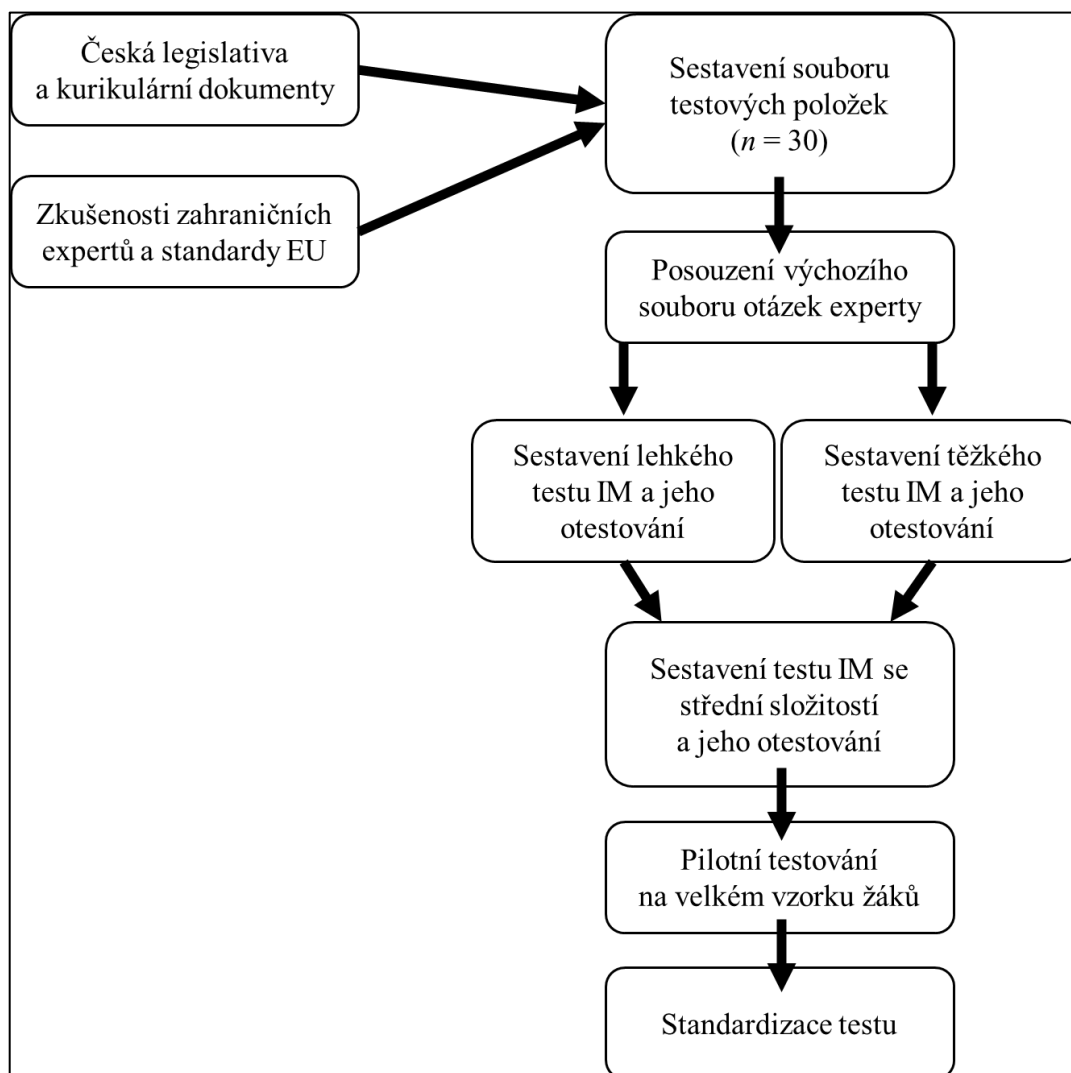
$((\text{Otoč } x3) x0)$
 $((\text{Otoč } x1) x3)$
 $((\text{Otoč } x3) x1)$
 $((\text{Otoč } 3)$

Obrázek 5.1 Příklad testové úlohy zaměřené na syntaktickou dimenzi informatického myšlení

V počáteční fázi tvorby souboru testovacích úloh bylo vytvořeno celkem třicet testových úloh se vzrůstající obtížností, které odpovídaly ve stejném poměru všem pěti předem stanovených dimenzí informatického myšlení, viz kapitola 3.4 (Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení pro účely diagnostického nástroje). Každá testová úloha byla koncipována jako uzavřená otázka s výběrem odpovědi. Z tohoto souboru bylo po expertním posouzení vybráno dvanáct otázek lehkých a dvanáct otázek těžkých, což je počet adekvátní věkové kategorii testovaných žáků, které tvořily první verze testu. Otázky byly následně seřazeny dle vzrůstající obtížnosti a distribuovány mezi pilotní soubor žáků.

Po prvním výzkumném šetření byly oba testy analyzovány a byly ověřeny vlastnosti jednotlivých testových otázek. Po vyloučení otázek, které i přes expertní posouzení nevyhovovaly požadavkům na obtížnost a citlivost, byl sestaven finální test informatického myšlení. Tento test zahrnoval rovnoměrně různé dimenze informatického myšlení, jejichž individuální rozvoj jsme chtěli v rámci testování ověřovat. Tento finální test byl

následně distribuován mezi žáky a znova ověřen. Jednotlivé kroky designu testu a jeho validace ilustruje následující schéma na obrázku 5.2 (Schéma designu testu a jeho validace).



Obrázek 5.2 Schéma designu testu a jeho validace

Schéma popisuje celkovou metodologii výzkumu a je tedy naprosto zásadní pro pochopení celého procesu designu testu, jeho pilotního ověření a standardizace. Ilustruje jednotlivé kroky, které vedly k redukci počtu úloh ze třiceti na výsledných dvanáct, a to včetně testování jednotlivých obtížností testu. Výsledné distribuované testovací soubory se tedy skládaly z dvanácti testových otázek s výběrem ze čtyř odpovědí a krátkého osobního dotazníku, který zahrnoval otázky týkající se věku respondenta a jeho genderu. Konkrétní kroky, které vedly k optimalizaci obtížnosti úloh, jsou obsahem kapitoly 5.3 (Analýza vlastností testových úloh).

5.1 Tvorba testových úloh

Didaktický test je sestaven z jednotlivých položek, kterým se říká testové úlohy, testové položky, nebo testové úkoly (Chráska, 2016). Jak uvádí RVP v odkazu na Pedagogický slovník, testové úlohy jsou specifickou podkategorií učebních úloh, které jsou projektovány se záměrem testování žáka (Průcha et al., 2004). Pro náš výzkum jsme zvolili výraz testová úloha, kterým myslíme komplex otázky i výběru odpovědí. Pro design testovacího nástroje s očekávanou plošnou distribucí jsou nejvýhodnější uzavřené úlohy, u kterých je možné rychle vyhodnotit správnost odpovědí, a jsou dobře automaticky zpracovatelné. Díky tomu je hodnocení jednoduše reprodukovatelné, čímž se usnadňuje standardizace. Právě z tohoto důvodu jsme pro design výzkumného nástroje zvolili právě uzavřené úlohy. Nevýhodou uzavřených úloh je možné znevýhodnění žáků, kteří mají problémy s pozorností, popřípadě podléhají stresovému faktoru. Tyto nedostatky však lze do určité míry eliminovat pomocí standardizace testovacích podmínek a statistickým ověřením vlastností testových úloh (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021).

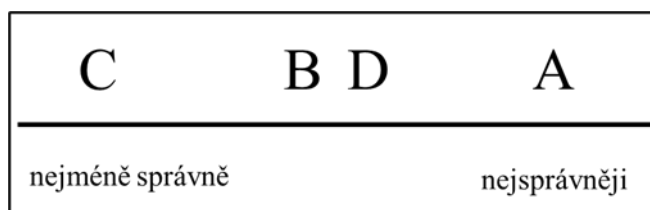
Uzavřené úlohy mohou mít formu výběrových, přiřazovacích a uspořádacích úloh. Vývěrové úlohy lze dělit na úlohy s jedinou správnou odpovědí (někdy označovány jako SBA z angl. *single best answer*) a úlohy s mnohočetným výběrem (MCQ z angl. *multiple-choice question*), přičemž nejefektivnějším typem jsou právě úlohy s jedinou správnou odpovědí (Štuka et al., 2021). Pro testování pomocí úloh s jedinou správnou odpovědí je výhodnější, když žádná z nabízených možností není zcela chybná, pro zachování homogenity nabízených možností, není to však podmínkou. Taktéž je možné setkat se s případy, kdy je vhodné, aby z nabízených možností nebyla žádná zcela správná. Řešení však musí být vždy jednoznačné, což zpětně může negativně ovlivnit komplexitu vlastního zadání úlohy. Design nabízených odpovědí je proto zcela závislý na specifických okolnostech testování a cílové skupině žáků (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021). Vzhledem ke kvantitativní povaze výzkumu byly zvoleny právě úlohy s jedinou správnou odpovědí.



Obrázek 5.3 Navrhovaná testová úloha

Pro zachování reliability testu je nutné, aby všechny nabídnuté odpovědi byly homogenní, tedy aby žádná z možností výrazně nevybočovala a neobsahovala relativizujících termíny jako „výjimečně,“ či „zřídka,“ Zároveň je vhodné, aby bylo možné odpovědi seřadit dle jejich správnosti, tedy nabídka by měla obsahovat dostatek odpovědí, které nejsou absolutně správné (Chvál, 2015; Zvára, 2019). Tento princip je demonstrován na následujícím obrázku zachycující jednu z otázek designovaných pro test infromatického myšlení pro žáky pátých tříd v lehké kategorii.

Nabízené odpovědi jsou principiálně zcela identické, nelze tedy na první pohled rozpoznat, které možnosti jsou nesprávné. Následné řazení odpovědí dle jejich správnosti lze provést expertním posouzením, kdy posuzující experti přidávají nabízeným možnostem určitou váhu. Pokud výsledné řazení dosáhne expertní shody, lze nabízené odpovědi považovat za homogenní (Štuka et al., 2021). Po analýze nabídnutých odpovědí v úloze na předchozím obrázku lze sestavit následující vizualizaci uvedenou na obrázku 5.4.



Obrázek 5.4 Jednoduchá otázka s výběrem ze čtyř odpovědí

Z tohoto řazení vyplývá, že nejméně správnou z nabízených možností, je odpověď C, zatím, co nejvíce správnou možností je odpověď A. Odpovědi B a D vykazují velmi podobnou, respektive v tomto případě takřka identickou úroveň nesprávnosti, nicméně vzhledem k cílené úrovni žáků pátých tříd základních škol, je tato principiální podobnost řešení přípustná. Nabízené možnosti lze tedy lineárně sesadit dle obtížnosti a lze je považovat za homogenní. Tento postup byl aplikován při tvorbě všech navrhovaných testových úloh.

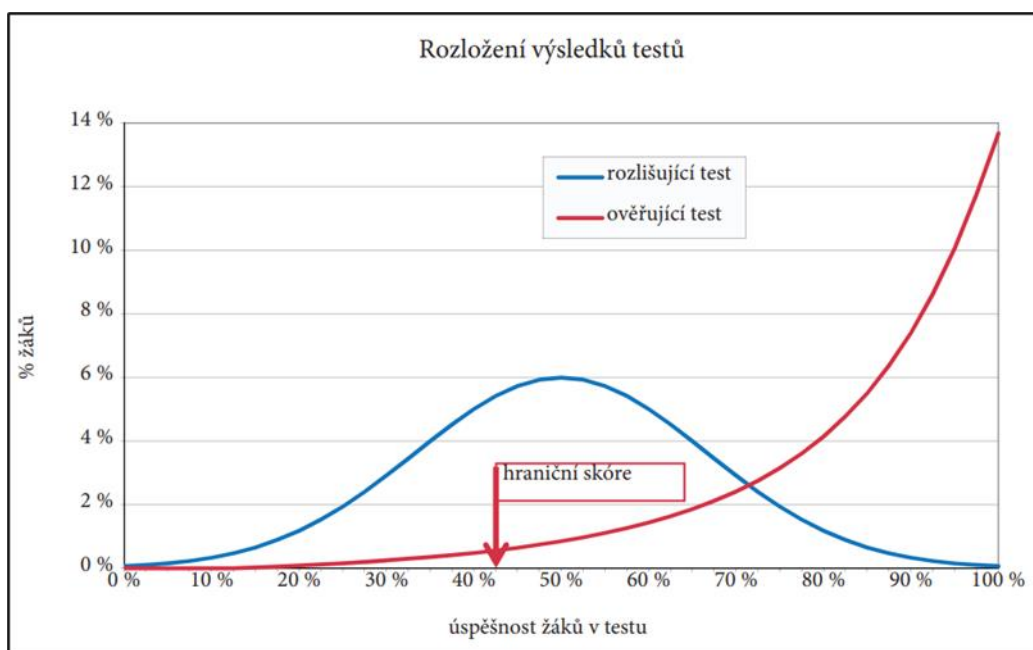
5.2 Ověřování vlastností didaktického testu

Kvalitní didaktický test musí splňovat určitá kritéria a vykazovat určité vlastnosti. Typickými kritérii, která didaktický test musí splňovat, jsou validita, reliabilita, citlivost a určitá obtížnost, případně objektivita, praktičnost a ekonomičnost (Štuka et al., 2021; Chráska, 2016; Chvál et al., 2015). Tato kritéria by měla být zvažována již při konstrukci samotného testu, protože výchozím bodem každého designu testovacího nástroje je zpravidla specifikace účelu testu. Vlastní ověřování elementárních vlastností nástroje je

pak záležitostí jeho standardizace v rámci ověřování, hodnocení a interpretace podle určitých, předem stanovených pravidel.

Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy je předmětem mnoha publikací, z nichž nejvýznamnější v rámci českého školství je pravděpodobně stejnojmenný dokument zpracovaný Chválem (et al., 2015) a vydaný Českou školní inspekcí (dále ČŠI). Jak bylo již zmíněno, pro účely našeho výzkumu volíme didaktický test s uzavřenými otázkami ve formě učebních úloh. ČŠI stanovuje pro takový didaktický test následující kritéria:

- Validita: podle některých autorů je validita nejdůležitější vlastností didaktického testu. Míra validity určuje míru shody mezi výslednými daty a požadovanými daty. (Chráska, 2016). Dle ČŠI je validitu nutné prokázat prostřednictvím hodnocení expertů, kteří posuzují, zda je řešitelův výkon v testu designem nástroje skutečně zobecněn na oblast, kterou má měřit.
- Obtížnost úloh: obtížnost je jednou ze statisticky ověřitelných vlastností. Při analýze obtížnosti se využívá pilotního testování nástroje na přiměřeně velkém vzorku testovaných osob na základě kterého, je následně stanovena obtížnost daných úloh. Při správně designovaném rozlišovacím didaktickém testu největší podíl žáků zvládne test vyřešit přibližně s padesátiprocentní úspěšností, rozložení výsledků testů pak odpovídá Gaussově křivce.



Obrázek 5.5 Typické rozložení výsledků žáků v rozlišovacím a ověřovacím didaktickém testu (Chvál et al., 2015, str. 84)

- Citlivost: je někdy nazývána rozlišovací schopností úloh a určuje, zda daná úloha zvýhodňuje testované osoby s lepšími vědomostmi, nebo osoby s horšími vědomostmi.

Chvál (2015) zmiňuje, že při konstrukci rozlišovacího testu by měly být uplatňovány většinou úlohy, které mají přibližně padesátiprocentní úspěšnost řešení. Rozlišení těžších a lehčích úloh pak odpovídá koncovým kvartilům rozložení, tedy těžší úlohy by měly dosahovat úspěšnosti kolem 30 %, zatím, co lehčí kolem 70 % či vyšší.

- Reliabilita: nebo také spolehlivost testu, určuje, zda měřící nástroj poskytuje spolehlivé a přesné výsledky. Reliabilitu nejčastěji určuje opakované měření za téže podmínky, což je však v rámci plošného didaktického testování velmi problematické. ČŠI stanovuje vlastní standardy pro reliabilitu didaktického testování na počítačích, jak rozebírá kapitola 5.3 (Standardizace podmínek testování) (Chvál et al., 2015).

5.2.1 Expertní posouzení dimenzí informatického myšlení v rámci navrhovaných úloh

U testování s velkým významem hraje expertní posouzení testu a jeho dílčích otázek nezastupitelnou roli. Tento proces umožňuje určitou validaci testu ještě před jeho použitím v praxi. V průběhu let 2021 až 2022 byl proto soubor navržených otázek předložen 22 expertům z řad pedagogů a didaktiků. Tito oslovení experti měli u každé otázky zhodnotit tři aspekty:

1. Obtížnost otázky pro žáka páté třídy.
2. Relevanci pro měření úrovně rozvoje informatického myšlení.
3. Specifickou dimenzi, která je predominantně zastoupena v řešení dané otázky.

Určování specifické oblasti obsahu testu není standardní součástí expertního posouzení didaktického testu (Chráška, 2016; Štuka et al., 2021), ale v tomto případě šlo o zcela zásadní informaci. Jak již bylo zmíněno, informatické myšlení je v tuzemském školství poměrně novým konceptem, který si řada autorů, i pedagogů vykládá různě. Expertní posouzení konkrétní dimenze, kterou jednotlivé testové úlohy měří, bylo proto nutné pro vytvoření vyváženého testu cílícího na různé dimenze informatického myšlení.

Podmínkou pro výběr hodnotitele byla aprobace v oboru učitelství informatiky, zkušenosti s rozvojem informatického myšlení a alespoň pětiletá praxe. Následující tabulka shrnuje údaje o participujících expertech:

Tabulka 5.1 Přehled údajů o expertech posuzujících navržený soubor testových úloh (n = 22)

		Počet
Gender	Muž	15
	Žena	7
Délka učitelské praxe	5–10 let	11
	10–15 let	5
	15–20 let	2
	20 let a více	4
Působí v době výzkumu	Základní škola, nebo osmileté gymnázium	13
	Střední škola, nebo vyšší stupeň gymnázia	4
	Univerzita, nebo vysoká škola	5

Pro určení správné dimenze informatického myšlení, kterou každá posuzovaná otázka měří, jsme požadovali shodu větší nebo rovnu hodnotě 60 %. V případě nižší shody byla otázka odstraněna, případně dále diskutována s experty a upravena před zařazením do souboru. Tuto metodu doporučuje řada autorů (Chvál et al., 2015; Chráska, 2016). U otázek, které byly původně designovány na určení míry rozvoje žáka v dimenzích Zobecňování a optimalizaci a Evaluaci, debugging a hodnocení řešení, však požadovaná podmínka míry shody expertního posudku nebyla splněna. Tento stav shrnuje následující tabulka.

Tabulka 5.2 Průměrná shoda expertních posudků týkajících se dimenze informatického myšlení

Cílená složka	Průměrná shoda expertních posudků	Medián shody expertních posudků
Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	32 %	31 %
Zobecňování/Optimalizace	35 %	33 %
Algoritmické myšlení	62 %	64 %
Abstrakce/Dekompozice	68 %	67 %
Syntaxe/Kódování	69 %	71 %

Z uvedené tabulky tedy vyplývá, že zatímco průměrná shoda posudku expertů u úloh zaměřených na Syntaxi a kódování byla 69 %, Abstrakce a dekompozice odpovídaly 68 % a Algoritmické myšlení dosáhlo v průměru 62 %, tak průměrná shoda složek Zobecňování

a optimalizace dosáhla pouze 32 % shody a složky Evaluace, debugingu a hodnocení řešení pouze 32 %. U testových úloh zaměřených na tyto dimenze informatického myšlení experti neoznačovali jako predominantní a dávali větší prioritu Algoritmickému myšlení a Abstrakci a dekompozici.

Důvodem tohoto trendu může být celá řada faktorů, včetně nejasného designu otázky, rozdílného přístupu posuzujících expertů ke konkrétním konceptům, nebo nejistota plynoucí z jejich nestandardizovaného vymezení. Nejpravděpodobnější příčinou se však jeví provázanost výpočetních konceptů využitých při řešení úloh a souvisejícími dimenzemi informatického myšlení.

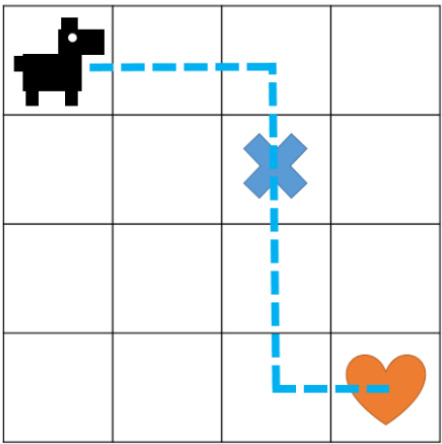
Například řešení otázky týkající se optimalizace a zobecňování předloženého řešení nevyhnutelně taktéž zahrnuje použití algoritmického myšlení, případně automatizace. Experti proto měli možnost při posuzování uvést více než jednu oblast informatického myšlení, která je k řešení dané testové úlohy potřebná. Z toho důvodu u některých z posouzených otázek došlo k podobné expertní shodě u dvou různých dimenzí. Typicky šlo právě o shodu dimenzí z oblastí Zobecňování a optimalizace, a Evaluace, debugingu a hodnocení řešení, které v expertních posudcích získali shodu pod 50 %, ale přesto tato shoda byla u dané testové úlohy druhá nejvyšší.

Robotický pes má za úkol opět projít trasu přes X až k srdci. Následující kód je ale **velmi dlouhý** a často se **opakuje**.

Krok 1 jdi (rovně) o (2), zaboč (vpravo),
 Krok 2 jdi (rovně) o (1), jdi (rovně) o (1),
 Krok 3 jdi (rovně) o (1), zaboč (vlevo),
 Krok 4 jdi (rovně) o (1);

Vyber z nabídnutých možností, jak by šel kód **zkrátit**. Dbej na směr, kterým bude pes natočen!

- Krok 2 jde zkrátit jako „jdi (rovně) o (2),“
- Krok 2 jde zkrátit jako „jdi (rovně) o (2),“ a Krok 1 a Krok 3 se pak mohou opakovat
- Krok 2 a Krok 3 jdou zkrátit jako „jdi (rovně) o (3), zaboč (vlevo),“
- Krok 2 a Krok 3 jdou zkrátit jako „jdi (rovně) o (2), zaboč (vlevo),“



Obrázek 5.6 Testová úloha č. 13 původně zaměřená na zobecňování a optimalizaci, dle expertního posouzení vyhodnocená jako měřící úroveň rozvoje algoritmického myšlení

Vzhledem k tomu, že se nadpoloviční většina expertů neshodla na zastoupení těchto dimenzí v individuálních testových úlohách, byly tyto úlohy pro účely testování považovány za měřící ty dimenze informatického myšlení, které nadpoloviční shodu měly. Je však možné konstatovat, že je k úspěšnému řešení těchto testových úloh alespoň částečně zapotřebí i té dimenze, která v rámci odborného posudku nezískala většinovou shodu. Toto zjištění

podporuje již zmíněnou provázanost dílčích dimenzí infromatického myšlení, která mohla expertní posudky ovlivnit.

Tabulka 5.3 Expertní posudky dílčích dimenzí infromatického myšlení v komparaci s původním designem otázky

Otázka č.	Původně zaměřovaná dimenze testové úlohy (PZDTU)	Shoda u PZDTU	Výsledná dimenze testové úlohy (VDTU)	Shoda u VDTU
1	Abstrakce/Dekompozice	43 %	Algoritmické myšlení	56 %
2	Algoritmické myšlení	52 %	Algoritmické myšlení	52 %
3	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	33 %	Algoritmické myšlení	52 %
4	Syntaxe/Kódování	67 %	Syntaxe/Kódování	67 %
5	Zobecňování/Optimalizace	33 %	Algoritmické myšlení	52 %
6	Syntaxe/Kódování	71 %	Syntaxe/Kódování	71 %
7	Abstrakce/Dekompozice	52 %	Abstrakce/Dekompozice	52 %
8	Algoritmické myšlení	42 %	Algoritmické myšlení	42 %
9	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	19 %	Syntaxe/Kódování	71 %
10	Syntaxe/Kódování	76 %	Syntaxe/Kódování	76 %
11	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	38 %	Algoritmické myšlení	57 %
12	Syntaxe/Kódování	71 %	Syntaxe/Kódování	71 %
13	Zobecňování/Optimalizace	51 %	Algoritmické myšlení	62 %
14	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	5 %	Abstrakce/Dekompozice	86 %
15	Abstrakce/Dekompozice	67 %	Abstrakce/Dekompozice	67 %
16	Zobecňování/Optimalizace	24 %	Abstrakce/Dekompozice	86 %
17	Algoritmické myšlení	67 %	Algoritmické myšlení	67 %
18	Zobecňování/Optimalizace	23 %	Abstrakce/Dekompozice	62 %
19	Abstrakce/Dekompozice	67 %	Abstrakce/Dekompozice	67 %
20	Algoritmické myšlení	61 %	Algoritmické myšlení	61 %
21	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	29 %	Abstrakce/Dekompozice	52 %
22	Syntaxe/Kódování	57 %	Syntaxe/Kódování	57 %
23	Zobecňování/Optimalizace	33 %	Abstrakce/Dekompozice	57 %
24	Abstrakce/Dekompozice	86 %	Abstrakce/Dekompozice	86 %
25	Abstrakce/Dekompozice	81 %	Abstrakce/Dekompozice	81 %
26	Algoritmické myšlení	67 %	Algoritmické myšlení	67 %
27	Evaluace/Debugging/ Hodnocení řešení	67 %	Algoritmické myšlení	78 %
28	Syntaxe/Kódování	76 %	Syntaxe/Kódování	76 %
29	Zobecňování/Optimalizace	43 %	Algoritmické myšlení	76 %
30	Algoritmické myšlení	81 %	Algoritmické myšlení	81 %

Předchozí tabulka 6.3 (Expertní posudky dílčích dimenzí infromatického myšlení v komparaci s původním designem otázky) uvádí konkrétní rozdíly mezi zamýšlenou

dimenzí inforatického myšlení u individuálních otázek a expertní shodou, která byla rozhodujícím faktorem při zařazení úlohy do sady testových úloh.

Na základě těchto výsledků muselo být vymezení inforatického myšlení redukováno na tři dimenze, ve kterých se experti nejčastěji shodovali. Těmito dimenzemi byla Syntaxe a kódování, Abstrakce a dekompozice a Algoritmické myšlení. Následně byla sestavena série testů čítajících 12 otázek se vzrůstající obtížností, které odpovídaly navrhovanému trojdimenzionálnímu teoretickému rámci inforatického myšlení. Podle tohoto schématu, které uvádí následující tabulka, byly sestaveny celkem tři různé soubory testových úloh.

Tabulka 5.4 Výsledné schéma plánu souboru testových otázek

Cílená subdoména inforatického myšlení	Obtížnost
Algoritmické myšlení	Velmi lehká
Abstrakce/Dekompozice	Velmi lehká
Syntaxe/Kódování	Velmi lehká
Algoritmické myšlení	Lehká
Abstrakce/Dekompozice	Lehká
Syntaxe/Kódování	Lehká
Algoritmické myšlení	Středně obtížná
Abstrakce/Dekompozice	Středně obtížná
Syntaxe/Kódování	Středně obtížná
Algoritmické myšlení	Obtížná
Abstrakce/Dekompozice	Obtížná
Syntaxe/Kódování	Obtížná

Validita expertního posouzení testových úloh je díky své nepopíratelné subjektivitě předmětem mnoha diskusí. Dle některých autorů výsledek zcela závisí na proškolení hodnotících expertů v daném tématu, což je jednou z podmínek, která umožňuje dosáhnout expertní shody (Štuka et al., 2021). V kontextu inforatického myšlení, které nemá ustálenou definici a nemělo v rámci kurikula stanovené očekávané výstupy, však nebylo takové proškolení možné, ani žádané. Experti mohou mít dle některých autorů tendence opravovat svá hodnocení tak, aby zapadaly do původního záměru autora, čemuž jsme se chtěli vyhnout (Clauser et al. 2009; Štuka et al., 2021).

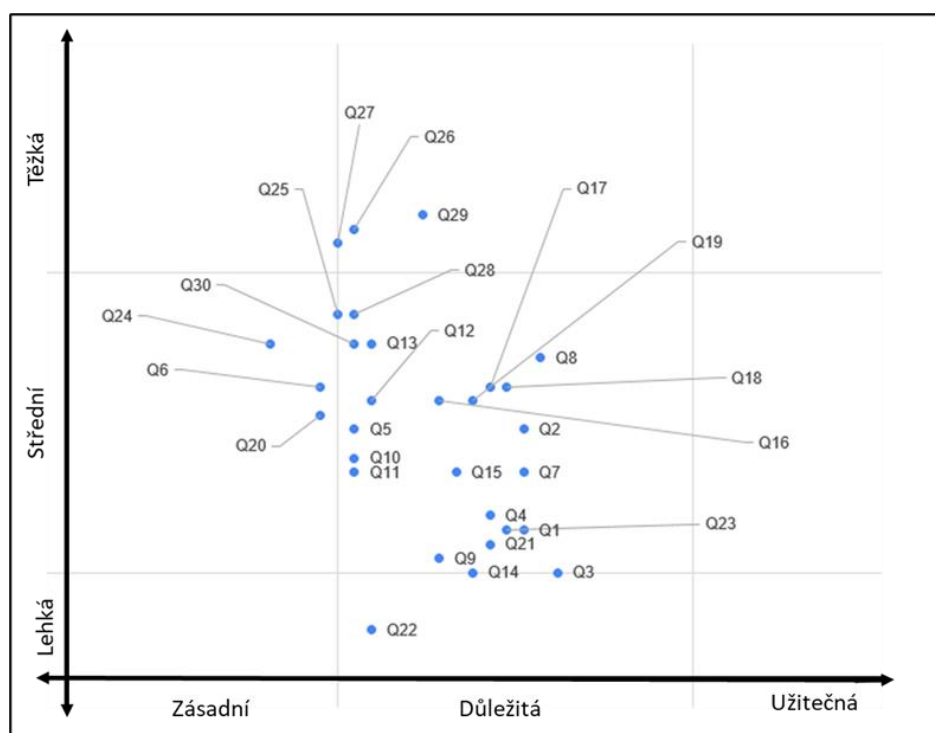
Posuzující experti měli k dispozici vymezení dimenzí inforatického myšlení, které bylo prezentováno v kapitole 3.4 (Operativní vymezení dimenzí inforatického myšlení pro účely diagnostického nástroje). Přesto se posudky expertů s ohledem na některé

dimenze výrazně lišily. Problematika expertního posouzení obtížnosti a významu testových úloh je tedy předmětem následující podkapitoly.

5.2.2 Ověřování validity testových úloh a sestavení didaktického testu

K posouzení validity navrhovaných testových úloh ($n = 30$) byla použita redukovaná Ebelova metoda, ve které experti rozdělují otázky do dvou skupin dle významu a obtížnosti. Klasická Ebelova metoda se skládá ze tří navazujících fází počínaje kategorizací otázek, při které je každá otázka je hodnocena z pohledu významu na čtyřstupňové škále s klesající relevancí, tedy *zásadní*, *důležitá*, *užitečná* a *irelevantní*, přičemž irelevantní otázky jsou ze souboru vyloučeny (Urbánek, 2011; Štuka et al., 2021). Škála obtížnosti je standardně třístupňová a s klesající obtížností, tedy od *těžké*, přes středně *těžkou*, po *snadnou* otázku. Srovnáním hodnot kategorií každé otázky vzniká tzv. Ebelova mřížka.

Tato fáze metody byla použita pro verifikaci relevance a obtížnosti prvního souboru ($n = 30$) sestavených testových úloh. Z výsledné Ebelovy mřížky, na následujícím obrázku 5.7 (Ebelova mřížka pro navrhovaný soubor didaktických úloh), je zjevné, že většina posuzujících expertů volila střední hodnoty škál, přičemž valná většina úloh v posudku zařazena do střední úrovně obtížnosti a důležitosti.



Obrázek 5.7 Ebelova mřížka pro navrhovaný soubor didaktických úloh ($n = 30$)

Je nutné zmínit, že žádná z vytvořených testových úloh nebyla hodnocena jako „užitečná“, nebo „irelevantní.“ Všechna hodnocení byla tedy na kladné části hodnotící

škály, což znamená, že byly vytvořené úlohy označovány jako „zásadní,“ nebo „důležité.“ Tato tendence volit střední až kladné hodnoty je jednou z typických problémů expertních posudků a Ebelovy metody. Někteří autoři dokonce zmiňují, že hodnotící experti mají sklony souhlasit s autorem, přesto, že jejich vlastní názor tomuto hodnocení nemusí odpovídat (Štuka et al., 2021).

Přesto, že je tedy vytvořené testové úlohy z pohledu expertního posouzení možné považovat za validní, rozhodli jsme se jejich skutečnou obtížnost ověřit i statisticky. Z tohoto důvodu byly v rámci testování sestaveny celkem tři soubory testovacích úloh po dvanácti otázkách. První dva testy sloužily jako pilotní verze souboru testovacích úloh s různou průměrnou obtížností. Třetí, finální test kombinoval původní dva soubory otázek a byl tedy střední obtížnosti. Odhady se nikdy nelišily o více než 20 %, otázky bylo tedy možné považovat za validní (Štuka et al., 2021).

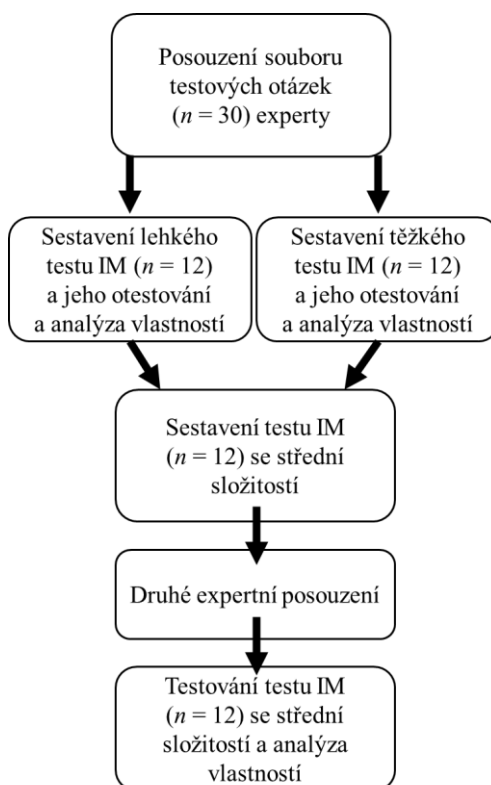
Další fází klasické Ebelovy metody je běžně ohodnocení obtížnosti individuálních úloh ke vztahu k testovaným žákům, respektive k určení podílu úspěšných řešitelů u každé otázky v souboru. Vzhledem k tomu, že hodnotící experti většinou preferovali střední hodnoty obtížnosti u všech otázek bez ohledu na jejich zamýšlenou náročnost, bylo přikročeno k využití tzv. redukované Ebelovy metody, kde se expertní posudek týká pouze relevance úloh a hodnotitelé následně určí počet potřebných úloh pro stanovení meze průchodu testem pro minimálně úspěšného řešitele sady úloh. Primární funkcí této metody je příprava validního testu a minimální hodnota potřebná pro úspěšné řešení testu je pak průměr (Štuka et al., 2021).

Z tohoto důvodu byly v rámci pretestování sestaveny celkem tři soubory testovacích úloh po dvanácti otázkách. První **dva testy** sloužily jako pilotní verze souboru úloh **s různou obtížností**. Ta byla stanovena na základě vyhodnocení obtížnosti podle expertních posudků. První takto vytvořený test obsahoval testové úlohy, které experti vyhodnotili jako „lehké“ až „středně těžké.“ Druhý test obsahoval pouze úlohy, které byly experty hodnoceny jako „středně těžké“ a „těžké.“ V obou verzích testu byly zastoupeny jen ty otázky, u kterých panovala mezi experty shoda ohledně jejich validity a cílené dimenze informatického myšlení. Skutečná obtížnost zastoupených úloh v těchto dvou testech byla stanovena pomocí pretestování na vzorku žáků pátých tříd a následného statistického ověření vlastností úloh pomocí adekvátních statistických metod. Konkrétní vyhodnocení je obsahem kapitol 5.5.1 (Testovací vzorek pro lehký test a ověřování vlastností lehkého

souboru otázek) a 5.5.2 (Testovací vzorek pro těžký test a ověřování vlastností těžkého souboru otázek).

Třetí, **finální test** kombinoval původní dva soubory otázek a byl tedy střední obtížnosti, přičemž všechny sledované dimenze informatického myšlení byly zastoupeny rovnoměrně, dle specifikační tabulky. 5.4 (Výsledné schéma plánu souboru testových otázek). Abychom zajistili, že je finální test správně nastaven, byl po sestavení opětovně posouzen hlediska správnosti, srozumitelnosti a formulační přesnosti dalšími šesti nezávislými experty. Důvodem tohoto rozhodnutí byla redukce souboru úloh z 30 úloh na 12, rozdíl mezi hodnocením posuzovaných domén informatického myšlení, které otázky měří, a k tendenci expertů volit střední hodnoty obtížnosti otázek. Jak bylo již řečeno, obtížnost, citlivost a reliabilita samotného testu byla následně určena příslušnými statistickými metodami a je předmětem následujícího textu počínaje kapitolou 5.5 (Testovací vzorky jednotlivých fází testu).

Přesný postup fází tvorby testu a redukce otázek ilustruje následující schéma:



Obrázek 5.8 Schéma redukce testových úloh

Poslední fáze klasické Ebelovy metody slouží primárně pro nastavení objektivní meze pro průchod testem, tedy k určení přesného rozdílu mezi úspěšným a neúspěšným

žákem. Meze se vyhodnocuje z procentuálních odhadů úspěšnosti minimálně kompetentního žáka a počtů otázek v každé kategorii. Tento výsledek se následně dělí celkovým počtem úloh (Štuka et al., 2021). Vzhledem k povaze testu, který má za cíl zkoumat rozložení rozvoje informatického myšlení v populaci, nebylo však nastavení meze pro průchod testem naší prioritou. Rozhodli jsme se proto použít, pro určení minimální úrovně minimálně kompetentního žáka, statistické metody jako je stanovení percentilu a z-skóre. Tuto problematiku řeší kapitola 5.7 (Standardizace testu, normalita dat a posouzení celkových výsledků).

Jednou z možných příčin problémů s použitím Ebelovy metody je již zmíněná nejasnost koncepce informatického myšlení. Ebelova metoda je výrazně subjektivní a spoléhá na zkušenosti hodnotících expertů v dané oblasti (Štuka et al., 2021). V případě hodnocení konceptu, jehož operativní vymezení se v reálném čase stále vyvíjí, je možné, že experti nedojdou ke konsenzu ohledně obtížnosti úlohy. Posuzující experti se zaměřovali na limitu „minimálně úspěšného informaticky myslícího žáka páté třídy,“ přičemž jejich individuální koncepce „informaticky myslícího žáka“ se mohly výrazně lišit v závislosti na přístupu k informatickému myšlení samotnému. Z těchto důvodů byly posudky expertů zpětně statisticky ověřeny analýzou vlastností jednotlivých testových úloh.

5.3 Standardizace podmínek testování

Při standardizaci testu je nutné taktéž standardizovat podmínky testování. V průběhu příprav výzkumného řešení, které z velké části probíhalo za pandemické krize, nebylo zřejmé, zda bude v České republice možné za účelem výzkumného šetření navštěvovat školy osobně. Test byl proto designován tak, aby mohl být distribuován elektronicky. Počítačové testování v současnosti patří mezi uznávanou konvenční formu hodnocení (Štuka et al., 2021), která kromě zjednodušení distribuce a flexibilnímu shromažďování dat nabízí řadu výhod v oblasti vyhodnocení, řízení průběhu testu, odhalení opisování a celkovému zvýšení kvality hodnocení (Denison et al., 2016). Zvolená metoda online testování ovšem vyžaduje i splnění specifických požadavků, které zajišťují rovné podmínky pro všechny testované osoby, a tedy i srovnatelné výsledky testu.

Podle ČŠI (Chvál et al., 2015) v kontextu online didaktických testů je pro standardizaci podmínek testování nutné splnit následující podmínky:

- Zajištění jednotné instruktáže pro všechny testované osoby: tato podmínka byla v rámci testování splněna pomocí jednotné metodiky, která byla zaslána všem

učitelům, kteří se na testování podíleli, a doplňující instruktáže v rámci testovacího online formuláře. Případné organizační dotazy učitelů byly zodpovězeny před testováním. Samotný test byl zadán současně všem žákům v celé třídě.

- Zajištění stejného časového prostoru na přípravu a řešení testu pro všechny testované osoby: jednou z instrukcí provedení testu, se kterou byli všichni pedagogové předem seznámeni, bylo vyhrazení celé vyučovací hodiny (tzn. 45 minut) k testování, přičemž průměrná doba vyplňování byla 25 minut. Pro testy úrovně není nutné stanovit přesný časový limit, vzhledem k tomu, že výkon testovaného zpravidla nezávisí na čase plnění (Chráska, 2016). Vzhledem k řazení úloh od nejjednodušší po nejtěžší, nejpomalejší žáci zpravidla vykazují taktéž nejslabší výkon a prodloužení času nemá zásadní vliv na jejich bodové hodnocení. Nadprůměrně pomalí žáci typicky v době skončení testu již vyřešili všechny úlohy, které mohli v rámci svých schopností zvládnout.

Testové otázky byly navíc upraveny tak, aby jejich řešení nebylo závislé na barvě a byly tedy přístupné i žákům s barvoslepostí, či jinými specifickými potřebami.

- Povolení užívání pomůcek s totožnou kvalitou, včetně kvality testovacích počítačů: vzhledem k formě sběru dat, tj. online kvantitativnímu testování, nebylo možné zajistit zcela totožnou kvalitu počítačů a dalších výpočetních zařízení, na kterých žáci test vypracovali. Avšak vzhledem k povaze zvoleného distribučního nástroje, tj. Google Forms, který je velmi technicky nenáročný, byly možné problémy s ohledem na nedostatečnou výpočetní kapacitu nástroje minimalizovány. Test byl zároveň designován takovým způsobem, aby se předešlo možným chybám v zobrazení vývěru odpovědí, které při větším množství typicky špatně zobrazují na zařízeních s menší obrazovkou. V případě otázek s výběrem ze čtyř odpovědí, by mohlo dojít k problémům, pouze pokud by žáci vyplňovali test na mobilních zařízeních, čemuž se předešlo instrukcemi pro pedagogy. Zároveň nebyly po testování pedagogy hlášeny žádné závažné technické problémy, které by mohly výsledky testování ovlivnit.
- Zajištění srovnatelné doby zadání času během dne s ohledem na potenciální únavu testovaných: vzhledem k zařazení testování do běžných hodin informatiky byl výběr času pro testování plně v kompetenci individuálních škol. Problematiku vlivu denní doby a možné únavy žáků řeší statistické ověření výsledků testu, viz kapitola 6

(Zjišťování skutečné úrovně infromatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol), kde se podobné tendence neprokázaly.

- Zaručení „neopisování“ shodným způsobem u všech testovaných osob: zvolili jsme metodu tzv. proktorovaného testování, jehož podmínkou je přítomnost testovaných na stejném místě (Štuka et al., 2021), v tomto případě ve třídě, kde je testování v kompetenci jednotlivých pedagogů v roli proktora, kteří byli v době testování fyzicky přítomni ve třídách. Pro zajištění ještě vyšší přesnosti byl test navržen takovým způsobem, aby rámci online formuláře měla každá otázka vlastní stránku, což minimalizovalo možnost opisování, protože spolupracující žáci by měli stejný, či velmi podobný čas vyplnění. Ve dvou případech u žáků se stejným nebo podobným časem dokončení a odeslání formuláře byla provedena analýza jejich odpovědí a tito žáci byli z testovacího souboru odstraněni. Další zajištění neopisování bylo v direkci individuálních pedagogů, kteří byli v době testování fyzicky přítomni ve třídách.

5.4 Metodologie analýzy vlastností testových úloh

Jak bylo již řečeno v rámci kapitoly 5.2 (Ověřování vlastností didaktického testu), standardizovaný didaktický test musí splňovat určitá kritéria, kterými jsou validita, reliabilita, citlivost a obtížnost. Tyto vlastnosti se statisticky ověřují na datech získaných testováním souboru testových úloh na vzorku žáků. Pokud test splní požadavky, může být plošně distribuován (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021).

Pro testování všech třech zmíněných souborů úloh jsme použili následující metody:

- Ověřování obtížnosti Q didaktického testu: ověřování obtížnosti vytvořeného souboru didaktických úloh bylo provedeno ve třech fázích. V rámci sestavování testu pro pilotní výzkum byl celkový soubor úloh podroben znaleckému posudku, který byl rozebírán v předchozích kapitolách. Ve druhé fázi vývoje byly testovány celkem dvě verze s odlišnými obtížnosti souboru otázek, ze kterých byl následně po vypočtení obtížnosti pomocí hodnoty obtížnosti Q a citlivosti dle koeficientu *upper-lower-index* (ULI) sestaven třetí test kombinující původní úroveň obtížnosti. Ten byl následně podroben opětovné analýze a celkové standardizaci v rámci třetí fáze ověřování vlastností.

Dle Chrásky (2016) lze obtížnost testových úloh určit výpočtem hodnoty obtížnosti (Q), která udává procento testovaných ve vzorku, kteří danou úlohu nebyli schopni

zodpovědět správně. Vysoké hodnoty Q vypovídají o vysoké obtížnosti testované úlohy, přičemž úlohy s hodnotou $Q > 80$ je možné považovat za velmi obtížné, úlohy blížící se hodnotě 100 jsou pak extrémně obtížné a pro testování nevyhovující. Naopak úlohy s hodnotou $Q < 20$ je možné považovat za jednoduché, či příliš jednoduché. Otázky se střední hodnotou obtížnosti ($Q = 50$) jsou pro testy rozlišující nejvhodnější.

Výpočet hodnoty obtížnosti se provádí vzorcem $Q = 100 \frac{n_n}{n}$, kde n je celý počet testovaných žáků a n_n je počet žáků, kteří uvedli špatnou odpověď (Chráška, 2016). Forma testování s povinnými otázkami v kontextu testované sady úloh vyloučila možnost nezodpovězení otázky pro všechny úrovně testu.

- Určení citlivosti d didaktického testu: koeficient citlivosti je vymezen jako diskriminační hodnota schopnosti úlohy rozlišit mezi testovanými osobami ty s vyšší a nižší úrovní vědomostí. Pro určení citlivosti souboru vytvořených didaktických úloh byl zvolen koeficient *Upper-Lower-Index* (ULI). Výpočet ULI (d) vychází z rozdílů mezi výsledky všech žáků, kteří test podstoupili. Využívá se metody půlení vzorku na 50 % žáků s lepšími výsledky, tedy s větším počtem získaných bodů v celém testu, a 50 % žáků s horšími výsledky, tedy s nižším počtem získaných bodů v celém testu. V některých případech je možné pracovat s krajními 33 % výsledků (Chráška, 2016), tato metoda byla však pro účely stanovení citlivosti testu zamítnuta z důvodu nízkého počtu respondentů v pilotních fázích testu. Pro výpočet koeficientu ULI byl použit vzorec $d = \frac{n_L - n_H}{0,5N}$, kde n_L zastupuje přesnou polovinu obecně úspěšnějších žáků, kteří danou úlohu splnili, n_H je počet žáků s obecně horšími výsledky, kteří danou úlohu splnili a N celkový počet testovaných.

Koeficienty citlivosti nabývají rozmezí od -1 po +1, přičemž čím vyšší je hodnota, tím citlivější je daná úloha. Pokud koeficient dosahuje hodnoty 0, pak úloha nerozlišuje mezi žáky s lepšími a horšími vědomostmi, záporné hodnoty pak značí, že úloha znevýhodňuje žáky s obecně horšími výsledky v souboru celkových výsledků testovaného souboru didaktických úloh (Chráška, 2016). V případě určování citlivosti individuálních otázek bylo použito standardních požadavků na citlivost, kdy pro úlohy s krajní úrovní obtížnosti, tedy $Q = 20-30$ a $Q = 70-80$, je požadováno, aby d bylo vyšší nebo rovno 0,15. Pro obtížnost $Q = 30-70$ by d mělo nabývat minimální hodnoty 0,25.

- Ověření reliability r testu: reliabilita didaktického testu je vymezena jako schopnost testu v i proměnném kontextu podmínek a testovaných skupin žáků poskytovat spolehlivé a přesné výsledky. Stupeň reliability souboru otázek je standardně určován výpočtem koeficientu reliability, který se typicky určuje podle Kuderova-Richardsonova vzorce, který je však vhodný pouze pro sady otázek s homogenními úlohami, nebo metodou půlení, případně výpočtem Cronbachova alfa (Chráska, 2016; Zvára, 2013).

Koeficienty reliability ve všech zmíněných případech nabývají hodnot od 0 po +1, přičemž nulová hodnota značí naprostou nespolehlivost testu a hodnoty blíží se 1 naznačují vysokou spolehlivost. Pro testování vědomostí se obvykle požaduje u didaktických testů koeficient reliability vyšší nebo roven 0,80. Je však nutné zmínit, že pro testy s malým počtem úloh je typická nižší reliabilita. V případě souboru desíti otázek typický a přijatelný stupeň reliability 0,60 (Chráska, 2016), přičemž navrhovaný test informatickému myšlení se tomuto počtu blíží. Výše reliability taktéž vždy závisí na počtu testovaných, přičemž se obvykle doporučuje několik stovek testovaných (Štuka et al., 2021), a zároveň i na počtu testových úloh. Je tedy možné předpokládat, že stanovená hodnota reliability pro navrhovaný soubor úloh bude nabývat hodnot od 0,60 do 0,80, už jen z důvodu nízkého množství testových úloh.

Pro určení reliability testu byla zvolena metoda půlení, jež je doporučována pro testy výkonu a vyžaduje dělení odpovědí otestovaného vzorku na dvě poloviny podle sudých (X_S) a lichých otázek (X_L). Celkové výsledky obou polovin žáků se následně korelují dle Pearsonova korelačního koeficientu (Zvára, 2013).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Pearsonův korelační koeficient nabývá hodnot od -1 po 1, přičemž hodnoty výsledku naznačují korelaci veličin, pokud se korelační koeficient blíží krajním hodnotám intervalu. Naopak pokud je koeficient nulový, korelace mezi vstupními veličinami nelze prokázat (Zvára, 2013). Koeficient reliability (r_{sb}) se pak určuje z hodnoty korelačního koeficientu dle Spearmanova-Brownova vzorce $r_{sb} = \frac{2r_p}{1+r_p}$ kde r_p je koeficient korelace mezi výsledky obou polovin žáků (Chráska, 2016). Podmínkami

pro provedení této analýzy je sudých počet otázek v souboru úloh, které jsou seřazeny dle obtížnosti (Chráska, 2016). Testovaný design navrhovaného testu tyto podmínky splňuje.

Pro účely výpočtu dle Pearsonova korelačního koeficientu byl využit software Statistica. Jak bylo zmíněno v předchozím textu, pro testování didaktického testu jsou korelace významné, pokud se blíží hodnotě +1, nebo -1.

Hodnoty reliability stanovené metodou půlení však typicky nabývají nízkých hodnot, pokud jde o test s nízkým počtem otázek. V případě finálního souboru otázek jsme proto ke kombinovanému ověření reliability a provedli určení míry vnitřní konzistence úloh pomocí Cronbachova alfa.

Cronbachovo alfa je pokročilejší statistickou metodou vycházející z analýzy rozptylu a na rozdíl od metody půlení vyhodnocuje vnitřní konzistenci ze všech úloh v souboru dat najednou (Zvára, 2019). Kuder-Richardsonova reliability je historicky starší obdoba Cronbachova alfa a zpravidla poskytuje obdobné výsledky (Urbánek, 2011), dá se tedy předpokládat, že pokud je sestavený soubor otázek reliabilní, bude při ověření dosaženo stejných, nebo velmi podobných výsledků.

Vzorec pro Cronbachova alfa je dán vztahem $\alpha = \frac{k}{k-1} \left(\frac{\sum_{j=1}^k var(Y_j)}{var(Y)} \right)$, kde k je celkový počet úloh v testu, $var(Y_j)$ je rozptyl hodnocení j -té úlohy a $var(Y)$ je rozptyl celého testu (Urbánek, 2011, Zvára, 2019).

Vzhledem k hodnotám r stanoveným metodou půlení v případě lehkého a těžkého testu a jejich dalším vlastnostem, jsme nepovažovali za nutné provádět v jejich případě kombinované ověření reliability.

5.5 Testovací vzorky jednotlivých fází testu

Výběr pilotního souboru byl od počátku testování koncipován tak, aby zahrnul co nejširší populaci žáků a odpovídal tak reprezentativnímu vzorku pro tzv. plošné testování (Chvál et al., 2015). Minimální počet respondentů v pilotním souboru je v rámci pedagogického výzkumu 600 žáků (Chráska, 2016). Celkově bylo otestováno 1101 žáků pátých tříd z více než čtyřiceti škol, a to ve čtyřech fázích testu.

Žáci pátých tříd byli vybráni především s ohledem na existující český systém osmiletých gymnázií, který umožňuje na druhém stupni některým žákům přechod

na osmiletá gymnázia. Abychom získali, co nejrepresentativnější vzorek testovaných, zvolili jsme ročník ještě před touto selekcí. Zároveň je nutné upozornit, že žáci pátých tříd byli ve světě testováni standardizovanými testy informatického myšlení již několikrát, cílil na ně jak CT-test Román-Gonzála (2015), tak například i zmíněné šetření Chen et al. (2017). Výsledky testu tedy mohou být eventuálně komparovány se zahraničními trendy.

Školy byly osločovány jak hromadně pomocí sociálních sítí a metodických portálů, tak individuálně pomocí e-mailu. Propagace na sociálních sítích proběhla bez přímého odkazu na testovací formulář, aby se zabránilo případnému sběru nežádoucích dat. Pedagogové se zájmem o testování žádali o zaslání testovacího formuláře individuálně, bylo tedy možné jim předat metodické instrukce k testování. V rámci e-mailové komunikace bylo osloveno více než 300 škol, jejichž kontakt byl aktuální a dostupný přes databázi SeznamŠkol.eu, nebo byly uvedeny v seznamu Fakultních škol a Fakultních zařízení Pedagogické fakulty UP v Olomouci (stav k 1. září 2019).

Výběr škol nebyl vzhledem k nízké návratnosti testu náhodný, některé školy byly osločovány dodatečně, aby bylo splněno požadované minimum respondentů pro standardizovaný test. Zároveň byl kladen důraz na zastoupení škol s alternativním stylem výuky matematiky a informatiky, což mělo napomoci dalšímu výzkumu vlivu rozvoje informatického myšlení. Kvůli zachování anonymity škol a žáků nebyly ukládány jakékoliv identifikační údaje respondentů. Vzhledem k tomu není možné zjistit přesnou návratnost testovacího souboru, ale na základě rozeslaných e-mailů šlo přibližně o 10 %. Každý žák měl k dispozici svůj výsledek v rámci automatizovaného vyhodnocení testu a pedagogům bylo umožněno kontaktovat nás obratem přes email v případě připomínek a dotazů.

Jak již bylo uvedeno, samotné sestavení didaktického testu z otázek, které prošly expertním hodnocením, mělo tři fáze testování. V první fázi byl sestaven lehký test ze souboru dvanácti otázek, které experti vyhodnotili jako lehké. V druhé fázi bylo totéž provedeno s těžkými otázkami. Následně byl sestaven test střední obtížnosti. V rámci ověřování vlastností byl každý soubor testových úloh ověřován na podobně početném testovacím vzorku.

5.5.1 Testovací vzorek pro lehký test a ověřování vlastností lehkého souboru otázek

V rámci pretestování **prvního souboru** otázek s nejnižší úrovní obtížnosti bylo testováno 124 žáků ze tří základních škol ve věkovém rozmezí 10 až 12 let, z nichž 49,6 % byli chlapci a 50,4 % dívky.

Tabulka 5.5 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení ($n = 124$)

Kritérium	Počet žáků dle kritéria	
Gender	Dívky	63
	Chlapci	61
Věk	10	46
	11	78
	12	12

- Ověřování obtížnosti Q a citlivosti d lehkého souboru otázek: soubor lehkých otázek byl sestaven na základě expertního posouzení úrovně obtížnosti z otázek, které se blížily krajním hodnotám „lehké“ a „středně těžké“ obtížnosti. Úlohy byly řazeny od nejjednodušší po nejtěžší v souborech po třech otázkách.

Následující tabulka shrnuje výsledky vypočítané obtížnosti Q a citlivosti d pro lehký test informatického myšlení, který byl testován na výše zmíněném testovacím vzorku žáků pátých tříd.

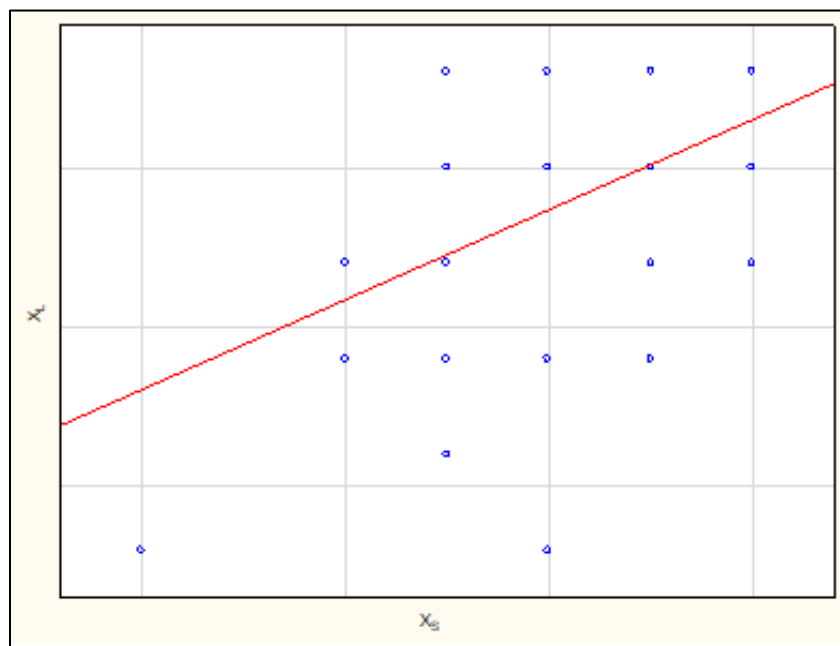
Tabulka 5.6 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro lehkou verzi testu ($n = 124$)

Číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hodnota obtížnosti (Q)	13	16	6	27	13	11	18	16	32	63	63	69
ULI (d)	0,10	0,23	0,17	0,47	0,30	0,20	0,40	0,30	0,43	0,33	0,47	0,33

Ze stanovených hodnot obtížnosti Q vyplývá, že expertní posouzení otázek ve většině případů odpovídalo reálné náročnosti, kterou individuální úlohy na žáky kladly. Většina otázek odpovídala hrubě předpokládané úrovni (střední až velmi lehká), pro sestavení standardizovaného testu se však prokázaly jako nevhodné. Otázky 1, 3 a 6 byly kvůli dosažení hodnoty Q pod 15 z testovacího souboru zcela vyloučeny. Otázky, u kterých bylo Q v rozmezí 15 až 20, byly pro účely dalšího testování označeny jako velmi jednoduché.

Žádná z otázek v souboru lehkých úloh nedosáhla hodnoty obtížnosti $Q = 70$ až 80 , tedy hodnoty stanovené pro těžké otázky, proto požadavek pro citlivost koeficientu $ULI d \geq 0,15$ byl zvažován pouze u otázek nabývajících hodnoty $Q \leq 30$. V této kategorii požadované hodnotě obtížnosti neodpovídala pouze otázka č. 1 a byla proto následně ze souboru otázek vyloučena.

Ze souboru otázek, které dosáhly hodnot obtížnosti $Q = 15$ až 20 a byly tedy označeny jako velmi jednoduché, požadovaného minimálního koeficientu citlivosti $d > 0,15$ dosáhly otázky 2, 5, 7 a 8. Tyto otázky proto nebyly ze souboru úloh zcela vyloučeny a jejich zastoupení bylo pro další verze testu však redukováno na první trojici nejjednodušších otázek, které v testu mohou plnit motivační funkci (Chráska, 2016).



Obrázek 5.9 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro lehkou verzi souboru otázek

- Určení reliability lehkého souboru otázek dle Spearmanova-Brownova vzorce: pro lehkou verzi testu bylo výpočtem Pearsonova korelačního koeficientu stanoveno $r = 0,469855015$.

Tento korelační koeficient naznačuje střední významnost korelace. Po dosazení do Spearmanova-Brownova vzorce pak platí:

$$r_{sb} = \frac{2 \cdot 0,469855015}{1 + 0,469855015} = 0,639$$

Výsledný koeficient reliability je vyšší než stanovená hodnota 0,60. Vzhledem k počtu úloh v testovaném souboru ($n = 12$) je tedy reliability testu akceptovatelná. Vzhledem k počtu vyřazených úloh kvůli nevyhovující úrovni obtížnosti jsme již nepovažovali za nutné ověřovat reliability pomocí Cronbachova alfa.

5.5.2 Testovací vzorek pro těžký test a ověřování vlastností těžkého souboru otázek

Při testování **druhé, těžší verze testu**, bylo osloveno pět škol, přičemž jedna z nich měla v době testování spojenou výuku žáků čtvrté a páté třídy, což výrazně ovlivnilo výsledky celkového souboru a musela proto být z testování vyřazena. Konečný testovaný soubor po vyčištění dat měl 114 respondentů mezi 10 až 12 lety, z nichž 52,3 % byly dívky a 47,7 % chlapci.

Tabulka 5.7 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení ($n = 114$)

Kritérium	Počet žáků dle kritéria	
Gender	Dívky	60
	Chlapci	54
Věk	10	41
	11	42
	12	19
	13	12

- Ověřování obtížnosti Q a citlivosti d těžkého souboru otázek: soubor těžkých úloh byl sestaven z otázek, které byly v rámci expertního posouzení označeny jako velmi těžké až lehké. Test byl opět sestaven od nejjednodušších otázek po nejtěžší, a to po trojicích úloh, jejichž expertní posouzení odpovídalo přibližně stejné hodnotě.

Tabulka 5.8 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro těžkou verzi testu ($n = 115$)

Číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hodnota obtížnosti (Q)	11	19	25	20	25	51	87	65	52	57	58	77
ULI (d)	0,16	0,14	0,23	0,34	0,22	0,47	0,20	0,08	0,45	0,22	0,13	0,20

Zjištěná úroveň hodnoty obtížnosti Q opět ve většině otázek odpovídala expertnímu posouzení, s výjimkou otázky 7, která dosáhla Q vyšší než 80 a zároveň byla pro žáky výrazně obtížnější než ostatní otázky souboru. Tato úloha byla identifikována jako nevhodná a z testovacího souboru vyřazena.

Úlohy 1, 2 a 4 pak dosáhly Q nižšího či rovného hodnotě 20, byly tedy označeny jako velmi jednoduché. Jak bylo již uvedeno, jejich přítomnost na začátku testu však nepředstavuje nutně problém, protože první otázky v testu mohou žáky pozitivně motivovat. Naopak otázka 12 dosáhla nejvyšší hodnoty obtížnosti ze souboru, a to $Q = 77$. Tato obtížnost však stále odpovídá standardu pro těžší otázky v testu, byla proto v souboru úloh zachována.

Jak ilustruje tabulka 6.8 (Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro těžkou verzi testu) v této verzi testu nedošlo k výraznějším rozdílům mezi expertním posudkem otázek a skutečnou úrovní obtížnosti. Kromě otázky 7 byly úlohy skutečně řazeny se vzrůstající obtížností bez zásadních odchylek. Úlohy 2, 8 a 11 při stanovení koeficientu citlivosti ULI nevyhověly však požadavkům na citlivost otázky (pro $Q = 20$ až 30 a $Q = 70$ až 80 , $d \geq 0,15$ a pro $Q = 30$ až 70 $d \geq 0,25$) a byly proto ze souboru otázek vyřazeny. Nejpravděpodobnější příčinou nedostatečné citlivosti otázek byla nejasnost a složitost zadání, která se v malém testovacím vzorku výrazně projevila na rozložení odpovědí.

Jako nejcitlivější otázka se jeví otázka číslo 6, která při vyhodnocení ULI dosáhla $d = 0,47$, tedy jde o nejcitlivější otázku v rámci testovaného souboru otázek. Tato otázka, společně s otázkou číslo 9, která dosáhla koeficientu citlivosti $d = 0,45$, může tedy sloužit jako determinant úrovně znalosti žáka při dělení do skupin „horší“ a „lepší,“ což může být výhodné pro další analýzu výsledků testu.

- Určení reliability těžkého souboru otázek dle Spearmanova-Brownova vzorce: pro těžkou verzi testu bylo vypočítáno $r = 0,235013654$, což odpovídá nízké hodnotě Pearsonova korelačního koeficientu.

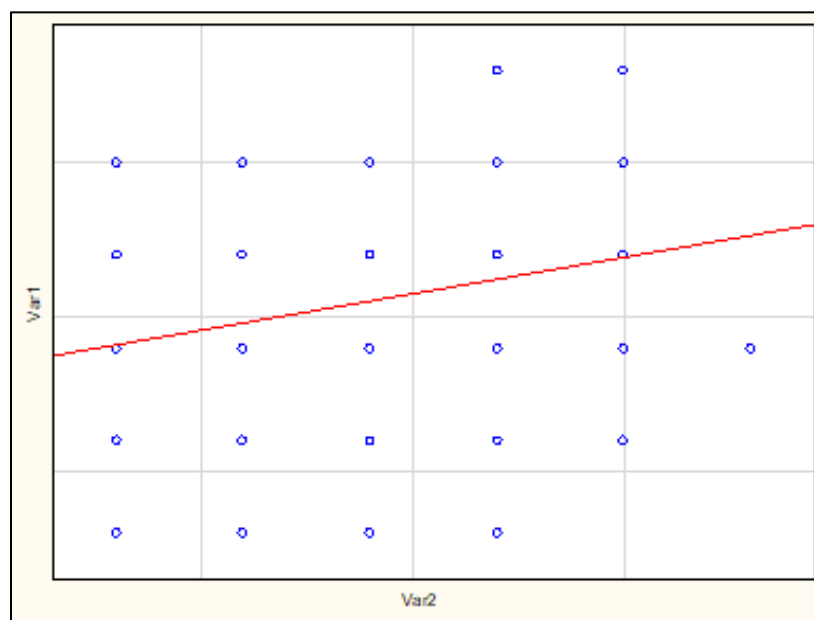
Po dosazení do Spearmanova-Brownova vzorce získáváme:

$$r_{sb} = \frac{2 \cdot 0,235013654}{1 + 0,235013654} = 0,387$$

Vypočítaný koeficient reliability těžkého testu je velmi nízký, **nevyhovuje** tedy implementaci pro praktické testování.

Nízká reliability zde plyne z nízkého Pearsonova korelačního koeficientu, který mohlo ovlivnit seřazení otázek, které neodpovídalo jejich obtížnosti. Tento faktor byl ověřen v rámci ověřování hodnoty obtížnosti těžkého souboru otázek,

kde se ukázalo, že soubor úloh byl signifikantně nevyvážený. Zároveň nízké korelace mezi dosaženými počty bodů žáků typicky reflektují náročnost testu. Naopak vysoká korelace odpovědí, a tedy i reliabilita dle Spearmanova-Brownova vzorce, může naznačovat vhodnou úroveň testu vzhledem k souboru testovaných.



Obrázek 5.10 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro těžkou verzi souboru otázek

5.5.3 Testovací vzorek pro středně těžký test a ověřování vlastností finálního souboru otázek

Střední tedy finální testovaný **soubor otázek** sestaven na základě expertního posouzení úloh v kombinaci s výsledky ověřování lehké a těžké verze testu v rámci pilotního ověřování. Nově sestavený test byl testován na 110 žácích mezi 10 až 12 lety, ze tří základních škol. 53,5 % z testovaných byly dívky a 46,5 % chlapci. Testování této verze testu probíhalo od prosince 2022 do března 2023. Tento stav shrnuje tabulka 6.9 (Pilotní soubor středně obtížného testu informatického myšlení).

Testové úlohy, jež v předchozím průzkumu nesplnily požadavky na obtížnost a citlivost úloh, byly z testování vyřazeny. Následně byl z pilotně ověřených otázek sestaven nový soubor dvanácti testovacích úloh se střední obtížností, tak aby adekvátně pokrýval normální rozložení průměrné znalosti cílové skupiny respondentů. Cílem bylo sestavení testu, který bude **náročností odpovídat průměrnému rozvoji informatického myšlení v populaci žáků pátých tříd**. Naším záměrem tedy bylo, aby se výsledky žáků co nejvíce blížily normálnímu rozdělení.

Tabulka 5.9 Pilotní soubor středně obtížného testu informatického myšlení ($n = 110$)

Kritérium	Počet žáků dle kritéria	
Gender	Dívky	59
	Chlapci	51
Věk	10	30
	11	48
	12	32

- Ověřování obtížnosti Q a citlivosti d středně těžkého (finálního) souboru otázek: při testování finální verze byly dosažené hodnoty Q u jednotlivých otázek ve většině případů konzistentní s hodnotami získanými v průběhu testování předchozích verzí testu, ačkoliv jak je vidět v následující tabulce, v případě otázky 4. a 9. se i přes pilotní testování nepodařilo přesně odhadnout míru složitosti, kterou daná otázka na testované žáky kladla.

Tabulka 5.10 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro finální verzi testu ($n = 110$)

Číslo otázky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hodnota obtížnosti (Q)	20	24	37	32	30	44	53	55	60	57	72	64
ULI (d)	0,28	0,24	0,30	0,32	0,38	0,26	0,35	0,25	0,35	0,40	0,33	0,33

Ze stanovených hodnot Q vyplývá, že i přes pilotní testování se nepodařilo přesně odhadnout míru složitosti, kterou daná otázka na testované žáky kladla. Soubor otázek tedy, dle dosažených skóre žáků v jednotlivých otázkách, plně neodpovídal řazení dle vzrůstající obtížnosti.

Je však nutné připomenout, že při sestavování souboru otázek byly zvažovány i další specifické vlastnosti testu než jen obtížnost otázek jako celého souboru, například návaznost úloh a rovnoměrné zastoupení jednotlivých dimenzí informatického myšlení. Toto řazení mohlo výsledné hodnoty Q ovlivnit, přičemž byla zachována vzrůstající obtížnost vzhledem k jednotlivým testovaným dimenzím informatického myšlení, jak ilustruje následující tabulka.

Tabulka 5.11 Obtížnost vzhledem k jednotlivým dimenzím informatického myšlení ($n = 110$)

Ověřovaná dimenze IM	Hodnota obtížnosti (Q)			
Algoritmické myšlení	20	30	60	64
Abstrakce a dekompozice	37	44	53	57
Syntaxe a kódování	24	32	55	72

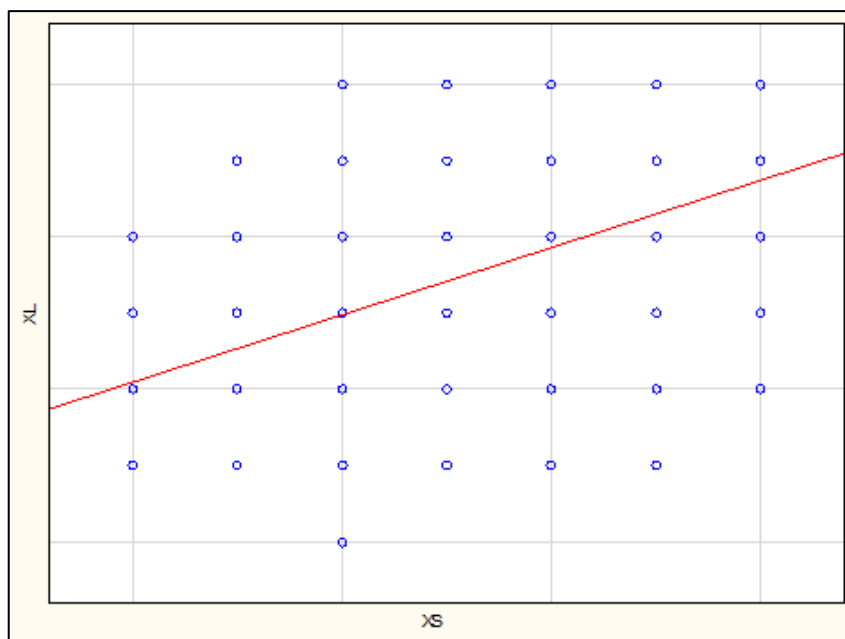
Všechny otázky tedy splnily podmínku pro minimální i maximální hodnotu obtížnosti, z hlediska hodnoty obtížnosti se tedy test jevil jako vyhovující. Otázky 1 a 2 se blížily limitu pro nejnižší možnou obtížnost úlohy a plní tedy spíše motivační funkci. Dle Chrásky (1999) mají nevhodnější vlastnosti úlohy, jejichž hodnota obtížnosti (Q) nabývá nebo se blíží 50. V případě sestaveného souboru úloh jde o úlohy 5, 6, a 9. Otázky 11 a 12 byly pak vyhodnoceny jako nejtěžší.

Opět je možné, že v těchto případech ovlivnily výsledky žáků další aspekty řešení úloh. Zajímavým zjištěním bylo, že otázky, jejichž řešení vyžadovalo použití abstrakce a dekompozice se jeví v průběhu testu náročnější. Nejtěžší otázku v celém souboru představovala úloha zaměřená na Syntaxi a kódování. Průměrná hodnota obtížnosti pro dimenzi Algoritmické myšlení byla $Q = 44$, pro dimenzi Abstrakce a dekompozice $Q = 48$ a pro dimenzi Syntaxe a kódování $Q = 46$. Dalo se tedy předpokládat, že při dalším testování budou žáci vykazovat o něco lepší výsledky (tedy získají vyšší počet bodů) v otázkách týkajících se dimenze Algoritmické myšlení. Rozdíly mezi jednotlivými dimenzemi byly však zanedbatelné. Předpokládali jsme proto, že o něco nižší průměrná hodnota obtížnosti za dimenzi nebude ovlivňovat výsledný diagnostický celek.

Jako vyhovující hodnoty citlivosti byly požadovány standardní požadavky pro citlivost didaktického testu, tedy pro $Q = 20$ až 30 a $Q = 70 - 80$, $d \geq 0,15$ a pro $Q = 30 - 70$ $d \geq 0,25$. Vzhledem k tomu, že žádná z otázek s krajních hodnot obtížnosti nenabyla $d < 20$ a žádná ze středně obtížných otázek nezískala hodnotu $d < 25$, byly požadavky na minimální citlivost testu splněny.

Při pilotním výzkumném šetření byl proto distribuován soubor úloh beze změny, přičemž vzrůstající tendence obtížnosti mezi jednotlivými otázkami zůstala konstantní, jak je uvedeno v rámci vyhodnocení celkových výsledků výzkumného šetření v kapitole 6 (Zjišťování skutečné úrovně informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol) proběhlo na souboru téměř 760 žáků, z čehož bylo po očištění dat vybráno 741 respondentů, jejichž odpovědi byly vyhodnoceny jako konzistentní a reliabilní.

- Určení reliability finálního souboru otázek dle Spearmanova-Brownova vzorce: pro finální, střední verzi testu byl Pearsonův korelační koeficient vypočítán jako $r = 0,432071794$.



Obrázek 5.11 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro finální verzi souboru otázek

Tedy koeficient reliability dle Kuderova-Richardsonova vzorce nabývá hodnot:

$$r_{sb} = \frac{2 \cdot 0,432071794}{1 + 0,432071794} = \mathbf{0,603}$$

Koeficient reliability se sice blíží mezní hodnotě typické pro test s nízkým počtem otázek (0,60), ale pro daný soubor úloh ($n = 12$) je vyhovující. Pro jistotu jsme však, vzhledem k nízké hodnotě reliability určené pomocí půlení testovaného souboru, přistoupili ke kombinovanému ověření reliability a provedli určení míry vnitřní konzistence úloh i pomocí Cronbachova alfa.

- Určení reliability dle Cronbachova alfa: z důvodu náročnosti bylo Cronbachovo alfa pro ověřovaný soubor otázek vypočteno pomocí statistického software Statistica 12, přičemž výsledky zobrazuje následující obrázek:

SOUHRN. STAT. PRO MĚŘÍTKO			
Prům:	6,755102041	Sčet:	662,0
SmOdch:	2,359718769	Rozp:	5,56
Šikmost:	,131566376	Špičatost:	-,30
Minimální:	1,000000000	Maximá:	12,00
Cronbachovo alfa:	,602625667	Standard. alfa:	,60
	Průměrná mezivprvková korelace:		,11

Obrázek 5.12 12 Výsledky vyhodnocení reliability dat ze Statistica 12

Cronbachovo alfa pro finální soubor otázek bylo tedy určeno jako $\alpha = \mathbf{0,602625667}$. Toto číslo se prakticky shoduje s vypočteným koeficientem reliability metodou půlení dle Kuderova-Richardsonova, který byl stanoven jako $\mathbf{0,603}$. Výsledný

koeficient je tedy konzistentní pro obě použité metody. Je tedy možné konstatovat, že soubor otázek i přes poměrně nízkou hodnotu koeficientů reliability, naplňuje minimální požadavky pro reliabilní test s nízkým počtem otázek ($n = 12$).

Vzhledem k tomu, že finální soubor úloh splnil požadavky na distribuci, viz kapitola 5.5.3 (Testovací vzorek pro středně těžký test a ověřování vlastností finálního souboru otázek), byla tato verze testu rozeslána do škol s cílem získat co největší množství respondentů. Jako minimální počet testovaných jsme zvolili 600 žáků pátých tříd vzhledem k doporučením zmíněným v úvodu kapitoly 5.5 (Testovací vzorky jednotlivých fází testu). Nakonec se nám povedlo získat 762 odpovědí, z nichž 741 bylo dále statisticky zpracováno.

5.5.4 Testovací vzorek plošného testování pro standardizaci testu

Testovaný vzorek žáků pro testování finální verze testu se sestával ze 762 žáků pátých tříd základních škol v České republice. Po vyřazení odpovědí, které významně vybočovaly, nebo měly výrazně atypický čas řešení, zůstalo 741 respondentů.

Tabulka 5.12 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení ($n = 741$)

Kritérium	Počet žáků dle kritéria	
Gender	Dívky	347
	Chlapci	394
Věk	10	253
	11	419
	12	39
	13	12
	Jiný věk	18

Většina, tedy 60 %, byli žáci ve věku 11 let, dále 31 % žáků bylo ve věku 10 let, 6 % ve věku 12 let a 3 % žáků uvedlo „jiný věk.“ Co se týče genderového zastoupení, 53 % ($n = 394$) žáků byli chlapci a 47 % ($n = 347$) dívky. Veškeré podrobné analýzy týkající se vlivu věku a genderu tohoto vzorku na dosažené výsledky žáků jsou předmětem kapitoly 6.2 (Rozvoj informatického myšlení v kontextu dílčích skupin testovaných). Specifické zastoupení žáků v této finální části testování shrnuje tabulka 6.12 (Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení).

Finální test byl respondentům distribuován od ledna roku 2023 do května roku 2023, přičemž valná většina respondentů (přes 80 %) test vyplnila během přelomu února a března. Tento testovací soubor byl použit pro standardizaci testu, viz kapitola 5.6 (Standardizace

testu, normalita dat a posouzení celkových výsledků), a pro další statistické vyhodnocení výzkumu s ohledem na rozvoj inforatického myšlení v rámci testované populace. Podrobné výsledky jsou popsány v kapitole 6 (Zjišťování skutečné úrovně inforatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol).

5.6 Standardizace testu, normalita dat a posouzení celkových výsledků

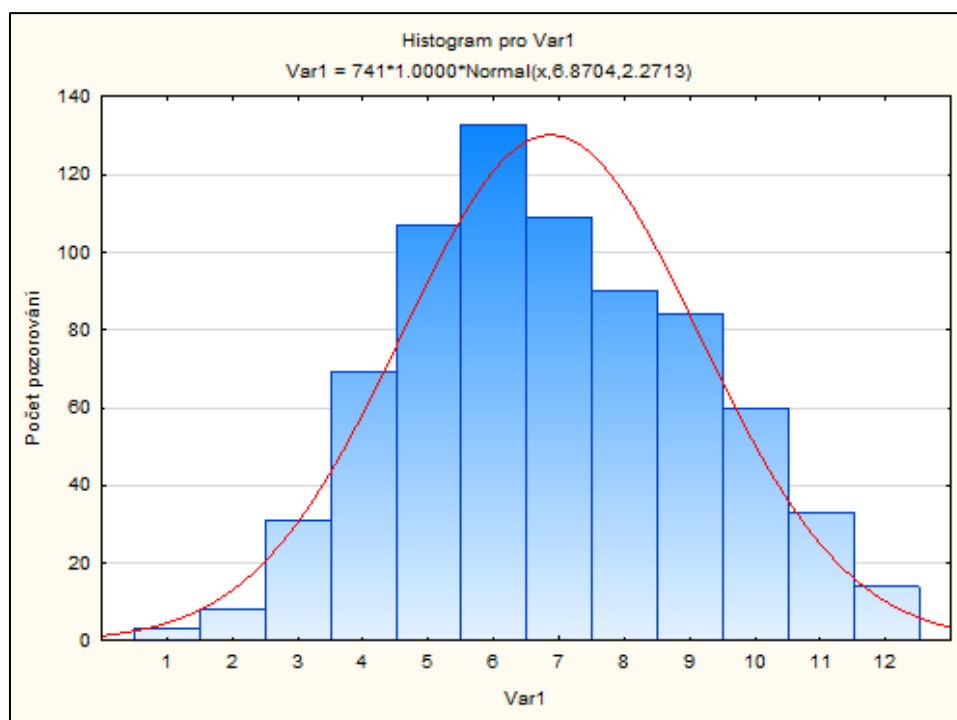
Posledním krokem standardizace souboru testových úloh byla relativní standardizace pomocí percentilové škály, která umožňuje vzájemně porovnat výkony testovaných. Standardizace proběhla na testovacím vzorku žáků pátých tříd ($n = 741$) popsaném v kapitole 5.5.4 (Testovací vzorek plošného testování pro standardizaci testu). Relativní standardizace zjišťuje, zda individuální testovaný žák dosahuje lepších, nebo horších výsledků než globálně testovaný vzorek. Důležitým předpokladem pro relativní hodnocení je v zásadě stejná výkonnost u srovnatelných studijních skupin (Štuka et al., 2021), a zároveň je nutné ověřit normalitu získaných dat (Chráška, 2016). V první řadě jsme se proto zaměřili na ověření normality dat a na popisné základní statistiky výsledků výzkumného šetření, se kterými standardizace pracuje.

Z dat získaných testováním finálního vzorku žáků pátých tříd ($n = 741$) jsme sestavili následující tabulku 5.13 (Popisné statistiky výsledků). Výsledky v tomto případě znamenají celkový počet získaných bodů v testu.

Tabulka 5.13 Popisné statistiky výsledků ($n = 741$)

Průměr	6,87044534
Medián	7
Minimální počet bodů	1
Maximální počet bodů	12
Směrodatná odchylka	2,27131429
Spolehlivost směrodatné odchylky	2,16126664

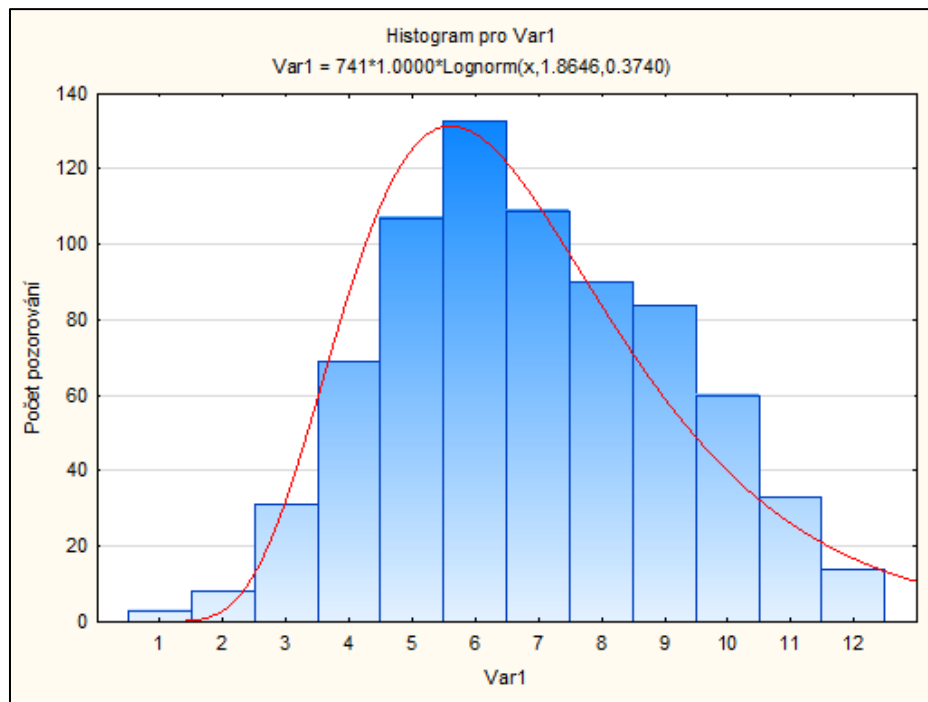
Výsledky testu lze také vyjádřit histogramem relativní četnosti bodů. Ideální distribuce četnosti získaných bodů by měla kopírovat Gaussovu křivku. Tomuto stavu jsme se taktéž chtěli designem testu přiblížit kombinováním obtížností testových úloh, jak bylo zmíněno v kapitole 5.2.2 (Ověřování validity testových úloh a sestavení didaktického testu). Následující histogram na obrázku 5.13 (Rozložení výsledků žáků v komparaci s normálním rozložením) ilustrující rozložení všech získaných bodů ukazuje, že se normálnímu bodovému rozdělení skutečně podařilo přiblížit, avšak ne zcela.



Obrázek 5.13 Rozložení výsledků žáků v komparaci s normálním rozložením, software Statistica 12 ($n = 741$)

Jak je z grafu patrné, nejvyšší počet bodů byl skutečně v šesti bodech, tedy polovině testu, což naznačuje téměř přesně průměrný výkon, ale křivka normálního rozložení je vychýlena k vyšším bodovým hodnocením. Tato tendence sama nepředstavuje problém, protože se rozložení stále dostatečně přibližuje normalitě a nevykazuje znaky asymetrického rozložení bodů, ani neindikuje nehomogenní skupinu respondentů (Štuka et al., 2021).

Při proložení histogramu křivkou tzv. logaritmickeo-normálního rozdělení (také Galtonovo rozdělení) zjistíme, že ji rozložení bodů poměrně přesně kopíruje, jak ilustruje graf na obrázku 5.14 (Rozložení výsledků žáků v komparaci s logaritmickeo-normálním rozložením) na následující straně. Logaritmickeo-normální rozdělení je typické svou asymetrií a zešikmením doleva, čímž se více blíží realitě pozorování v přírodních nebo ekonomických vědách. Některými autory je toto rozdělení proto považováno za „přirozenější“ (Optika, 2006, Netolická, 2008).



Obrázek 5.14 Rozložení výsledků žáků v komparaci s log. normálním rozložením, software Statistica 12 (n = 741)

Je tedy možné konstatovat, že rozložení výsledků více odpovídá logaritmicke-normálnímu rozdělení, které je variantou normálního rozdělení než klasické Gaussově křivce. Přesto, že se logaritmicke-normální rozdělení pro pedagogickou metodologii často nepoužívá, nemůžeme jej v tomto případě nezmínit, vzhledem ke zjevné tendenci dat k tomuto rozložení.

5.6.1 Statistické ověření normality dat

Je potřebné upozornit na skutečnost, že rozložení výsledků žáků v didaktických testech často nedosahuje přesného normálního rozložení, pokud je toto rozdělení posuzováno jinak než vizuálně (Netolická, 2008; Štuka et al., 2021). Dle některých autorů je taktéž možné použít parametrické statistiky i v případě, když vizuál grafů svědčí o lehkém porušení normality (Budíková, 2006). U zahraničních testů infromatického myšlení cílených na podobnou věkovou skupinu žáků dokonce najdeme podobná rozdělení (El-Hamamsy et al., 2022). Přesto jsme považovali za nutné ověřit, zda je normalita statisticky splněna, a to i kvůli následné volbě vhodných statistických metod. Stanovili jsme proto pro tuto část analýzy dat následující hypotézu:

Nulová hypotéza: H_10 : Rozložení celkové četnosti získaných bodů v testu vykazuje normální rozdělení.

Alternativní hypotéza pro ověření normality výsledků žáků pátých tříd tedy zní:

Alternativní hypotéza: H_1A : Rozložení celkové četnosti získaných bodů v testu nevykazuje normální rozdělení.

Normalitu můžeme ověřit dle testu dobré shody chí-kvadrát (x^2). Hodnota chí-kvadrátu se vypočítá dle vzorce $x^2 = \frac{(P-O)^2}{O}$, kde P je pozorovaný počet žáků, kteří získali určitý počet bodů a O je očekávaný počet žáků, kteří získali tento počet bodů (Chráska, 2016; Štuka et al., 2021). Hladiny významnosti se pro chí-kvadrát řídí dle tabulek pro kritické hodnoty, v tomto případě pro hladinu významnosti $p < 0,05$ platí, že $3,8 < x^2 < 6,6$.

Tabulka 5.14 Četnosti bodového hodnocení testu pro výpočet Chí-kvadrátu

Horní hranice	Pozorovaná četnost (P)	Kumulativní četnost	Očekávaná četnost (O)	Kumulativní očekávaná četnost
$\leq 1,08333$	3	3	4,0151	4,0151
2,16667	8	11	10,1986	14,2137
3,25000	31	42	26,8892	41,1029
4,33333	69	111	56,7033	97,8061
5,41667	107	218	95,6442	193,4504
6,50000	133	351	129,0483	322,4987
7,58333	109	460	139,2840	461,7827
8,66667	90	550	120,2566	582,0393
9,75000	84	634	83,0556	665,0949
10,83333	60	694	45,8845	710,9793
11,91667	33	727	20,2757	731,2550
< Nekonečno	14	741	9,7450	741,0000

Tabulkové shrnutí představuje výsledky testu normality chí-kvadrát (x^2) vyhodnocené softwarem Statistica 12. Kvůli velikosti exportovaných dat byla tabulka přepracována do sumarizační podoby.

Dále bylo vypočítáno, že: Chí-kvadrát $x^2 = 33,88450$, $p = 0,00004$. Velmi nízká hodnota p na hladině významnosti $p < 0,05$ zde znamená, že je malá šance, že mají získaná data normální rozdělení. Dle tabulek pro kritické hodnoty jsme určili, že chí kvadrát může být maximálně pro danou pravděpodobnost $x^2 = 21,026$, přičemž naše vypočítaná hodnota ji převyšuje. Můžeme proto nulovou hypotézu zamítnout a přijmout alternativní hypotézu:

H_1A ; Rozložení celkové četnosti získaných bodů v testu nevykazuje normální rozdělení.

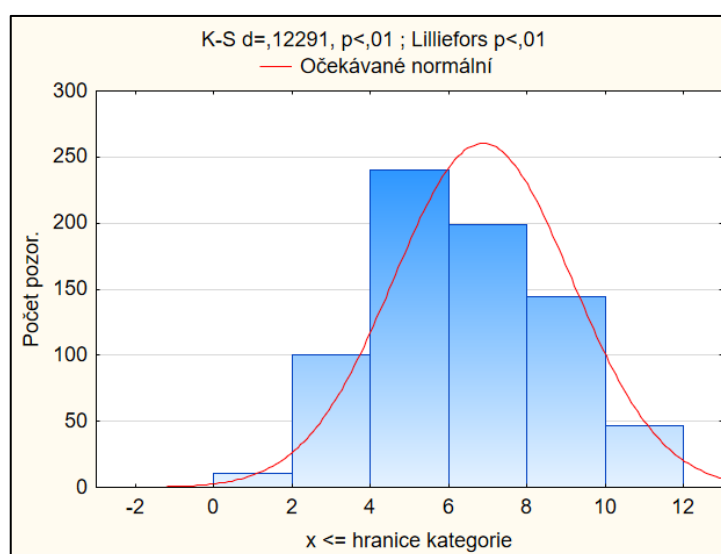
Pro ověření tohoto závěru jsme provedli ověření pomocí Kolmogorovův-Smirnovův test normality (také K-S test), který software Statistica 12 taktéž nabízí. Kolmogorovův-Smirnovův test taktéž měří normalitu dat, přičemž je považován za o něco „silnější“ než chí-kvadrát (Štuka et al., 2021). Ověřovali jsme opět hypotézu H_0 na hladině významnosti $p < 0,05$. Výsledky shrnuje následující tabulka:

Tabulka 5.15 Výsledky testů normality, Statistica 12 ($n = 741$)

Proměnná	Testy normality (Tabulka dat1)			
	N	max D	K-S p	Lilliefors p
Výsledek	741	0,122911	$p < ,01$	$p < ,01$

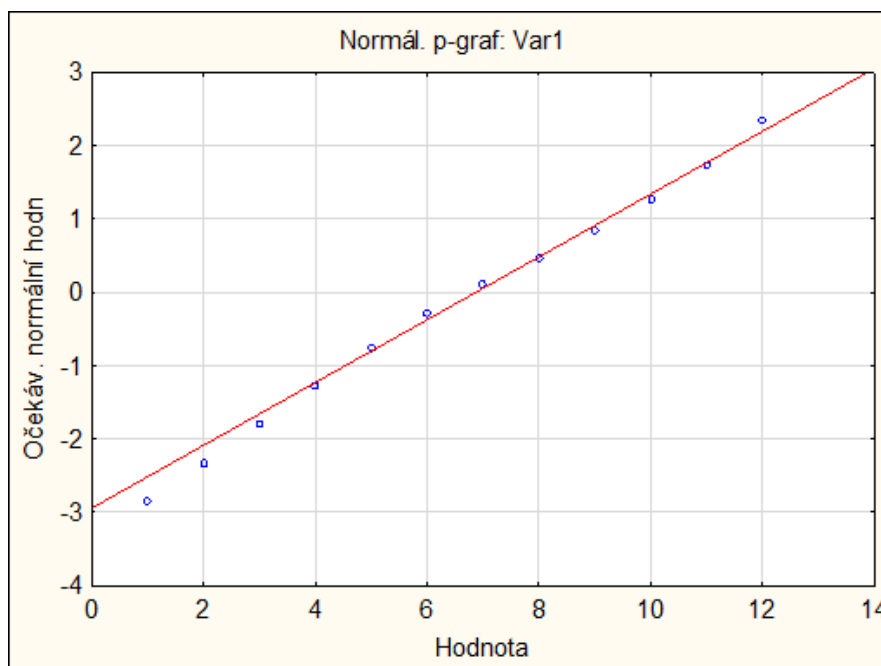
Jak je vidět, normalita se v tomto případě opět zamítá. Výsledné hodnoty Kolmogorova-Smirnova testu zpracované v Statistica 12 byly $d = 0,12291$ a $p < 0,01$ s hodnotu $p < 0,01$ i u testové statistiky Lillieforsovy modifikace testu. **Normalitu tedy v tomto případě taktéž zamítáme** na hladině významnosti $p < 0,05$.

Výsledky Kolmogorova-Smirnova testu mohou však být dle některých autorů diskutabilní (Budíková, 2006). Podle Budíkové a Chvála je pro vyšší množství dat ($n > 30$) možné i přes zamítnutí normality přistupovat k souboru jako k datům blížícím se normalitě a použít proto i parametrické metody. ČŠI v tomto kontextu hovoří o rozložení, které „sleduje“ normalitu, a to v kontextu vizualizace (Chvál et al., 2015). Základní vizualizaci rozložení celkových výsledků testu jsme již provedli proložení histogramu Gaussovou křivkou na obrázku 5.13 (Rozložení výsledků žáků v komparaci s normálním rozložením). Uvádíme však i histogram pro Kolmogorov-Smirnovův test, který opět naznačuje vychýlení bodového hodnocení z normality k nižším hodnotám.



Obrázek 5.15 Graf K-S testu normality, Statistica 12 ($n = 741$)

Abychom si byli jisti, že problémy s normalitou dat jsou skutečně v rámci nižší hodnoty získaného bodového rozložení, rozhodli jsme se ověřit normalitu ještě P-P (pravděpodobnost-pravděpodobnost), viz obrázek 5.16 (P-P graf normality), a Q-Q (kvantil-kvantil) grafem, viz obrázek 5.17 (Q-Q graf normálního rozdělení). Obě metody jsou ve svém principu pokročilejší vizualizací normality.

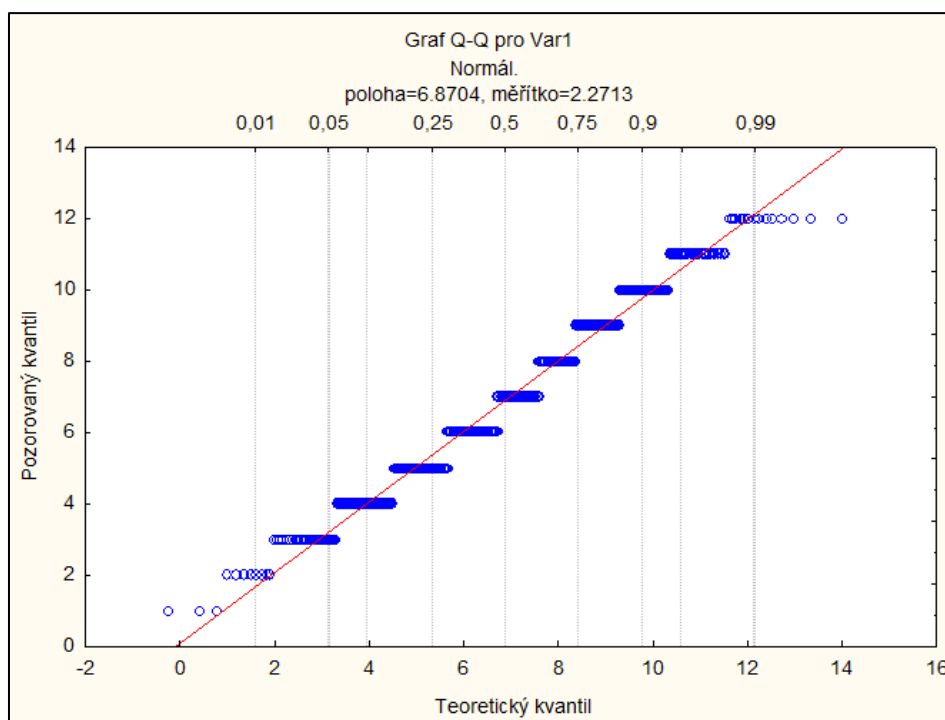


Obrázek 5.16 P-P graf normality, Statistica 12 (n = 741)

P-P graf vychází z testu normality, založeném na srovnávání pravděpodobnosti. Normalita je zde naznačena červenou přímkou. Pokud výsledný graf vykazuje normálního rozdělení, pak všechny body grafu leží na této přímce, nebo se jí přibližují. P-P graf zdůrazňuje především odchylky od normálního rozdělení poblíž střední hodnoty.

Q-Q graf vychází z komparace četnosti hypotetického normálního rozdělení, tedy očekávané četnosti a skutečné četnosti bodů, jak shrnuje předchozí tabulka 5.14 (Četnosti bodového hodnocení testu pro výpočet Chí-kvadrátu). Na rozdíl od P-P grafu je vhodnější pro testování normality na krajích rozdělení (Budíková, 2006; Netolická, 2008).

Jak je zjevné, v našem případě, viz následující obrázek 5.17 (Q-Q graf normálního rozdělení), kvantily se ose velmi blíží, ale opět ne natolik, aby splnily požadavek normálního rozdělení. Jednotlivé položky zde mají podobu schodů, vzhledem k tomu, že bodové hodnocení 1 až 12 představuje diskrétní hodnoty. Díky tomu však lze zároveň vyčíst, že krajní hodnoty se vychylují výrazněji než střední.



Obrázek 5.17 Q-Q graf normálního rozdělení

Závěrem tedy je, že data nenabývají normálního rozdělení, ačkoliv se mu velmi blíží. Hlavní odchylku od normality tvoří krajní hodnoty bodové škály, obzvláště v rámci nižšího bodového hodnocení. Je možné, že při dalším testování, a tedy při zvýšení počtu testovaných žáků, bychom se normalitě ještě více přiblížili. Je nutné upozornit, že jsme se setkali s odmítnutím u některých škol z důvodu specifického složení tříd, přičemž v nich převládali žáci se speciálními vzdělávacími potřebami. Ředitelé vyslovovali obavu z přetěžování svých žáků a narušení jejich režimu. Náš testovací vzorek proto i přes naši iniciální snahu nezahrnoval speciální základní školy a další specializovaná výchovná zařízení.

Je pravděpodobné, že by se po zahrnutí celkové populace žáků České republiky výsledek testu normality vyrovnal. V současné době je však pro následující statistické zpracování primárně nutné použít neparametrické metody. To, že data nevykazují normální rozdělení, bude taktéž zvaženo při standardizaci výsledků vytvořeného testu, sestavení percentilové škály a navrhnutí klasifikačního standardu pro vytvořený test infromatického myšlení.

5.6.2 Percentilová škála

Sestavení percentilové škály je nejznámější metodou relativní standardizace. Důležitým aspektem sestavení percentilové škály je fakt, že data nemusí vykazovat normální rozdělení hodnocení (Chvál et al., 2015).

Každý výsledek v rámci bodového hodnocení celku testovaného souboru má tedy přiřazený percentil, který udává, kolik procent žáků z celkově testovaného vzorku mělo horší výsledek než individuální žák. Percentilové pořadí pro individuální výsledek lze určit pomocí vzorce $PR = 100 \frac{n_k - \frac{n_i}{2}}{n}$, kde PR značí percentilové pořadí výsledku individuální osoby v kontextu celého vzorku testovaných, n je celková četnost testovaných, n_k je kumulativní četnost a n_i četnost tohoto výsledku.

Pro percentilové pořadí v rámci bodových intervalů je výchozí vzorec upraven jako $PR = 100 \frac{n_k - \frac{d_L * n_i}{h}}{n}$, kde h značí hloubku intervalu, d_L je rozdíl mezi daným výsledkem a horní hranicí intervalu, n_k kumulativní četnost a n_i četnost intervalu ve které se daný výsledek nachází (Chráška, 2016; Štuka et al., 2021).

Stanovená hodnota percentilu odpovídá procentu všech testovaných žáků, kteří dosáhli shodného nebo horšího výsledku jako individuálně posuzovaný žák. Percentily byly zaokrouhleny na jedno desetinné místo, aby nedošlo k opakování hodnot percentilů s ohledem na nízký počet otázek, a tedy možného bodového hodnocení (Chvál et al., 2015).

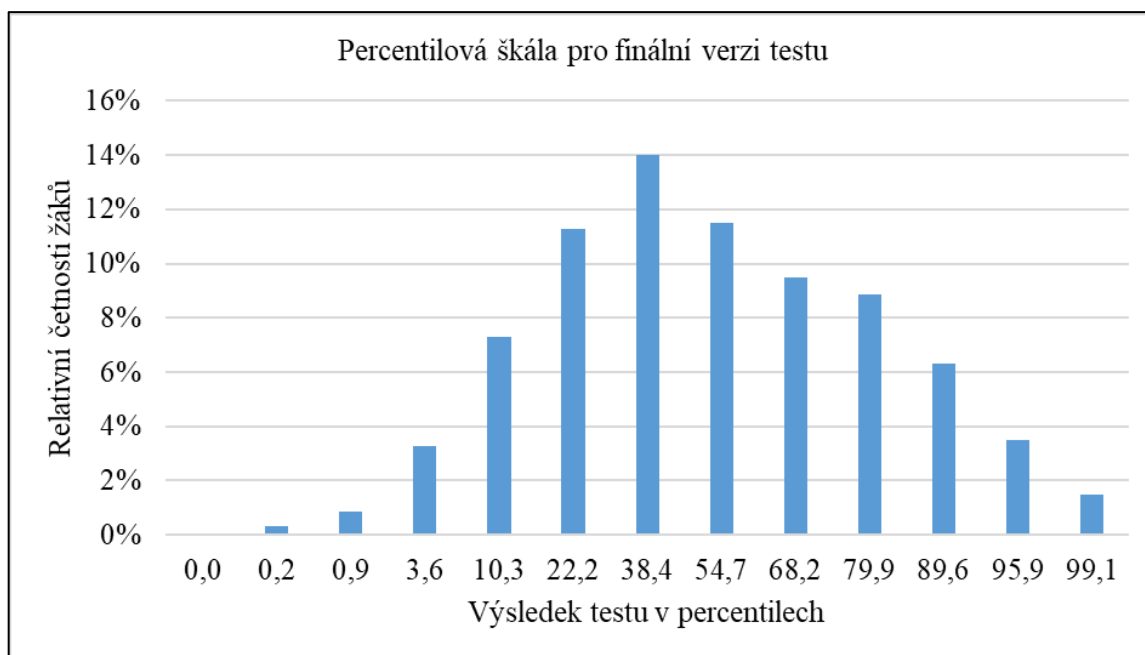
Následující tabulka 5.16 (Percentilová škála pro finální verzi testu) tedy shrnuje zmíněné hodnoty a stanovuje percentilovou škálu vytvořeného finálního souboru úloh:

Tabulka 5.16 Percentilová škála pro finální verzi testu ($n = 741$)

Počet bodů	Četnost	Kumulativní četnost	Procenta	Percentilové pořadí
0	0	0	0	0,0
1	3	3	0,32	0,2
2	8	11	0,84	0,9
3	31	42	3,27	3,6
4	69	111	7,28	10,3
5	107	218	11,29	22,2
6	133	351	14,03	38,4
7	109	460	11,50	54,7
8	90	550	9,49	68,2
9	84	634	8,86	79,9
10	60	694	6,33	89,6
11	33	727	3,48	95,9
12	14	741	1,48	99,1

Tato data lze také vyjádřit histogramem viz obrázek 5.18 (Percentilová škála pro finální verzi testu). Histogram četností na percentilové stupnici sice vizuálně připomíná

graf hrubých skóre, ale vzdálenosti jednotlivých položek v grafu na vodorovné ose nejsou shodné. Tento rozdíl může ovlivnit statistické zpracování dat, nebo následné vyhodnocení individuální výsledků podskupin testovacího souboru (Chvál et al., 2015).



Obrázek 5.18 Percentilová škála pro finální verzi testu

Nedostatky percentilů je možné řešit sestavením další standardizované stupnice, ideálně takové, která respektuje normální rozdělení výsledků a lze je tedy použít pro standardní statistické operace. Jednou z takových škál typicky používaných pro standardizaci didaktických testů je z-skóre (Štuka et al., 2021).

5.6.3 Stanovení z-skóre

Výpočet z-skóre je další formou standardizace, která porovnává výsledky konkrétního žáka s výsledky celého testovaného souboru. V tomto případě však určuje nakolik je výsledek úspěšný, či neúspěšný vzhledem k průměru skupiny, přičemž je z-skóre měřeno v jednotkách směrodatné odchylky. Pro stanovení z-škály je nutné, aby měly výsledky normální rozložení. V našem případě se výsledky pouze blíží normálnímu rozdělení, avšak považujeme za vhodné z-skóre stanovit pro komparaci s vytvořenou percentilovou škálou. Z-skóre je totiž citlivější na krajní meze bodové škály a lze díky němu identifikovat žáky s nadprůměrnými, nebo podprůměrnými výsledky. Je nutné zdůraznit, že z-skóre však v tomto případě plní funkci kontrolní škály. Vzhledem k charakteru dat získaných testem informatického myšlení je zásadní percentilová škála.

Vlastní škála z-skóre je určena vztahem $z = \frac{x - \bar{x}}{SD}$, kde z je hodnota z-škály, x specifický výsledek testovaného žáka, \bar{x} je aritmetický průměr výsledků a SD představuje směrodatnou odchylku pro soubor všech testových výsledků. Výsledné z-skóre nabývá hodnot od -3 do 3, a jak bylo řečeno, lze podle něj identifikovat žáky s výtečnými výsledky ($z > 2$) a naopak žáky s velmi slabými ($z < -2$) (Štuka et al., 2021). Následující tabulka shrnuje výsledky výpočtu z-skóre pro jednotlivé výsledky bodového hodnocení, přičemž průměrný počet bodů $\bar{x} = 6,87044534$ a směrodatná odchylka $SD = 2,27131429$.

Tabulka 5.17 Výpočet z-skóre testu informatického myšlení

Počet bodů	Četnost	z-skóre
0	0	0
1	3	-2,58
2	8	-2,14
3	31	-1,70
4	69	-1,26
5	107	-0,82
6	133	-0,38
7	109	0,06
8	90	0,50
9	84	0,94
10	60	1,38
11	33	1,82
12	14	2,26

Výpočet z-skóre de facto stanovuje nakolik je který výsledek nadprůměrný, nebo podprůměrný. Vzhledem k tomu, že průměrné skóre testu bylo 6,87, tedy takřka 7, z tabulky vyplývá, že pouze žáci, kteří získali 12 bodů, tedy měli celý test správně, se ze statistického hlediska jeví jako vysoce nadprůměrní. Naopak cokoliv pod tři body se jeví jako výrazně podprůměrné skóre.

Tato zjištění mají zpravidla význam pro další testování, případně nastavení klasifikačního standardu. Stanovení klasifikační škály není pro tento typ standardizovaného testu nutné, vzhledem k tomu, že testové otázky byly průměrně optimalizovány tak, aby se výsledky většiny testovaných pohybovaly kolem středních hodnot stupnice, ale pro účely dalšího použití nástroje a pro zjednodušení případného vyhodnocení individuálních žáků, jsme klasifikační škálu navrhli.

5.6.4 Úroveň inforatického myšlení u žáků a klasifikační standard pro didaktický test

Vzhledem k výzkumné podstatě plošného ověřování stupně rozvoje inforatického myšlení u žáků na tuzemských základních školách nebylo cílem tohoto výzkumu vytvoření klasifikačního standardu, ale pouze relativní standardizace, tedy hodnocení a analýzy porovnávací výsledky respondentů mezi sebou. Pro případné účely použití tohoto nástroje v rámci výuky, uvádíme návrh klasifikačního standardu.

Pro stanovení klasifikačního standardu vycházíme z procentových ekvivalentů normálního rozdělení četností výsledků v populaci testovaných žáků a ze škálového doporučení České školní inspekce (Chvál et al., 2015). Tato klasifikace, stejně jako provedená standardizace na percentilové škále, předpokládá, že celkové výkony žáků odpovídají Gaussově křivce, přičemž nejvíce žáků je hodnoceno průměrným stupněm (dobře – 3) a na obě strany od tohoto průměru potom četností symetricky ubývá.

Pro klasifikační stupně stanovujeme následující procentuální meze:

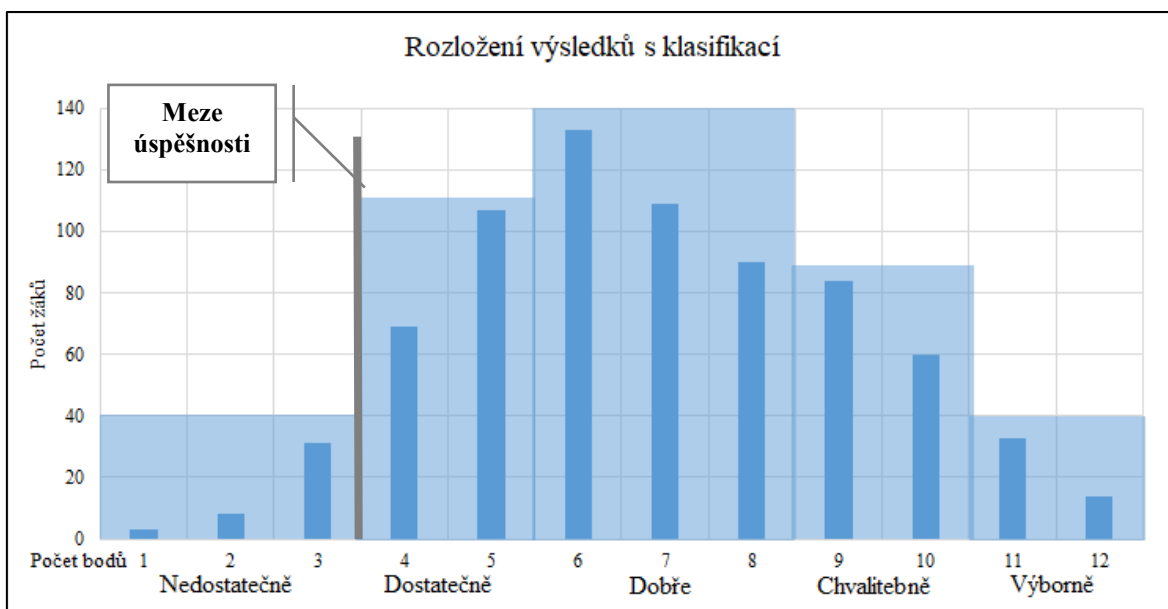
- 7 % nejlepších žáků – výborně,
- 23 % žáků – chvalitebně,
- 20 % žáků – dobře,
- 23 % žáků – dostatečně,
- 7 % nejhorších žáků – nedostatečně.

Je však nutné upozornit, že i přes doporučení ČŠI a dalších autorů jsou tyto stupně velmi subjektivní, čímž potenciálně posouvají vytvořený didaktický test do roviny subjektivně skórovatelného testu (Štuka et al., 2021).

Z výsledků, které ilustruje následující tabulka 5.18 (Návrh klasifikačního stupně vzhledem k percentilu a získaným bodům) a graf 5.19 (Rozložení bodů vzhledem k navrhované klasifikaci), vyplývá, že žáci, kteří získali v testu méně, než čtyři body mají oproti zbytku testovaného souboru nedostatečně rozvinuté inforatické myšlení. Tento počet bodů tvoří, v případě diagnostického nástroje, tzv. meze úspěšnosti (angl. *pass mark*), která vyjadřuje absolutní hranici mezi úspěšným a neúspěšným žákem (Boursicot, 2011).

Tabulka 5.18 Návrh klasifikačního stupně vzhledem k percentilu a získaným bodům

Výsledek	Četnost	Percentil	Klasifikace
1	3	0,2	Nedostatečně
2	8	0,9	Nedostatečně
3	31	3,6	Nedostatečně
4	69	10,3	Dostatečně
5	107	22,2	Dostatečně
6	133	38,4	Dobře
7	109	54,7	Dobře
8	90	68,2	Dobře
9	84	79,9	Chvalitebně
10	60	89,6	Chvalitebně
11	33	95,9	Výborně
12	14	99,1	Výborně



Obrázek 5.19 Rozložení bodů vzhledem k navrhované klasifikaci

Naopak žáci, kteří získali více, než 10 bodů jsou vysoce nadprůměrní oproti svým vrstevníkům. Vzhledem k tomu, že jsme při nastavení stupnice vycházeli z percentilového rozdělení, je zde viditelná odchylka od výsledků z-skóre, kde bylo výrazně podprůměrné skóre stanoveno v rozmezí 1 až 2 body, zatím, co vysoce nadprůměrné skóre bylo 12 bodů. Vzhledem k tomu, že z-skóre není vhodné pro případy, které nesplňují normální rozdělení, jej používáme jen jako orientační mez.

Je tedy možné říct, že žáci, kteří získali **3 body a méně** test informatického myšlení nespĺnili uspokojivě. Nastavení meze úspěšnosti pokládá základ bodové hodnoty

pro úspěšné složení testu, a tedy i pro hranici od které můžeme hovořit o žákovi s **nedostatečně rozvinutým informatickým myšlením**. Naopak žáci, kteří získali v testu **11 až 12 bodů**, mají informatické myšlení v rámci testovacího souboru rozvinuté **vysoce nadprůměrně**.

Jak bylo již řečeno, podstatou tohoto výzkumu však nebylo vytvoření klasifikační škály, ale její nastavení může do budoucna nabídnout metodiku pro pedagogy, kteří hledají nástroj k reflexi své výuky a ke srovnání jednotlivých tříd, nebo žáků. Je třeba zdůraznit, že vzhledem k podstatě nastavení testu je hodnocení jednotlivce podle této škály určováno nejen jeho výkonem, ale i výkonem ostatních žáků v souboru. Průměrná známka „dobře,“ tedy 3 se taktéž může jevit jako demotivující. Použitím jakékoliv subjektivně skórovatelné škály k vyhodnocení testu se ztrácí hlavní výhoda standardizace, tedy norma v cílové populaci. Proto při vyhodnocování testu důrazně doporučujeme zohledňování percentilové stupnice, spíše než klasifikační stupnici.

Někteří autoři zabývající se testováním informatického myšlení zároveň tvrdí, že je pro učitele informatiky nepřínosné znát, jak si individuální žák vede v komparaci s ostatními, ale důležitější je zohlednit jeho rozvoj ve specifických výpočetních konceptech, postupech a konkrétních dimenzích informatického myšlení (Brennan a Resnick, 2012; Román-González et al., 2017; Guggemos et al., 2023). Nabízí se však otázka, zda je však vůbec možné specificky rozlišit jednotlivé dimenze informatického myšlení v žákově výkonu. Následující kapitola 6 (Zjišťování skutečné úrovně informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol) se proto bude zabývat přímo rozšířenou analýzou specifických výsledků testovaných žáků za účelem konkrétnějšího popisu stavu rozvoje informatického myšlení u žáků v České republice.

5.7 Dílčí závěr

Statistické ověření vlastností vytvořeného didaktického testu na základě dat z plošného testování u žáků základních škol potvrzuje, že vytvořený didaktický nástroj splňuje potřebné předpoklady pro standardizovaný test. Zároveň prokazatelně měří rozvoj informatického myšlení, přičemž umožňuje míru tohoto rozvoje vyjádřit hodnotící, či klasifikační škálou. **Jde tedy o test vhodný k měření úrovně rozvoje informatického myšlení a určení konkrétního stupně tohoto rozvoje u individuálního žáka.**

Průběžné pretestování tedy pomohlo odhalit určité psychometrické vlastnosti otázek, a to včetně obtížnosti, která byla v některých případech nevyhovující, schopnost testu rozlišit

mezi dobrými a slabšími účastníky a některé nejasné formulace. Výsledný test informatického myšlení pak prokazatelně splňoval všechny požadavky pro kvalitní didaktický test a prošel kombinovaným ověřením pomocí statistických metod za podpory expertního posouzení. Konkrétní vyhodnocení těchto dat je předmětem kapitoly 5.5.3 (Ověřování obtížnosti a citlivosti finálního souboru otázek).

Celkem byl tedy test sestaven ve třech fázích:

1. V první fázi byl soubor otázek ($n = 30$) vyhodnocen experty.
2. V následující fázi byly sestaveny na základě vyhodnocení expertních posudků dva soubory dvanácti otázek se vzrůstající obtížností. První soubor úloh se skládal z otázek, které experti vyhodnotili jako lehké až středně těžké. Druhý soubor tvořily úlohy, které byly hodnoceny jako středně těžké a těžké. Tyto testy byly distribuovány mezi pilotní testovací soubory žáků pátých tříd ($n_1 = 124$; $n_2 = 115$; $n_3 = 114$) a následně byly podrobeny analýze vlastností statistickými metodami dále popsány v kapitole 5.4 (Analýza vlastností testových úloh) a 5.6 (Ověření reliability testu). Vzorky žáků popisuje kapitola 5.4 (Testovací vzorky jednotlivých fází testu).
3. Na základě statistického vyhodnocení předchozích dvou verzí testu byl sestaven třetí, finální test, kombinující obě obtížnosti, a to dle schématu, které ilustruje tabulka 5.4 (Výsledné schéma plánu souboru testových otázek). Tento test byl distribuován novému vzorku žáků ($n = 741$) a následně byl podroben statistické analýze vlastností, viz kapitola 3.5.5 (Ověřování obtížnosti a citlivosti finálního souboru otázek) a podkapitoly 5.6 (Ověření reliability testu). Finální verze testu je součástí Přílohy číslo 2 (Plošně distribuovaný test informatického myšlení).

Kombinováním lehkého a těžkého testu na základě statistického vyhodnocení jejich vlastností **se dosáhlo dvojitého ověření vytvořené sady testových úloh** a bylo možné předpokládat, že výsledky žáků ve finálním výzkumném šetření budou vykazovat tendenci k normálnímu rozdělení četností výsledků.

Tento závěr se po plošném nasazení testu a následné analýze dat potvrdil. I přesto, že výsledky žáků nemají normální rozdělení, dostatečně se tomuto rozdělení blíží. Dá se tedy předpokládat, že v případě rozšíření testovacího vzorku na celou

populaci žáků pátých tříd by došlo k vyrovnání dat do normálního rozdělení (Budíková, 2006).

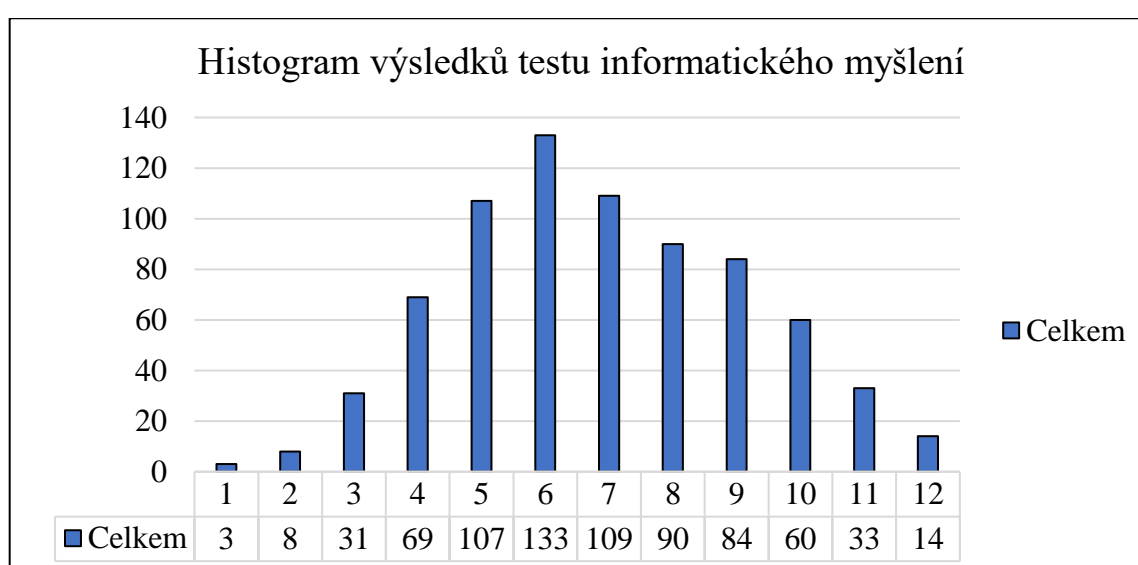
Po těchto krocích byla provedena kombinovaná standardizace testu pomocí relativního rozdělení získaného počtu bodů všech žáků podle percentilů a nastavení absolutní hranice mezi žákem s dostatečně rozvinutým a nedostatečně rozvinutým informatickým myšlením. **Vytvořili jsme tedy statistický popis rozvoje informatického myšlení v testované populaci.** Medián celkového počtu získaných bodů se blížil 57 % celkové bodové škály. Toto zjištění, v kombinaci s vychýlením normality dat ke kladným hodnotám, naznačuje, že **rozvoj informatického myšlení byl u testovaných žáků vyšší, než se předpokládalo při expertním posouzení.** Tyto poznatky jsou konzistentní s výsledky zahraničních testů, které se zabývají podobnou věkovou kategorií žáků (El-Hamamsy et al., 2022).

Na základě těchto výsledků je možné říct, že **byl vytvořen standardizovaný test informatického myšlení, který nastavuje první tuzemský standard pro informaticky myslícího žáka.** Nabízí se však otázka, jaký je však tedy celkový stav rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol v České republice? Na čem konkrétně tento rozvoj závisí a jaký rozvoj vykazují žáci v jednotlivých dimenzích informatického myšlení? Tyto otázky budou předmětem následující kapitoly zaměřené na podrobnou statistickou analýzu dat sesbíraných pomocí vytvořeného didaktického testu.

6 Zjišťování skutečné úrovně informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol

Jak bylo již několikrát zdůrazněno, informatické myšlení představuje důležitou komponentu v rámci národního vzdělávacího systému, která až do tohoto výzkumu nebyla v rámci českého prostředí plošně testována. Primárním cílem této disertační práce byl proto vývoj nástroje pro měření úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků základních škol. Tento cíl byl také předmětem prezentovaných teoretických analýz a realizovaných výzkumných šetření. Na základě široké báze statistických a metodologických postupů ověřujících vlastnosti a kvality didaktických testů můžeme říci, že se nám podařilo úspěšně vytvořit didaktický test měřící informatické myšlení u žáků pátých tříd základních škol.

Jak bylo popsáno v předchozí kapitole 5.6 (Standardizace testu, normalita dat a posouzení celkových výsledků) a jejích podkapitolách, tento nástroj byl pilotně testován a standardizován celkem na 741 žácích pátých tříd v České republice. **Testováním bylo zjištěno, že žáci pátých tříd měli informatické myšlení rozvinuté více, než se původně předpokládalo.** O tom vypovídá fakt, že medián získaného počtu bodů byl $x_i = 7$ a průměr $x = 6,87$ z celkového maxima 12 bodů. Meze úspěšnosti pro tento test byla nastavena na 3 body, můžeme tedy říci, že **7 % nejhorších žáků ($n = 42$) nemá ve srovnání s celkovým souborem ($n = 741$) dostatečně rozvinuté informatické myšlení. Naopak u horních 7 % výsledků ($n = 47$) můžeme tvrdit, že jde o žáky s vysoce nadprůměrně rozvinutým informatickým myšlením.** Ve středních hodnotách rozvoje se nacházelo 59,2 testovaných.



Obrázek 6.1 Histogram rozložení výsledků žáků v testu informatického myšlení a jejich četnosti

Je tedy možné říct, že jsme představili standardizovaný nástroj na evaluaci rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol v České republice. Hlavní cíl práce byl tedy naplněn. Nabízí se však otázka, jaká jsou další specifika rozvoje informatického myšlení? Jaký vliv však mají zkoumané dílčí dimenze informatického myšlení na celkový rozvoj? Je možné, že rozvoj informatického myšlení a jeho dimenzí závisí na dalších faktorech specifických pro individuálního zkoumaného žáka? Tyto závislosti a vnitřní vztahy přináší další zásadní pohledy na informatické myšlení a jeho rozvoj, které mají potenciál přispět jak k chápání samotné koncepce informatického myšlení, tak k dalším pedagogickým intervencím.

Abychom mohli pochopit a popsat tyto principy a závislosti rozvoje informatického myšlení, je nutné realizovat další statistické analýzy dat ze získaného výzkumného vzorku. Následující část textu se proto zaměřuje na celkovou analýzu a popis dílčích výsledků výzkumného šetření, které za pomoci tohoto didaktického testu proběhlo v roce 2023 na základních školách v České republice. Tyto výsledky mají potenciál přispět k vývoji metodik a dalších didaktických nástrojů, celkové deskripci a analýze stavu rozvoje informatického myšlení na českých školách a zhodnocení skutečné úrovně schopností individuálních žáků v této oblasti.

6.1 Stanovení výzkumného problému, specifikace výzkumných cílů a formulace hypotéz

Posledním dílčím cílem této dizertační práce byla celková deskripce stavu rozvoje informatického myšlení u cílené skupiny žáků základních škol. Značnou část tohoto záměru jsme již obsáhli sestavením percentilové škály v rámci kapitoly 5.6.2 (Percentilová škála). Existují však další parametry, podle kterých lze rozvoj informatického myšlení u žáků analyzovat a které představují náš poslední výzkumný problém. Hlavním výzkumným cílem pro tuto část výzkumu bylo tedy zjistit, **jak dalece je u žáků informatické myšlení rozvinuto v rámci jednotlivých dimenzí informatického myšlení. Dále pak, zda spolu tyto dimenze interagují a na jakých faktorech tento rozvoj závisí.**

Zaměřili jsme se proto na analýzu specifík záviselých na výsledcích žáků dosažených při řešení didaktického testu, a to specificky:

1. Porovnání dosaženého počtu bodů mezi chlapci a dívkami.
2. Porovnání dosaženého počtu bodů mezi žáky rozdílného věku.

3. Porovnání dosaženého počtu bodů u žáků mezi jednotlivými dimenzemi informatického myšlení.
4. Porovnání dosaženého počtu bodů v jednotlivých dimenzích mezi sebou.

Tyto analýzy nám pomohly odhalit, jak souvisí rozvoj informatického myšlení s dalšími faktory a jak spolu interagují jednotlivé dimenze informatického myšlení v rámci svého rozvoje.

Pro tuto část výzkumu budeme dále používat výzkumný vzorek, který byl již představen v kapitole 5.5.4 (Testovací vzorek plošného testování pro standardizaci testu). Šlo tedy o 347 dívek a 394 chlapců z pátých tříd základních škol v České republice. Stejný výzkumný vzorek byl tedy použit pro vlastní standardizaci testu i pro analýzu rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol, a to primárně z důvodu konzistence dat. Z těchto žáků bylo 253 ve věku deseti let, 419 žáků bylo jedenáctiletých, 39 dvanáctiletých a 12 třináctiletých a 18 žáků uvedlo, že jsou jiného věku.

Na základě těchto východisek byly pro tento výzkum stanoveny následující výzkumné otázky:

- Q1: *Jaké parametry ovlivňují rozvoj informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol?*

Dále byly na základě hlavní výzkumné otázky Q1 stanoveny dílčí otázky:

- Q2: *Liší se rozvoj informatického myšlení u chlapců a dívek?*
- Q3: *Má na rozvoj informatického myšlení vliv věk žáků?*
- Q4: *Liší se rozvoj informatického myšlení v rámci jednotlivých dimenzí?*

Za rozdíl v rozvoji považujeme rozdílný počet získaných bodů v celém testu, či v jednotlivých testových úlohách. Tento počet bodů může nabývat buď vyšších hodnot, které značí úspěšnějšího žáka, nebo nižších hodnot, které značí, že žák byl méně úspěšný. Na základě těchto dílčích výzkumných otázek byly stanoveny následující hypotézy:

Nulová hypotéza: H_0 : Mezi výsledky chlapců a dívek nejsou statisticky významné rozdíly.

Alternativní hypotéza: H_1A : Mezi výsledky chlapců a dívek jsou statisticky významné rozdíly.

Nulová hypotéza: H_2O : Mezi výsledky žáků různého věku v pátých třídách nejsou statisticky významné rozdíly.

Alternativní hypotéza: H_2A : Mezi výsledky žáků různého věku v pátých třídách jsou statisticky významné rozdíly.

Nulová hypotéza: H_4O : Mezi výsledky žáků v jednotlivých dimenzích informatického myšlení nejsou statisticky významné rozdíly.

Alternativní hypotéza: H_4A : Mezi výsledky žáků v jednotlivých dimenzích informatického myšlení jsou statisticky významné rozdíly.

Následující část textu se zabývá přímo statistickým vyhodnocením těchto hypotéz a dalšími implikacemi analýzy výsledků.

6.2 Rozvoj informatického myšlení v kontextu dílčích skupin testovaných

Pro vyhodnocení korelací mezi daty jsme použili Spearmanův korelační koeficient zpracovaný pomocí software Statistica 12. Korelační koeficient měří sílu lineární závislosti mezi dvěma veličinami, tedy odhaluje míru souvislosti, a může nabývat hodnot r_{Sp} od 1 do -1 . Korelace jsou významné na hladině p -hodnoty (p -value). V našem případě jsme volili $p < 0,05$. P -hodnota stanovuje nejvyšší testovací hladinu, na které korelaci nezamítáme.

Výsledný didaktický test, jehož tvorba a standardizace byla popsána v předchozí kapitole, byl aplikován na výše popsaný výzkumný vzorek a níže uvedená tabulka shrnuje hodnoty korelací r_{Sp} mezi počtem bodů získaných v testu, věkem a genderem žáků. Označené korelace jsou významné na hladině $p < 0,05$:

Tabulka 6.1 Korelace výsledků, genderu a věku žáků pomocí Spearmanova korelačního koeficientu (Statistica 12)

Proměnná	Spearmanovy korelace (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	Výsledek	Věk	Gender
Výsledek	1,000000	-0,079803	-0,046163
Věk	-0,079803	1,000000	-0,097416
Gender	-0,046163	-0,097416	1,000000

Z uvedené tabulky je možné dovodit, že rozdíly v úspěšnosti řešení didaktického testu v kontextu jejich genderu je statisticky zanedbatelný, ale mezi věkem a výsledkem je korelace statisticky významná. Nabízí se tedy možnost, že existuje souvislost mezi věkem žáků a jejich výsledky.

Vzhledem k tomu, že data se blíží normálnímu rozdělení, přestože se s ním neshodují plně, provedli jsme analýzu i pomocí parametrické metody, a to Pearsonova korelačního koeficientu. Tento postup doporučuje např. Budíková (2006).

Tabulka 6.2 Korelace výsledků, genderu a věku žáků pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (Statistica 12)

Korelace (Tabulka dat1) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=741 (Celé případy vynechány u ChD)			
Proměnná	Výsledek	Věk	Gender
Výsledek	1,000000	-0,115317	-0,054863
Věk	-0,115317	1,000000	-0,078581
Gender	-0,054863	-0,078581	1,000000

Přesto, že jsou hodnoty jiné, na hladině významnosti $p < 0,05$ se ukazuje, že věk žáků a jejich výsledky mají statisticky významnou korelaci. Shoda metod je pravděpodobně způsobená tím, že se data normálnímu rozdělení velmi přibližují. V obou případech ověření korelací se taktéž ukázala možná korelace mezi věkem a genderem žáků, což naznačuje genderově specifické složení tříd, ve kterých výzkumné šetření probíhalo. Nejde však o faktor, který by významně ovlivňoval výsledky testu, nebylo tedy nutné tuto alternativu dále ověřovat, a v souladu s obecně přijímanou praxí bylo možné stanovené hypotézy statisticky ověřit.

Pro jednotlivé hypotézy tedy vyplývá:

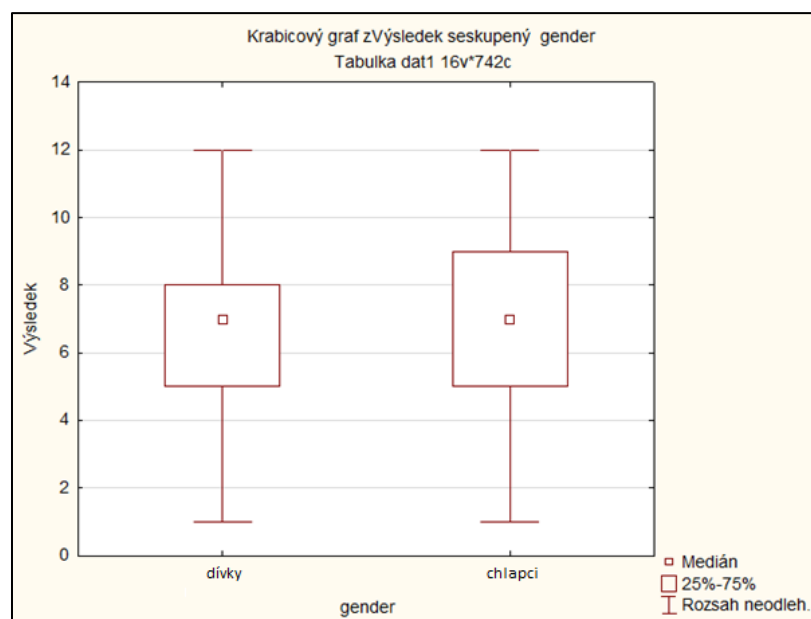
- Hypotéza H_{10} : Mezi výsledky chlapců a dívek nejsou statisticky významné rozdíly. Následující tabulka shrnuje podrobné výsledky výpočtu Spearmanova korelačního koeficientu pro počet bodů získaných v testu a gender testovaných žáků:

Tabulka 6.3 Neparametrické korelace věku a genderu žáků (Statistica 12) ($n = 741$)

Spearmanovy korelace (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$				
Dvojice proměnných	Platný N	Spearman R	t(N-2)	p-hodnot
Výsledek & Gender	741	-0,046163	-1,25625	0,209421

Kromě zmíněného Spearmanova korelačního koeficientu $r_{sp} = -0,046163$ tabulka uvádí i p-hodnotu testovanou na hladině významnosti $p < 0,05$. Protože je vypočtená p-hodnota $p = 0,209421$ vyšší než zvolená úroveň významnosti, zamítáme korelaci a přijímáme proto nulovou hypotézu:

H_{0A} : Mezi výsledky chlapců a dívek nejsou statisticky významné rozdíly.



Obrázek 6.2 Krabicový graf rozložení dosažených bodů dle genderu žáků (Statistica 12)

Dále je možné ze zjištěných výsledků vyvodit, že rozdíl v úspěšnosti řešení didaktického testu mezi chlapci a dívkami je statisticky zanedbatelný. To potvrzuje i vizualizace na krabicovém grafu výše, který zobrazuje dosažené počty bodů pro chlapce a dívky.

Je tedy zřejmé, že bodový medián byl v podstatě stejný pro chlapce i dívky, stejně jako rozsah hodnot. Jediným rozdílem je, že chlapci mají mírně větší 25–75% rozptyl získaných bodů, což může být způsobeno rozdílnými mocnostmi skupin chlapců a dívek. Můžeme tedy s jistotou potvrdit, že **výsledky žáků** v testu informatického myšlení **nejsou závislé na genderu**.

6.2.1 Rozvoj informatického myšlení v závislosti na věku testovaných

Druhou ověřovaným faktorem byla možná závislost výsledků na věku testovaných žáků. Jak bylo již znázorněno v tabulce 6.2 (Korelace počtu bodů, genderu a věku žáků pomocí Pearsonova korelačního koeficientu), korelace v tomto případě vyšla statisticky významná. Testovali jsme tedy hypotézu H_2 :

Hypotéza H_2 : Mezi výsledky žáků různého věku v pátých třídách nejsou statisticky významné rozdíly.

Podrobné výsledky výpočtu Spearmanova korelačního koeficientu pro získaný počet bodů v testu úrovně informatického myšlení a pro věk testovaných žáků shrnuje následující tabulka:

Tabulka 6.4 Neparametrické korelace počtu bodů a věku žáků (Statistica 12) (n = 741)

Dvojice proměnných	Spearmanovy korelace (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. p <,05000			
	Platný N	Spearman R	t(N-2)	p-hodnot
Výsledek & Věk	741	-0,079803	-2,17634	0,029846

Z uvedené tabulky vyplývá, že korelace $r_{sp} = -0,079803$ naznačuje, že mezi jevy je závislost, a to na hladině významnosti $p < 0,05$. Vypočtená hodnota $p = 0,020846$ je nižší než hodnota testového kritéria, jde tedy o významnou korelaci. Můžeme tedy zamítnout nulovou hypotézu H_20 a konstatovat, že:

Hypotéza H₂A: Mezi výsledky žáků různého věku v pátých třídách jsou statisticky významné rozdíly.

Spearmanův koeficient pořadové korelace nabývá hodnot od -1 po 1 , což naznačuje, že korelace je v našem případě sice statisticky významná, ale přesto má poměrně nízké hodnoty. Pro kontrolu byl proto proveden i Kendallův test (Kendalovo W), který korelaci potvrdil.

Tabulka 6.5 Neparametrické korelace počtu bodů a věku žáků dle Kendallova testu (Statistica 12) (n = 741)

Proměnná	Kendalovy korelace tau (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. p <,05000	
	Výsledek	Věk
Výsledek	1,000000	-0,066166
Věk	-0,066166	1,000000

Kendalovo W nabývá hodnot od 0 (žádná shoda) až 1 (úplná shoda). Z vypočtené hodnoty $W = -0,066166$ je tedy možné opět usoudit, že jde o statisticky významnou, ačkoliv nízkou korelaci. Vypočtená hodnota je zde absolutní hodnotou, záporné znaménko u hodnoty tedy její význam neovlivňuje z hlediska statistické průkaznosti. Vyjadřuje, že s nárůstem první hodnoty pravděpodobně klesá hodnota druhá (Chráska, 2016). Mezi věkem žáků a výsledky, kterých dosáhli v testu, tedy existuje statisticky významná korelace, přestože je v rámci vzorku poměrně nízká.

Výsledky testování korelací naznačují, že v rámci vzorku potenciálně dochází s ohledem na věk žáků k výkonnostním odchylkám. Rozhodli jsme se proto analyzovat data pomocí dalších neparametrických metod, abychom odhalili další možné konsekvence této tendence.

Protože v tomto případě pracujeme s více než dvěma korelujícími skupinami, můžeme použít pro analýzu výsledků neparametrickou verzi Kruskal–Wallisova testu analýzy rozptylu (ANOVA). Jde o rozšíření Mann–Whitneyova pořadového testu, které porovnává pouze dva různé výběrové soubory. Oba testy slouží k odhalení shody výběrových distribučních funkcí srovnávaných souborů. Test analýzy rozptylu (ANOVA) jsme provedli v software Statistica 12. Následující tabulka shrnuje jeho výsledky:

Tabulka 6.6 Výsledky Kruskal–Wallisova testu analýzy rozptylu (ANOVA), Statistica 12 (n = 741)¹⁶

		Vícenásobné porovnání z' hodnot; Výsledek (Tabulka dat1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Věk Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 741) =16,73676 p =,0022				
Závislá: Výsledek		10 R:380,40	11 R:380,56	12 R:295,58	13 R:194,38	Věk0 R:297,53
10			0,009415	2,303513	2,941555	1,587071
11		0,009415		2,371466	2,970862	1,611488
12		2,303513	2,371466		1,432208	0,031984
13		2,941555	2,970862	1,432208		1,293084
Věk0		1,587071	1,611488	0,031984	1,293084	

Z tabulky vyplývá, že na základě dosažené hladiny významnosti ($p = 0,0022$), existuje **statisticky významný rozdíl** v počtu získaných bodů ve skupině **třináctiletých**, oproti ostatním skupinám. **V rámci ostatních skupin statisticky významná závislost nebyla prokázána.**

Software Statistica 12 při vyhodnocení Kruskal–Wallisova testu ověřuje výsledky i dle mediánového testu. V tomto případě se výsledky obou metod shodovaly. Mediánový test taktéž označil za statisticky významně odlišnou skupinu třináctiletých žáků, jak shrnuje následující tabulka:

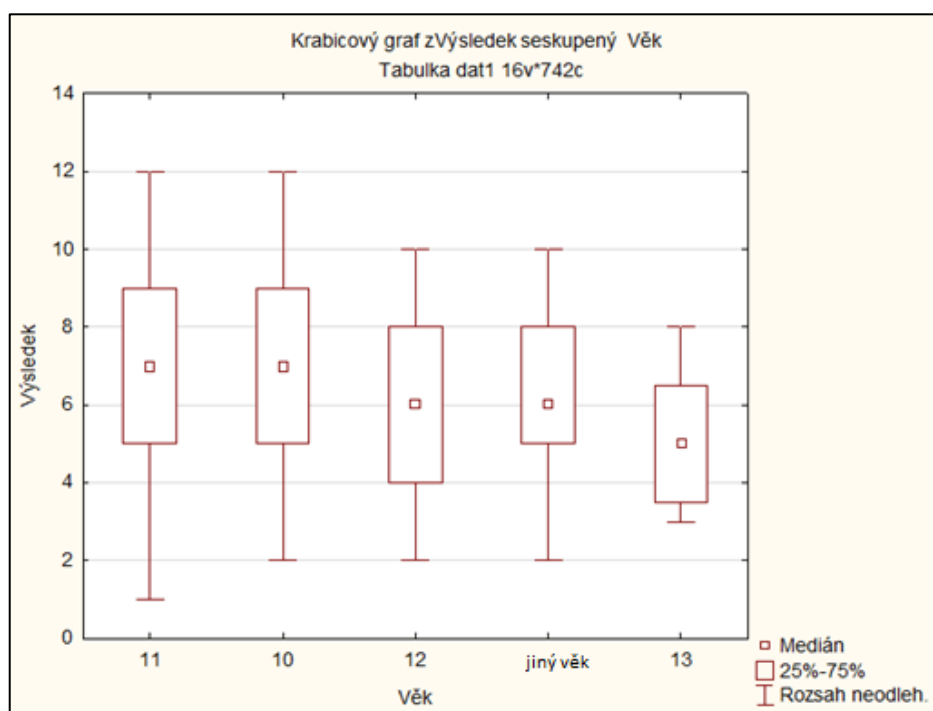
Tabulka 6.7 Výsledky mediánového testu, Statistica 12 (n = 741)⁹

		Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Výsledek (Tabulka dat1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Věk Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 741) =16,73676 p =,0022				
Závislá: Výsledek		10 R:380,40	11 R:380,56	12 R:295,58	13 R:194,38	Věk0 R:297,53
10			1,000000	0,212500	0,032657	1,000000
11		1,000000		0,177177	0,029697	1,000000
12		0,212500	0,177177		1,000000	1,000000
13		0,032657	0,029697	1,000000		1,000000
Věk0		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	

¹⁶ Věk0 v tabulce značí žáky, kteří zvolili možnost „jiný věk.“ Ke změně označení došlo kvůli specifikům programu Statistica 12.

Je nutné upozornit na fakt, že skupina třináctiletých měla mezi testovanými žáky velmi nízké zastoupení ($n = 12$). V páté třídě jsou žáci typicky ve věku 10 až 11 let. Věk 13 let naznačuje, že tito žáci mohou dosahovat v rámci této testovací skupiny atypických (podprůměrných) studijních výsledků. Rozhodli jsme se proto podrobit data další analýze s ohledem na věk žáků.

Jak ilustruje krabicový graf na následujícím obrázku 6.3 (Krabicový graf rozložení dosažených bodů dle věku) skupina třináctiletých testovaných skutečně viditelně vybočuje oproti ostatním skupinám. Druhou mírně atypickou, přestože statisticky nevýznamnou, skupinou jsou testovaní žáci, kteří zvolili možnost „jiný věk.“ Těch bylo v souboru celkem 18. Můžeme předpokládat, že šlo o žáky, kteří byli mladší než 10 let, nebo starší než 14 let. Pochopitelně se nabízí i možnost, že šlo o žáky, kteří nechtěli specifikovat svůj věk z dalších důvodů. Nebylo bohužel možné zjistit, jakého věku přesně tito testovaní byli a vyvodit z toho další závěry.



Obrázek 6.3 Krabicový graf výsledků žáků dle věku, Statistica 12 ($n = 741$)

Rozhodli jsme se proto vyřadit obě skupiny (tedy skupinu třináctiletých a skupinu jiného věku) ze souboru, jehož četnost se tak sice snížila na hodnotu 711, což však stále představovalo dostatečně početný vzorek respondentů. Na takto upraveném výzkumném vzorku jsme dále provedli analýzu pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a dalšího

ověření normality dat. Cílem bylo zjistit, zda zastoupením těchto atypických případů v rámci souboru došlo k ovlivnění dat, či nikoliv.

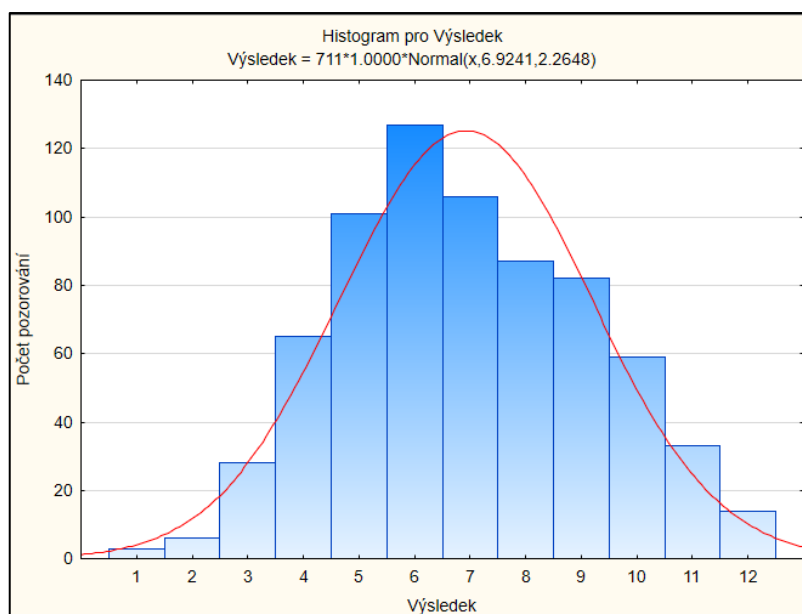
Po odstranění zmíněných věkových skupin se celkové výsledky žáků příliš nelišily od výsledků celkového souboru, které jsou znázorněny v kapitole 5.6. (Standardizace testu, normalita dat a posouzení celkových výsledků) v tabulce 5.13 (Popisné statistiky výsledků). Následující tabulka shrnuje popisné statistiky výsledků pro soubor testovaných bez třináctiletých a žáků jiného věku ($n = 711$):

Tabulka 6.8 Popisné statistiky pro optimalizovanou skupinu testovaných ($n = 711$)

Proměnná	Popisné statistiky (Tabulka dat1)				
	platných N	Průměr	Minimální	Maximál.	sm.odch.
Výsledek	711	6,924051	1,000000	12,00000	2,264826

Pro připomenutí pro celkový soubor ($n = 741$) byl průměrný získaný počet bodů $x = 6,87044534$, tedy nepatrně nižší než pro soubor bez třináctiletých a žáků jiného věku. Směrodatná odchylka pak nabývala hodnoty 2,27131429, byla tedy o něco vyšší, než směrodatná odchylka u souboru bez třináctiletých a žáků jiného věku.

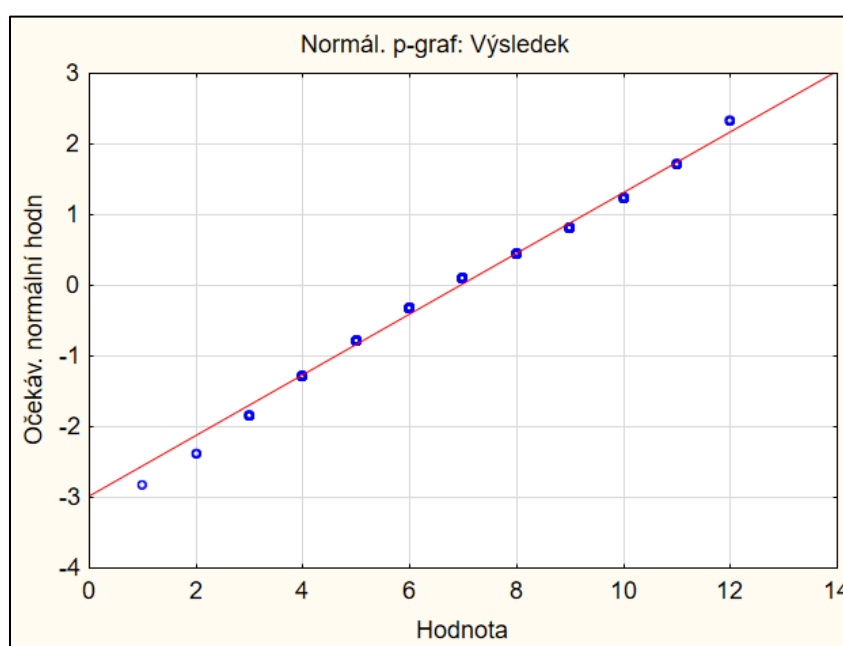
Dále byla provedena analýza normálního rozložení výsledků pro soubor $n = 711$. Jak ilustruje následující histogram, rozložení celkově získaných počtů bodů se nyní o něco výrazněji přiblížilo normálnímu rozdělení, ale stále nesplňovalo požadavky pro skutečné normální rozdělení.



Obrázek 6.4 Rozložení výsledků vybraných žáků ($n = 711$) v komparaci s normálním rozložením, Statistica 12

Provedení ověřovacího Kolmogorova–Smirnova testu normality testovaného na hladině $p < 0,05$ tyto závěry potvrdilo. Výsledky zpracované v software Statistica 12 vyšly $d = 0,12250$ a $p < 0,01$, s výsledkem Lilieforsovy modifikace testu $p < 0,01$, tedy v prakticky stejných hodnotách jako v případě celého souboru dat. Pro úplnost připomínáme, že pro $n = 741$ byly výsledné hodnoty $d = 0,12291$ a $p < 0,01$. Podrobnosti je možné najít v kapitole 5.6.1 (Statistické ověření normality dat).

Analogicky s výsledky celkového souboru vyšly taktéž vizualizace testu normality. Následující obrázek 6.5 zobrazuje rozložení výsledků skupiny testovaných bez třináctiletých žáků a žáků v „jiném věku“ ($n = 711$) pomocí P-P grafu:



Obrázek 6.5 P-P graf výsledků vybraných žáků ($n = 711$), (Statistica 12)

Odstranění skupin tedy výsledky ovlivnilo na úrovni průměrného počtu bodů a velikosti směrodatné odchylky, ale jak se dalo předpokládat vzhledem k jejich nízkému zastoupení, je statistický rozdíl minimální. Můžeme tedy konstatovat, že díky nízkému počtu testovaných z této skupiny **nebyla jejich zastoupením celková data významně ovlivněna.**

Nemůžeme však s patřičnou mírou statistické jistoty říct, že by individuální výsledky v testu tedy na věku vůbec statisticky nezávisely. Vzhledem k anonymnímu sběru dat nebylo možné zjistit, kdo byli tito žáci a není možné proto vyloučit jejich běžné zastoupení v pátých třídách. Vzhledem k podstatě testování, kterým bylo zjištění úrovně informatického myšlení u žáků pátých tříd, tedy musíme zvažovat i tuto skupinu. Z tohoto důvodu jsme pro tuto část analýzy nestanovovali hypotézu a pro další analýzy byl použit původní výzkumný vzorek

($n = 741$) zahrnující všechny zmíněné věkové kategorie žáků. Pouze další testování a rozšíření testovacího vzorku může přinést další závěry ohledně této problematiky.

6.3 Výsledky testování a úrovně rozvoje jednotlivých dimenzí informatického myšlení

Vzhledem k podstatě informatického myšlení a vlastnostem jeho konstruktů jsme předpokládali, že různé položky testu budou mít různou důležitost ve vztahu k jednotlivým dimenzím informatického myšlení. Naším cílem bylo identifikovat dimenze, ve kterých se žáci rozvíjí více a ve kterých méně a zda tento rozvoj závisí na nějakých dalších faktorech. Jak bylo již zmíněno, pracovali jsme trojdimenzionálním modelem informatického myšlení, který zahrnoval dimenze Algoritmického myšlení, Abstrakce a debugging a Syntaxi. U každé otázky bylo možné získat maximálně jeden bod, přičemž špatná odpověď byla hodnocena jako 0. Průměr (\bar{x}) blížící se 1 tedy značí vysoké množství žáků, kteří zodpověděli otázku správně, zatím co průměr blížící se 0 značí vyšší množství špatných odpovědí.

Tabulka 6.9 Průměrné skóre celého souboru žáků v jednotlivých otázkách řazených dle cílené dimenze

	Algoritmické myšlení 1	Algoritmické myšlení 2	Algoritmické myšlení 3	Algoritmické myšlení 4	Abstrakce a debugging 1	Abstrakce a debugging 2	Abstrakce a debugging 3	Abstrakce a debugging 4	Syntaxe a kódování 1	Syntaxe a kódování 2	Syntaxe a kódování 3	Syntaxe a kódování 4
Průměr	0,81	0,82	0,48	0,56	0,66	0,53	0,48	0,29	0,79	0,72	0,46	0,41

Je zjevné, že i přesto, že byly pro testování voleny otázky z různých dimenzí, ale s podobnou obtížností, viz kapitola 5.2.2 (Ověřování validity testových úloh a sestavení didaktického testu), výsledné testování na početnějším vzorku žáků odhalilo rozdíly mezi průměrným bodovým ziskem v závislosti na cílené dimenzi testových úloh.

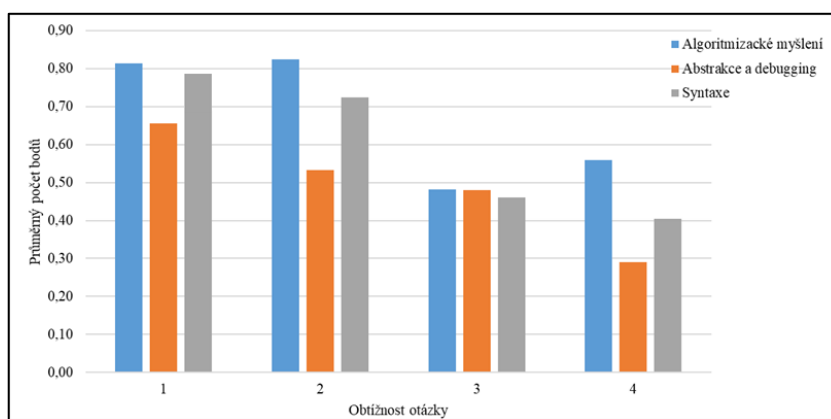
Následující tabulka shrnuje průměrný počet bodů získaných v úlohách cílených na jednotlivé dimenze informatického myšlení. Zároveň je doplněna o průměrné hodnoty stanovené obtížnosti Q u jednotlivých dimenzí, které byly stanoveny v rámci kapitoly 5.5.3 (Ověřování obtížnosti a citlivosti finálního souboru otázek).

Tabulka 6.10 Průměrné skóre celého souboru žáků dle cílené dimenze a hodnota obtížnosti Q

	Algoritmické myšlení	Abstrakce a debugging	Syntaxe a kódování
Průměr x	0,65	0,49	0,59
Q	44	48	46

Předpokládali jsme, že vzhledem k nižší hodnotě obtížnosti (průměrné $Q = 44$) u testových úloh zaměřujících se na dimenzi Algoritmické myšlení, budou testovaní žáci v této oblasti dosahovat mírně lepších výsledků. To se potvrdilo, vzhledem k tomu, že průměrná získaná hodnota bodů v dimenzi Algoritmické myšlení byla nejvyšší ze všech dimenzí ($x = 0,65$). Podobně v dimenzi Abstrakce a debugging, která byla experty a statistickým ověřením na menším souboru žáků vyhodnocena jako nejtěžší (průměrné $Q = 48$), byla průměrná hodnota získaných bodů nejnižší ($x = 0,49$). V rámci dimenze Syntaxe a kódování si však žáci vedli lépe, než se očekávalo. Zatím, co průměrné hodnocení obtížnosti bylo stanoveno jako $Q = 46$, žáci získali průměrně 0,59 bodů. To znamená, že **testovaní žáci byli v syntaxi a kódování schopnější, než se původně předpokládalo.**

Z celkové úspěšnosti žáků je možné dovodit, že i přes kombinované ověření obtížnosti se nepodařilo všechny testové úlohy správně nastavit. Následující graf shrnuje úspěšnost žáků po jednotlivých otázkách řazených ve shlcích podle obtížnosti (od nejjednodušší po nejtěžší) a podle jednotlivých dimenzí.

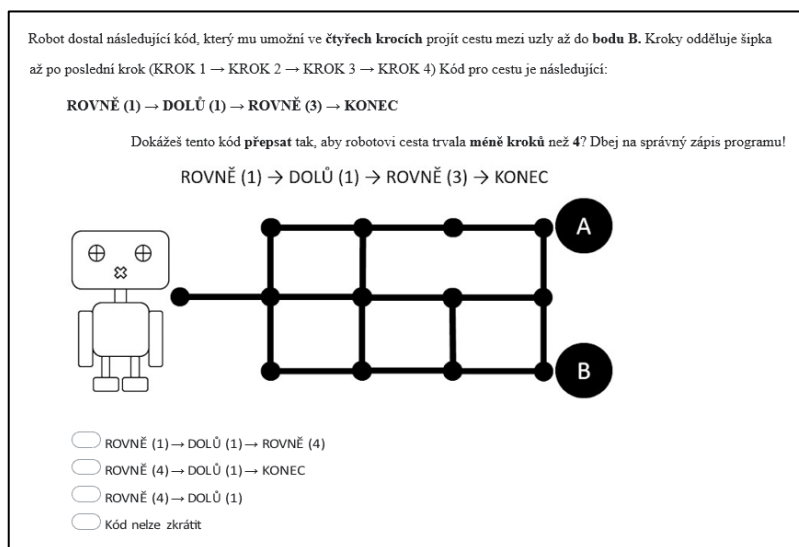


Obrázek 6.6 Rozložení průměrného výsledku v otázkách dle dimenzí (od nejjednodušší po nejtěžší)

Z vizualizace vyplývá, že i přesto, že otázky cílené na stanovení úrovně rozvoje v dimenzi Syntaxe a kódování měly podobnou stanovenou obtížnost ($Q = 48$) jako Abstrakce a *debugging* ($Q = 46$), ve výsledcích žáků jsou viditelné rozdíly. Zároveň se tyto rozdíly v obtížnosti promítají i do v řazení jednotlivých otázek v rámci jedné dimenze.

V dimenzi Algoritmické myšlení ve dvou případech došlo k tomu, že testová úloha, která byla považována za položku s vyšší obtížností, byla pro žáky jednodušší než předchozí

testová úloha. V prvním případě, u testové úlohy „Algoritmické myšlení 2“ ($x = 0,82$ bodů), jde o minimální rozdíl oproti otázce „Algoritmické myšlení 1“ ($x = 0,81$ bodů), který by se při testování většího vzorku žáků pravděpodobně změnil, dokonce možná i vyrovnal. V případě testové úlohy „Algoritmické myšlení 4“ ($x = 0,56$) jde však o výrazný rozdíl oproti položce „Algoritmické myšlení 3“ ($x = 0,48$). Tato tendence naznačuje, že tato testová úloha možná nebyla při expertním posouzení a statistickém ověřování zcela správně vyhodnocena.



Obrázek 6.7 Otázka Algoritmické myšlení 4

Z tohoto důvodu jsme tuto úlohu podrobili opakovanému ověření obtížnosti a citlivosti dle metodiky popsané v kapitole 5.4 (Metodologie analýzy vlastností testových úloh). V případě otázky Algoritmické myšlení 4 jsme stanovili na vzorku $n = 741$, obtížnost $Q = 50$ a citlivost $d = 0,33$. Jak bylo již zmíněno pro obtížnost $Q = 30-70$ by d mělo nabývat minimální hodnoty 0,25, úloha je tedy adekvátně citlivá. V případě testové úlohy Algoritmické myšlení 3 jsme však dosáhli hodnoty $Q = 60$, šlo tedy o těžší otázku.

Tato situace mohla nastat jednak chybou v expertním posouzení, ale i tím, že pilotní vzorek žáků, na kterém byl test ověřován, mohl být méně navyklý na určitý typ úloh. Dosáhli v této úloze tedy nižšího bodového hodnocení než početnější vzorek testovaných. Při dalším testování pomocí tohoto nástroje by bylo proto vhodné přesunout úlohu „Algoritmické myšlení 4“ v testu, aby byla zachována vzrůstající tendence obtížnosti. Z hlediska vlastností však nevykazuje abnormalitu, která by měla vést k její eliminaci ze souborů úloh. Další výrazné nekonzistence v rámci obtížnosti testových úloh zjištěny nebyly.

Dále jsme se zaměřili na analýzu souvislostí dosaženého počtu bodů mezi jednotlivými dimenzemi. Předpokládali jsme, že vzhledem k nastavení testu, který byl vytvořen tak, aby jednotlivé otázky byly podobně složité, viz kapitola 5.2.2 (Ověřování validity testových úloh a sestavení didaktického testu), budou výsledky v jednotlivých dimenzích informatického myšlení výrazně korelovat. Tento předpoklad byl podpořen taktéž předpokládaným propojením jednotlivých dimenzí, což bylo probíráno v kapitole 3.4 (Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení pro účely diagnostického nástroje).

Předpokládali jsme proto, že počty získaných bodů v jednotlivých dimenzích informatického myšlení pozorovaných v testu budou korelovat. Dle našeho předpokladu, žáci s více rozvinutým informatickým myšlením budou získávat více bodů ve všech dimenzích než žáci s méně rozvinutým informatickým myšlením. Pokud by však nastala situace, kdy by získané body v jedné dimenzi neměly obecně prokazatelnou statistickou korelaci s body některou z dalších dimenzí, naznačovalo by to, že rozvoj této dimenze informatického myšlení nesouvisí s ostatními.

Ověřovali jsme proto hypotézu H_0 , kde:

Nulová hypotéza: H_0 : Mezi výsledky žáků v jednotlivých dimenzích informatického myšlení nejsou statisticky významné rozdíly.

a

Alternativní hypotéza: H_A : Mezi výsledky žáků v jednotlivých dimenzích informatického myšlení jsou statisticky významné rozdíly.

Pro ověření hypotéz jsme opět provedli analýzu pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Výsledky shrnuje následující tabulka:

Tabulka 6.11 Spearmanovy korelace celkových výsledků žáků v dílčích dimenzích informatického myšlení

Proměnná	Spearmanovy korelace (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$		
	Algoritmizace	Abstrakce	Syntaxe
Algoritmizace	1,000000	0,350036	0,220957
Abstrakce	0,350036	1,000000	0,246878
Syntaxe	0,220957	0,246878	1,000000

Vzhledem k tomu, že je vypočtená p -hodnota ve všech případech nižší než zvolená úroveň významnosti na hladině významnosti $p < 0,05$, nemůžeme zamítnout korelaci

mezi výsledky v rámci jednotlivých dimenzí inforatického myšlení, přestože hodnoty r_{Sp} nejsou příliš vysoké. Přijímáme tedy nulovou hypotézu H_0A :

Mezi výsledky žáků v jednotlivých dimenzích inforatického myšlení nejsou statisticky významné rozdíly.

Je však otázkou, kde přesně se v rámci výsledků tyto korelace nachází. Provedli jsme proto analýzu rozptylu bodového hodnocení vícenásobným porovnání průměrného pořadí v jednotlivých dimenzích pomocí neparametrické verze Kruskal–Wallisova testu (ANOVA). Vzhledem k rozsahu výsledků a jejich značné podobnosti jsou tato data uvedena v Příloze číslo 3. Zde uvádíme pouze jeden ilustrující, nejlépe čitelný příklad. Ostatní výsledky byly ve své podstatě analogické a jsou proto součástí zmíněné přílohy.

Následující tabulky porovnávají vypočtené hodnoty p a z pomocí Kruskal-Wallisova testu (ANOVA) ze získaného počtu bodů v dimenzi Syntaxi a kódování, vůči dimenzi Algoritmické myšlení.

Tabulka 6.12 Porovnání p hodnot dimenze Syntaxe a kódování vůči dimenzi Algoritmické myšlení

Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Syntaxe (Tabulka dat1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Algoritmizace Kruskal-Wallisův test: $H(4, N=741) = 40,00011$ $p = ,0000$					
Závislá: Syntaxe	0 R:235,13	1 R:323,92	2 R:336,79	3 R:386,07	4 R:459,41
0		1,000000	1,000000	0,495919	0,040831
1	1,000000		1,000000	0,140803	0,000026
2	1,000000	1,000000		0,093420	0,000002
3	0,495919	0,140803	0,093420		0,018525
4	0,040831	0,000026	0,000002	0,018525	

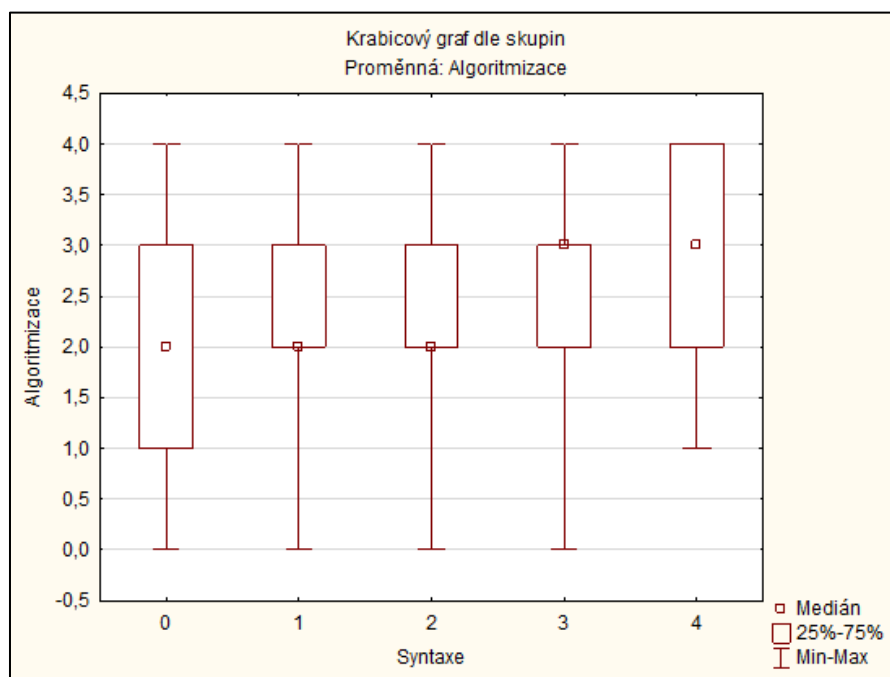
Zvýrazněné vypočtené hodnoty p jsou nižší než stanovená hladina významnosti $p < 0,05$, jde tedy o statisticky významný výsledek. To znamená, že žáci, kteří získali v dimenzi Algoritmické myšlení 4 body (tedy plný počet), pravděpodobněji získali vyšší počet bodů i v dimenzi Syntaxe a kódování. Zároveň jsou statisticky odlišní od žáků, kteří získali nižší počet bodů, protože rozdíl v počtu bodů mezi výsledky 0 až 3 není statisticky významný.

Stejná tendence platí i pro porovnání z hodnot, jak ilustruje následující tabulka:

Tabulka 6.13 Porovnání z hodnot dimenze Syntaxe a kódování vůči dimenzi Algoritmické myšlení

		Vícenásobné porovnání z hodnot Syntaxe (Tabulka dat1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Algoritmizace Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 741) =40,00011 p =,0000				
Závislá: Syntaxe		0 R:235,13	1 R:323,92	2 R:336,79	3 R:386,07	4 R:459,41
0			1,129019	1,323062	1,963468	2,871673
1		1,129019		0,510601	2,455207	4,700843
2		1,323062	0,510601		2,599278	5,231276
3		1,963468	2,455207	2,599278		3,112912
4		2,871673	4,700843	5,231276	3,112912	

Žáci mohli získat celkem 0 až 4 body. Při vyjádření výsledků Kruskal–Wallisova testu (ANOVA) krabicovým grafem, je zjevné, že tato statistická odlišnost skutečně spočívá ve vyšším mediánu počtu bodů ve skupině žáků, kteří v dimenzi Syntaxe a kódování získali 4 body. Můžeme tedy s určitostí říct, že žáci, kteří získali plný počet bodů v dimenzi Algoritmické myšlení, měli větší pravděpodobnost získat více bodů i v dimenzi Syntaxe a kódování.



Obrázek 6.8 Krabicový graf testu ANOVA pro výsledky žáků v dimenzích syntaxe a algoritmizace

Tato situace se analogicky opakovala v případě všech dimenzí, které však musely být posouzeny odděleně, protože šlo o porovnávání nezávislých vzorků (dvou různých dimenzí) na jedné testované skupině. Z toho důvodu jsou tabulky a grafy součástí Přílohy číslo 3. Výsledkem těchto analýz je však stejný závěr a to, že **žáci, kteří získali v jakékoliv dimenzi informatického myšlení vysoký počet bodů, měli větší pravděpodobnost dosáhnout vysokého počtu bodů i v ostatních dimenzích.**

Toto zjištění podporuje náš výchozí předpoklad, že žáci s více rozvinutým informatickým myšlením budou vykazovat tento rozvoj ve všech jeho dimenzích. Naopak žáci s méně rozvinutým informatickým myšlením mohou dosahovat různých výsledků napříč jednotlivými dimenzemi, což je zjevné z rozptylu zaznačeném na obrázku 6.8 (Krabicový graf testu ANOVA pro výsledky žáků v dimenzích syntaxe a algoritmizace). **Je tedy možné poukázat na skutečnost, že dimenze informatického myšlení jsou skutečně blízce propojeny, ale taktéž že v případě nedokonalého, či „povrchního“ rozvoje, může dojít k částečnému zaostání rozvoje žáka v některých dimenzích.**

6.3.1 Vliv genderu a věku žáků na rozvoj informatického myšlení v rámci jednotlivých dimenzí

Dalším zkoumaným aspektem byl vliv genderu a věku žáků na jejich výsledky v rámci jednotlivých dimenzí informatického myšlení. Následující tabulka shrnuje průměrné získané skóre těchto skupin ($n = 741$) v jednotlivých testových úlohách:

Tabulka 6.14 Průměrné skóre žáků v závislosti na jejich genderu a věku v jednotlivých otázkách řazených dle cílené dimenze

Kritérium		Algoritmické myšlení 1	Algoritmické myšlení 2	Algoritmické myšlení 3	Algoritmické myšlení 4	Abstrakce a debugging 1	Abstrakce a debugging 2	Abstrakce a debugging 3	Abstrakce a debugging 4	Syntaxe a kódování 1	Syntaxe a kódování 2	Syntaxe a kódování 3	Syntaxe a kódování 4	Celkový počet žáků ve skupině
Gender	Dívky	0,83	0,78	0,44	0,55	0,63	0,51	0,42	0,25	0,81	0,72	0,44	0,43	347
	Chlapci	0,77	0,85	0,44	0,53	0,65	0,58	0,51	0,30	0,71	0,73	0,46	0,41	394
Věk	10 let	0,81	0,84	0,57	0,42	0,64	0,59	0,48	0,27	0,75	0,78	0,42	0,42	253
	11 let	0,81	0,81	0,47	0,40	0,63	0,58	0,47	0,28	0,75	0,79	0,47	0,50	419
	12 let	0,74	0,85	0,33	0,26	0,64	0,36	0,36	0,18	0,85	0,72	0,49	0,26	39
	13 let	0,58	0,50	0,58	0,33	0,42	0,33	0,25	0,33	0,58	0,67	0,25	0,17	12
	Jiný věk	0,67	0,83	0,33	0,33	0,50	0,39	0,50	0,33	0,83	0,72	0,44	0,11	18

Jak je z tabulky patrné, úspěšnost testovaných žáků z pravidla odpovídala obtížnosti otázky, vzhledem k jejich řazení od nejjednodušší po nejtěžší v rámci jednotlivých dimenzí

informatického myšlení. Výjimky tvoří především skupiny respondentů s nízkým počtem, jako je například skupina 13 let ($n = 12$), která byla úspěšnější v otázce Abstrakce a debugging 4 (tedy nejtěžší) než v předchozí otázce cílené na stejnou dimenzi informatického myšlení. Tato skupina byla vzhledem ke svým statisticky významně odlišným výsledkům podrobně analyzována v kapitole 6.2.1 (Rozvoj informatického myšlení v závislosti na věku testovaných). Je možné, že zvýšení počtu testovaných z této věkové kategorie by výsledek ovlivnilo.

Stojí však za povšimnutí, že u nejtěžší otázky z dimenze Syntaxe a kódování nastává podobná situace u jedenáctiletých, což je zároveň nejpočetnější skupina ($n = 419$). Ačkoliv tato tendence nenarušila konzistenci testu, viz Obrázek 6.6 (Rozložení průměrného výsledku v otázkách dle dimenzí) v předchozí kapitole, je možné, že v tomto případě by se při zvětšení vzorku testovaných, mohla ještě změnit hodnota obtížnosti otázky Q. Při podrobnější analýze je zjevné, že faktory jako gender a věk žáků neměly výrazný vliv na jejich výkon v jednotlivých dimenzích, jak shrnuje následující tabulka průměrného skóre žáků.

Tabulka 6.15 Průměrné skóre žáků v závislosti na jejich genderu a věku dle cílené dimenze

	Kritérium	Algoritmické myšlení	Abstrakce a debugging	Syntaxe a kódování	Celkový počet žáků ve skupině
Gender	Dívky	0,62	0,45	0,62	347
	Chlapci	0,64	0,52	0,60	394
Věk	10 let	0,66	0,50	0,59	253
	11 let	0,62	0,49	0,63	419
	12 let	0,54	0,38	0,58	39
	13 let	0,50	0,33	0,42	12
	Jiný věk	0,54	0,43	0,53	18

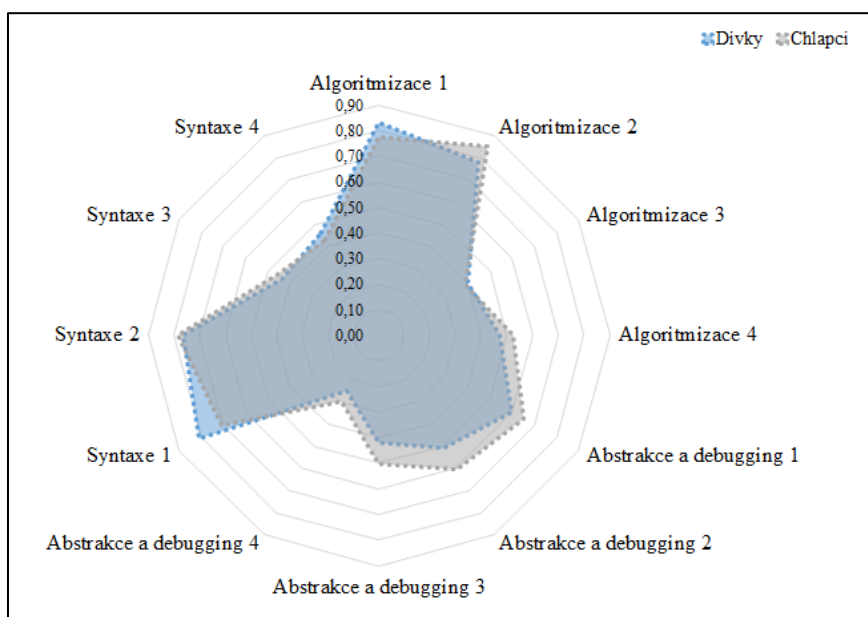
Tento fakt se prokázal i pomocí korelační analýzy. Pro posouzení jsme opět použili Spearmanův korelační koeficient zpracovaný pomocí software Statistica 12.

Tabulka 6.16 Korelace věku a genderu žáků s dosaženým bodovým hodnocením v jednotlivých dimenzích

Proměnná	Spearmanovy korelace (Tabulka dat1) ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$					
	Algoritmizace	Abstrakce	Syntaxe	Výsledek	Gender	Věk
Algoritmizace	1,000000	0,351462	0,218688	0,638925	0,048785	0,044063
Abstrakce	0,351462	1,000000	0,247672	0,709644	0,002595	0,035615
Syntaxe	0,218688	0,247672	1,000000	0,703653	-0,034693	0,025848
Výsledek	0,638925	0,709644	0,703653	1,000000	-0,015609	0,021842
Gender	0,048785	0,002595	-0,034693	-0,015609	1,000000	0,032757
Věk	0,044063	0,035615	0,025848	0,021842	0,032757	1,000000

Z výše uvedené tabulky je patrné, že mezi genderem a věkem žáků a jejich dosaženými výsledky v rámci jednotlivých dimenzí informatického myšlení nebyla nalezena žádná statisticky významná korelace. Vyznačené korelace se týkají pouze souvislosti mezi dílčími dimenzemi a dosaženými body, tedy faktoru, který ve své podstatě odpovídá nastavení testu a specifikům multidimenzionální koncepce informatického myšlení, které byly již popsány v rámci kapitoly 6.3 (Výsledky testování a úrovně rozvoje jednotlivých dimenzí informatického myšlení).

Vztah mezi genderem žáků a jejich výsledky jsme také vyjádřili pomocí komparačních grafů inspirovaných grafy vzorců informatického myšlení dle Koha (2014), které situaci velmi dobře vizualizují. Z následujícího komparačního grafu je zřejmé, že rozdíly v získaném počtu bodů v jednotlivých dimenzích informatického myšlení mezi chlapci a dívkami jsou prakticky zanedbatelné.



Obrázek 6.9 Komparační graf průměrných výsledků chlapců a dívek v otázkách dle cílených dimenzí

Jedinou výraznější odchylkou je zde mírně vyšší počet bodů u chlapců v oblasti Abstrakce a debuggingu, avšak nejde o statisticky výrazný rozdíl, jak je zjevné z tabulky 6.16 (Korelace věku a genderu žáků s dosaženým bodovým hodnocením v jednotlivých dimenzích). Další komparační grafy jsou součástí Přílohy číslo 3. Ani **rozvoj v rámci jednotlivých dimenzí informatického myšlení tedy není závislý na genderu žáků.**

6.4 Dílčí závěr

Cílený rozvoj informatického myšlení u žáků základních škol je v současnosti velmi frekventované a stále se rozvíjející téma, které přináší mnoho pohledů na samotnou koncepci informatického myšlení. Vytvořením diagnostického nástroje pro měření úrovně jeho rozvoje u žáků v České republice a následným výzkumným šetřením v pátých třídách základních škol, jsme cílili na alespoň částečnou deskripci a konkretizaci koncepce informatického myšlení v rámci tuzemského školství. Nyní tedy můžeme prezentovat závěry, ke kterým jsme došli pomocí popsaných statistických metod a analýz.

Dle našich výsledků je zřejmé, že v rámci naší testované skupiny **rozvoj informatického myšlení byl v rámci námi testovaných žáků zcela nezávislý na genderu žáků a do vysoké míry byl taktéž nezávislý na věku.** Toto zjištění je naprosto zásadní, protože pokud by se prokázalo, že žáci různých věků ve stejném stupni vzdělání mají různé výsledky buď v celkovém rozvoji informatického myšlení, nebo v jeho dimenzích, znamenalo by to, že na rozvoj informatického myšlení mají výrazný vliv ještě další psychologické aspekty kognitivního vývoje, které by bylo třeba při pedagogické intervenci zohledňovat.

Tento fakt podporuje i zjištění, že jediná skupina, kterou statistické vyhodnocení celkových výsledků testu označilo jako abnormální, byla skupina s velmi odlišným věkem, než je běžných věk žáků pátých tříd. Tato skupina taktéž vykazovala celkově nižší počet získaných bodů, můžeme proto předpokládat, že šlo o žáky se speciálními studijními potřebami ve vyšším stupni podpory. **Vytvořený test je tedy natolik citlivý, že dokáže rozlišit výrazně odlišnou skupinu žáků, která může mít s ohledem na rozvoj informatického myšlení speciální studijní potřeby.** Další souvislosti výsledků s věkem žáků však zjištěny nebyly. **Informatické myšlení a jeho rozvoj tedy v rámci našeho vzorku nebylo závislé ani na věku, ani na genderu žáků.**

Zabývali jsme se taktéž vyhodnocením závislosti rozvoje informatického myšlení u žáků v závislosti na jednotlivých navrhovaných dimenzích informatického myšlení.

Posuzovali jsme při tom trojdimenzionální model informatického myšlení zahrnující Algoritmické myšlení, Abstrakci a debugging a Syntaxi a kódování. Kromě potvrzení, že rozvoj informatického myšlení není ani v rámci jednotlivých dimenzí závislý na věku a genderu, jsme došli k závěru, že mezi výkony žáků v rámci jednotlivých dimenzí nejsou statisticky významné rozdíly. Tento závěr jsme předpokládali již z důvodu nastavení didaktického testu. Od prvopočátku designu testového nástroje jsme cílili na podobnou úroveň složitosti u všech otázek. Ze samotného principu tedy nemohl rozdíl výkonu žáků mezi jednotlivými dimenzemi vykazovat statisticky významné hodnoty. Překvapivé však bylo zjištění, že **v dimenzi Syntaxe a kódování byli žáci úspěšnější, než se předpokládalo při nastavování testu.**

Dalším vyznaným zjištěním, byla tendence žáků s vyšším počtem získaných bodů, tedy žáků s nadprůměrně rozvinutým informatickým myšlením, získávat vyšší počet bodů ve všech dimenzích. **V jejich případě jsou tedy dimenze informatického myšlení prokazatelně provázány.** Naproti tomu žáci, kteří měli nižší celkový počet získaných bodů, měli tendence dosahovat různých počtů bodů v různých dimenzích. Tento fakt naznačuje, že u těchto žáků mohlo dojít k nerovnoměrnému rozvoji v rámci dimenzí informatického myšlení. Opět jde o zcela zásadní závěr, protože pokud může být informatické myšlení rozvinuto nerovnoměrně, ať už v rámci dimenzí, nebo výpočetních konceptů, je třeba při jeho cíleném rozvoji tyto dimenze evaluovat a adekvátně reagovat na jejich rozvoj.

Tyto závěry odpovídají výsledkům zahraničních výzkumů, které se snaží sestavit profily informaticky myslících žáků. Tyto profily bývají založeny na kategorizaci žáků dle rozvoje dimenze, nebo výpočetního konceptu, ve kterém tito žáci buď selhávají, nebo jsou nadprůměrně rozvinutí (Koh, 2014; Guggemos et al., 2023).

Co tedy naše závěry znamenají pro pedagogickou praxi? Cílem rozvíjení informatického myšlení u žáků v rámci základního vzdělávání by měla být internalizace postupů a perspektiv, které se k informatickému myšlení pojí. Pokud může při takovém rozvoji dojít k opomenutí některých dimenzí, **nabízí se možnost existence „hlubokého“ a „povrchního“ rozvíjení informatického myšlení u žáka. Hluboký rozvoj zde značí rovnoměrně rozvinuté schopnosti, dovednosti a přístupy ve všech dimenzích informatického myšlení, zatím, co povrchní rozvoj může vést k zanedbání některých dimenzí.**

Tato skutečnost nabízí podnět pro další výzkumy, které mohou přinést další metodologické poznatky a položit základ pokročilých pedagogických intervencí sloužících k podpoře rozvoje inforatického myšlení u žáků. Počátkem takové intervence je právě průběžné testování žáků za pomoci standardizovaného nástroje, který je schopen odhalit specifické oblasti, ve kterých může mít individuální žák problém a kde je třeba posílit jeho vzdělávání. **Náš vytvořený didaktický test inforatického myšlení splňuje podmínky takového nástroje a může tedy pomoci diagnostice úrovně rozvoje inforatického myšlení v pedagogické praxi.**

7 Diskuse

Námi vytvořený test představuje, alespoň dle našeho názoru, unikátní pohled na inforatické myšlení, který vychází sice z mezinárodně uznávané multidimenzionální koncepce, ale adaptuje ji na specifické české prostředí. Právě to představuje jednu z největších limit tohoto výzkumu. V době jeho počátku v České republice teprve probíhala kurikulární revize, která zaváděla inforatické myšlení do škol. To ovlivnilo jednak samotné operativní vymezení inforatického myšlení, které bylo používání jako základní východisko pro sestavení diagnostického nástroje, ale i výzkumný vzorek.

Žáci byli testováni před vstupem revize RVP ZV v platnost, tedy před zářím roku 2023. Vzhledem k tomu, že se školy nacházely v tzv. „přechodném období“ vzdělávací politiky, je nanejvýš pravděpodobné, že u některých skupin žáků již probíhala výuka směřující k rozvoji inforatického myšlení, zatím, co u jiných byla výuka stále realizována podle staré koncepce výuky informatiky. Tato situace znemožnila navýšení výzkumného vzorku po září 2023, protože bychom vzorek rozšířili pouze o žáky, u kterých je inforatické myšlení již prokazatelně cíleně rozvíjeno. Dá se proto však předpokládat, že při dalším testování vytvořeným nástrojem budou žáci dosahovat jiných výsledků. Tyto výsledky mají potenciál podat informace o účinnosti revize RVP ZV a zavedení cíleného rozvoje inforatického myšlení do škol.

Výsledky našeho výzkumu přinesly další zajímavé implikace i ve směru pedagogické praxe. U některých skupin žáků se projevíly rozdíly v rozvoji inforatického myšlení, přesto, že tito žáci pocházeli ze stejných škol a měli stejného učitele informatiky. Po kontaktování škol, na kterých byli žáci dislokováni, jsme zjistili, že tyto specifické skupiny měly odlišnou výuku matematiky. Jedna ze skupin byla vyučována klasicky, zatím,

co druhá metodou vyučování matematiky orientovanou na budování schémat, tedy tzv. „Hejného metodou výuky matematiky.“ Tento faktor v současnosti podrobujeme dalšímu výzkumu v rámci projektu *Výzkum vlivu alternativních metod výuky matematiky na rozvoj úrovně informatického myšlení a příbuzných výpočetních konceptů u žáků základních škol*. Hejného metoda je stejně jako náš výzkumný nástroj velmi specifická pro české prostředí. Neexistuje proto v současnosti žádný jiný výzkum, který by se touto problematikou zabýval.

Ze stejných důvodů není proto možné zcela srovnávat výsledky našeho testování s výsledky mezinárodních nástrojů, přestože jsou postaveny na podobném principu. Rozhodli jsme se však přesto provést alespoň částečné srovnání našich obecných závěrů se závěry obdobných zahraničních výzkumů. Pro toto srovnání jsme zvolili výsledky výzkumného šetření realizovaného pomocí dvou adaptací CT-testu Romána-Gonzála, který použila El-Hamamsy et al. v letech 2020 až 2021. Důvodem zvolení tohoto specifického výzkumu byl fakt, že CT-test Romána-Gonzála byl původně vytvořen pro žáky podobného věku jako v našem výzkumu, tedy žáky pátých tříd (Román-Gonzáles, 2015). Tuto skutečnost jsme rozebírali v kapitole 5.5 (Testovací vzorky jednotlivých fází testu). Didaktický test, který Román-Gonzáles designoval, je taktéž testem výkonu, stejně jako náš testovací nástroj a má podobný princip, ačkoliv standardně zahrnuje více testových úloh.

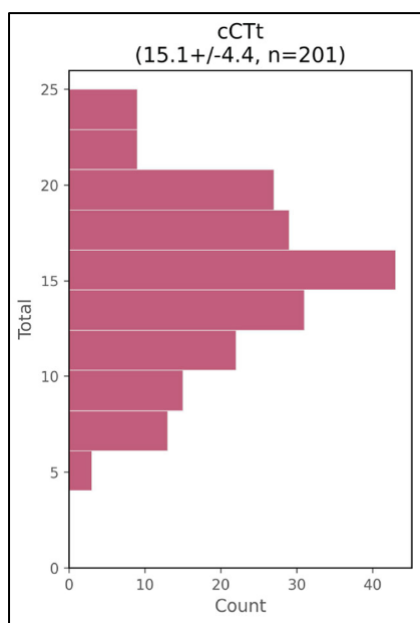
Konkrétní výzkumné šetření, které jsme pro srovnání použili, bylo publikováno ve článku *Comparing the psychometric properties of two primary school Computational Thinking (CT) assessments for grades 3 and 4: The Beginners' CT test (BCTt) and the competent CT test (cCTt)*. Tento výzkum zkoumal rozvoj informatického myšlení u žáků základních škol pomocí dvou verzí CT-testu; tzv. BCT-testu (*The Beginners' CT test*, tedy Test informatického myšlení pro začátečníky) a cCT-testu (*Competent CT test*, Test informatického myšlení pro kompetentní). Oba testy měli v nasazené verzi dvacet pět otázek, tedy výrazně vyšší počet možných bodů než náš test, který se skládá z dvanácti testových úloh.

Obě verze testu se zaměřují na žáky, kteří přibližně odpovídají nižšímu stupni základních škol v České republice. BCT-test pokrývá věkové rozmezí od první třídy do šesté a cCT-test se zaměřuje na žáky od třetí do čtvrté třídy základní školy. El-Hamamsy zvolila pro testování žáky třetí a čtvrté třídy, tedy žáky jen o několik let mladší, než byla naše výzkumná skupina. Vzorek zahrnoval celkem 575 žáků ze základních škol v Portugalsku.

Závěry výzkumu El-Hamamsy (et al., 2022) jsou do vysoké míry konzistentní s naším výzkumným šetřením. Statistická analýza výsledků žáků v testu provedeném El-Hamamsy neprokázala žádnou korelaci mezi genderem a získaným počtem bodů. El-Hamamsy (et al., 2022) zároveň uvádí, že výsledky první verze testu (BCT-test) byly prokazatelně závislé na ročníku, ve kterém se testovaní žáci nacházeli. Žáci třetích tříd získali průměrně nižší počet bodů než žáci čtvrté třídy. Tato statistická významnost se však při testu pomocí ANOVA ukázala jako velmi malá. Indikovala tedy určitý vývoj žáků v průběhu školní docházky, ale menší, než se původně předpokládalo. Druhá verze CT-testu (cCT-testu) dokonce tento rozdíl vůbec nebyla schopná identifikovat. El-Hamamsy tvrdí, že BCT-test je schopen tedy identifikovat žáky s výrazně nižšími schopnostmi. Závěry výzkumu však El-Hamamsy neinterpretuje jako závislost na věku, pouze na vývoji jednotlivce v oblasti infromatického myšlení. Dokonce zachází tak daleko, že tvrdí, že cCT-test nepodal indikaci postupného rozvoje proto, že „*testovaná třída (třetí ročník) byla velmi schopná.*“ El-Hamamsy (et al., 2022).

Tyto výsledky ve své podstatě odpovídají našim závěrům. Dokonce je na jejich základě možné tvrdit, že náš vytvořený test infromatického myšlení má podobný potenciál rozlišit mírný rozdíl ve výsledcích závislých na věku, podobně jako BCT-test. Jak bylo popisováno v kapitole 6.2.1 (Rozvoj infromatického myšlení v závislosti na věku testovaných), byli jsme schopni identifikovat rozdíl ve skupině testovaných, který se týkal výrazně starších žáků, než byl věkový medián. Vzhledem k běžnému složení pátých tříd, které jsme testovali, je možné předpokládat, že šlo o žáky s nižšími schopnostmi. Mimo tuto konkrétní skupinu však výsledky na věku nezáležely, což opět souhlasí se závěry El-Hamamsy (2022), která tvrdí, že výsledky závisely primárně na schopnostech konkrétního žáka. Nabízí se tedy podnět pro další výzkum, při kterém by se náš testovací vzorek mohl rozšířit o další ročníky základních škol. Výsledky by mohly přinést další pohled na rozvoj infromatického myšlení na základních školách.

Zatím, co BCT-test využitý El-Hamamsy nebyl postaven na očekávané normální distribuci výsledků, cCT-test se jí blížil. Je tedy možné srovnat jeho závěry s našimi výsledky. Žáci, které El-Hamamsy testovala, dosahovali v průměru 15,1 bodů z 25 možných. Distribuce bodů byla tedy v okolí 60 % možné škály.



Obrázek 7.1 Rozdělení výsledků žáků dosažených v cCT-testu (El-Hamamsy et al., 2022, str. 10)

Z grafu je pak zjevné, že v krajních hodnotách bylo více žáků s nejvyšším možným počtem bodů než žáků s nejnižším možným počtem bodů. V našem případě byl průměrný počet bodů $x = 6,87044534$ z 12. To znamená nejvyšší distribuci bodů v okolí 57,3 % možné škály. **Jde tedy o velmi podobný rozvoj informatického myšlení v testované populaci.**

Je tedy možné říct, že při testování rozvoje informatického myšlení žáků v Portugalsku u skupiny podobného věku jako v našem výzkumu, El-Hamamsy (et al., 2022) dosáhla obdobných výsledků. Další výzkumy, které by svým designem a složením výzkumného vzorku odpovídaly našemu, nejsou bohužel v současnosti publikovány. Je však možné zmínit další výzkumy, které došly k obdobným závěrům týkajících se vlivu genderu žáků a věku na rozvoj informatického myšlení jako jsou výzkumná šetření provedená Angeli (2016), Guggemosem (2023), původní testování Romána-Gonzála (2015), Tran (2017), nebo Chen et al. (2017). Tyto testy však používaly buď výrazně odlišnou metodologii, volily jiný přístup k modelu informatického myšlení, nebo pracovaly s žáky výrazně mladšími než staršími, než byl náš vzorek.

8 Závěr

Informatické myšlení je nová a stále rozvíjející se koncepce, jejíž specifika se na úrovni vzdělávání neustále vyvíjí. Obzvláště v České republice, kde bylo informatické myšlení implementováno do pedagogické praxe v základních školách teprve v září roku 2023, je možné říct, že nové poznatky týkající se této problematiky procházejí rozvojem „v reálném čase“. Předložená disertační práce, jejímž primárním tématem bylo prozkoumání možností diagnostiky rozvoje informatického myšlení na základních školách pomocí učebních úloh, proto vyžadovala velmi komplexní pojetí problematiky.

Hlavní cíl předložené disertační práce spočíval ve vytvoření diagnostického nástroje pro měření úrovně rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd základních škol. Tento nástroj prošel expertní validací, ověřením vlastností za pomoci adekvátních metod a následně i standardizací. Výsledky výzkumného šetření na základních školách v České republice za použití tohoto diagnostického nástroje přinesly jednak první pohled na úroveň rozvoje informatického myšlení u žáků pátých tříd v tuzemsku, ale taktéž byl na jejich základě nastaven první tuzemský standard žáka, u kterého je informatické myšlení dostatečně rozvinuto. Hlavní cíl práce byl tedy úspěšně splněn. Tato skutečnost však byla podmíněna splněním řady dílčích cílů, které byly vymezeny v Úvodu práce.

Výchozími teoretickými cíli byl popis současných přístupů ke koncepci informatického myšlení a vymezení současně používané koncepce informatického myšlení v rámci základního vzdělávání. Při dosahování těchto cílů jsme provedli rešerši dostupných tuzemských i zahraničních legislativních a metodických dokumentů týkající se vymezení a cíleného rozvoje informatického myšlení a dalších významných publikací. Zvláštní důraz byl kladen na popis historického vývoje přístupů k výuce informatiky a k rozvoji informatického myšlení u populace v rámci soudobého vzdělávacího systému. Těmito cíli se zabývaly první dvě kapitoly, jejichž dílčí závěry byly specificky uvedeny v jejich závěrečných podkapitolách.

Třetím, z velké části již praktickým cílem, bylo vytvoření operativního vymezení informatického myšlení pro účely sestavení diagnostického nástroje. Touto částí výzkumu se zabývala třetí kapitola textu. Abychom reflektovali komplexitu koncepce informatického myšlení, považovali jsme za nutné sestavit diagnostický nástroj tak, aby zahrnoval nejvýznamnější dimenze informatického myšlení. Tyto dimenze jsme specifikovali na základě teoretické rešerše zahraničních výzkumů a tuzemské legislativy.

Závěry jsme následně ověřovali dotazníkovým výzkumným šetřením mezi učiteli informatiky. Syntetizací získaných teoretických poznatků a průzkumu mezi pedagogy týkajícím se praxe rozvoje informatického myšlení na základních školách, jsme získali podklady pro vytvoření operativního vymezení informatického myšlení. Toto vymezení přistupovalo k informatickému myšlení z pohledu multidimenzionální koncepce nevázané na programovací jazyk a bylo tedy aplikovatelné v českém pedagogickém prostředí na základních školách.

Čtvrtým stanoveným cílem již vytvoření vlastního diagnostického nástroje a ověření jeho vlastností a standardizace. Touto problematikou se uváděla zvlášť kapitola čtyři, která zahrnovala teoretické podklady a metodologii pro tvorbu diagnostického nástroje, především pak teorii testů. Na ni navazovala pátá kapitola zabývající se již výhradně designem testových úloh, analýzou jejich vlastností, a to individuálně i v celku diagnostického nástroje, standardizací podmínek testování a testovacími vzorky. Tyto kroky vedly k vytvoření samotného diagnostického nástroje, kterým byl didaktický test informatického myšlení o dvanácti testových úlohách. Výsledný diagnostický nástroj byl ověřen na 741 žácích pátých tříd. Následně byla provedena kombinovaná standardizace tohoto testu. Ta nastavuje bodovou škálu, která určuje, jaký stupeň schopností by měl mít žák s nadprůměrně rozvinutým informatickým myšlením a zároveň, jaký stupeň schopností značí podprůměrné, nebo nedostatečné rozvinutí informatického myšlení. Tímto krokem byl tedy splněn jak dílčí cíl, tak hlavní záměr této práce.

Posledním vytyčeným dílčím cíle, který měl přinést jasné závěry tohoto výzkumného šetření pro pedagogickou praxi a teorii, **byla celková deskripce stavu rozvoje informatického myšlení u cílené skupiny žáků základních škol.** Na základě statistické analýzy výsledků žáků ve vytvořeném didaktickém testu jsme dospěli k celé škále závěrů, které jsou podrobně rozepsány v rámci šesté kapitoly. Tyto závěry zároveň úzce souvisí s přínosem práce pro pedagogickou teorii a praxi.

Za zcela klíčové považujeme následující zjištění: **u testované skupiny žáků byl rozvoj informatického myšlení o něco vyšší, než se původně předpokládalo, a to obzvláště v dimenzi informatického myšlení, která se zaměřovala na schopnosti týkající se Syntaxe a kódování.** Pomocí nastavení percentilové škály a následné klasifikační škály jsme zároveň vymezili kritéria, které by měl splňovat žák, u kterého je informatické myšlení dostatečně rozvinuto. Byla taktéž určena meze úspěšnosti,

kteřá exaktně nastavuje hranici mezi minimálně úspěšným a neúspěšným žákem. Pomocí vytvořeného testu **jsme tedy schopni evaluovat míru rozvoje inforatického myšlení u individuálního žáka, na které je možné následně založit další pedagogickou intervenci.**

Rozvoj inforatického myšlení nebyl závislý na věku, nebo genderu testovaných, což se shoduje s výsledky zahraničních výzkumů. Byla však odhalena skupina výkonově slabších žáků, která naznačuje, že **vytvořený nástroj je dostatečně citlivý, na to, aby odhalil žáky se speciálními studijními potřebami.**

Při evaluaci jednotlivých dimenzí se ukázalo, že jsou žáci s nadprůměrnou úrovní inforatického myšlení rozvinutí ve všech cílených dimenzích stejně, ale **žáci s horším celkovým výsledkem typicky zaostávali v některých dimenzích.** Tyto výsledky naznačují, že inforatické myšlení je na českých školách rozvíjeno, ale v rozvoji mezi jednotlivými žáky mohou být rozdíly. Tyto rozdíly se mohou týkat jak celkového rozvinutí inforatického myšlení, tak jeho dílčích dimenzí. Tento fakt naznačuje existenci dvou typů rozvoje inforatického myšlení a to „hlubokého,“ při kterém jsou při rozvoji adresovány všechny dimenze inforatického myšlení, a „povrchního,“ kdy určité dimenze nejsou při cíleném rozvoji adresovány, a proto mohou být rozvinuty méně než ostatní. **Vytvořený test inforatického myšlení je schopen však potenciálně diagnostikovat i ve které oblasti přesně rozvoj individuálního žáka zaostává.** To může sloužit jako podklad k další pedagogické intervenci.

Je tedy možné říci, že i poslední dílčí cíl, který se zaměřoval na celkovou deskripci stavu rozvoje inforatického myšlení u cílené skupiny žáků základních škol, byl splněn. Zároveň jsme v jeho rámci popsali jak hlavní přínosy výzkumu pedagogické teorii, tak jeho potenciální využitelnost v pedagogické praxi. Vzhledem k tomu, že vytvořený test byl standardizován a doplněn o metodiku testování a po publikování práce bude veřejně k dispozici, může přispět k individuálnímu posouzení žáků, stejně jako k evaluaci vlastní práce pedagoga.

Zároveň považujeme tento výzkum za potenciálně přínosný pro budoucí evaluaci rozvoje inforatického myšlení v populaci. Vzhledem k podrobnému zpracování dat a nastavení percentilové škály, je možné naše závěry použít jako podklad k longitudinální studii. Při opakovaném šetření v rámci následujících let bychom na základě srovnání rozdílů v rozvoji výzkumných skupin za účelem zjištění rozdílů ve výkonu žáků, mohli přinést

zajímavé podklady pro evaluaci revize RVP ZV. Takový výzkum by taktéž podal informace o vývoji úrovně informatického myšlení v populaci České republiky.

Jak bylo již zmíněno v kapitole zabývající se diskusí, mezi další podmínky pro další výzkum patří i prozkoumání souvislosti mezi alternativními metodami výuky matematiky a rozvojem informatického myšlení žáků. Této problematice se v současnosti věnujeme v rámci projektu *Výzkum vlivu alternativních metod výuky matematiky na rozvoj úrovně informatického myšlení a příbuzných výpočetních konceptů u žáků základních škol*. V rámci tohoto projektu jsme již publikovali článek *Possibilities Of Diagnosing The Level Of Development Of Students' Computational Thinking And The Influence Of Alternative Methods Of Teaching Mathematics On Their Results* (Bryndová, Bártek, Klement, 2023) a v přípravě je publikace monografie s tímto tématem.

Informatické myšlení je komplexní koncepce, na jejíž vymezení panuje široká škála různých názorů. Evaluace informatického myšlení je proto složitou a nejednoznačnou záležitostí, což představovalo největší limitu tohoto výzkumu. Jsme si však jisti, že se nám podařilo do vysoké míry specifikovat exaktní pohled na informatické myšlení, který je přítomen na tuzemských základních školách a na jeho základě vytvořit diagnostický nástroj pro evaluaci jeho rozvoje. Naše závěry nemohou sice pokrýt široké spektrum přístupů k rozvoji informatického myšlení a existuje celá řada dalších souvisících problematik, které není možné řešit v rámci disertační práce, nabízíme však první exaktně ověřitelný pohled na koncepci informaticky myslícího žáka v České republice. Doufáme, že naše závěry pomohou k rozvoji dalších pedagogických poznatků a inspirují intervence, které povedou k řešení dalších výzev v oblasti cíleného rozvoje informatického myšlení u tuzemské populace v budoucnosti.

Použité termíny a zkratky

Algoritmické myšlení – Ve smyslu dimenze informatického myšlení způsob, jak dospět k řešení prostřednictvím jasného vymezení potřebných kroků.

Algoritmizace – Proces tvorby programu pro řešení nějakého problému.

CSTA – Evropská Asociace učitelů informatiky, angl. *Computer Science Teachers Association*.

CT-test – Z angl. „*Computational Thinking Test*“, tedy Test informatického myšlení, z pravidla označující didaktický test měřící úroveň rozvoje informatického myšlení vyvinutý Románem-Gonzálem a jeho alternace.

Debugging – Ve smyslu dimenze informatického myšlení proces odstraňování chyb v programech, algoritmech, nebo kódech.

Dekompozice – Ve smyslu dimenze informatického myšlení schopnost rozdělit problém na dílčí části.

Didaktika – Z řec. *didaskein* – učit. Teorie vzdělávání zabývající se formami, postupy a cíli vyučování. Slovo nemá přesný anglický ekvivalent. Někdy překládáno jako „*instructional science*“ (Průcha et al., 2003).

Dimenze informatického myšlení – Taktéž domény, jednotlivé složky nebo dílčí dovednosti informatického myšlení. Označují soubor koncepcí využívaných k řešení problémů známých z informatiky, ze kterých se informatické myšlení skládá.

Generalizace – Taktéž Zobecňování. Ve smyslu dimenze informatického myšlení zobecnění struktury, funkcionality nebo množiny problémů na problém jiný.

Hodnocení – Taktéž Evaluace. Ve smyslu dimenze informatického myšlení, schopnost analýzy řešení, rozbor existujícího algoritmu

Informatické myšlení – Z angl. „*computational thinking*,” taktéž zkráceno jako „CT,” nebo „IM“ lze chápat jako obecný soubor schopností, dovedností a přístupů, které se zaměřují na popis problému, jeho analýzu a hledání efektivních řešení.

Informatika – Ve smyslu předmětu dle nového RVP ZV je vzdělávací oblast, která se zaměřuje především na rozvoj informatického myšlení a na porozumění základním principům digitálních technologií. Anglická alternativa je většinou „*Computational science*,” nebo „*Computer science*,” tedy spíše výpočetní věda.

ISTE – Mezinárodní společnost pro technologie ve vzdělávání, angl. *The International Society for Technology in Education*.

Kódování – převod informace nebo postupu do jiného kódu.

MŠMT – Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy.

NÚV – Národní ústav pro vzdělávání.

Výpočetních pojmy, postupy a perspektivy – Z angl. „*computational, practices, and perspectives concepts*,” Brennan a Resnick (2012).

Optimalizace – ve smyslu dimenze informatického myšlení schopnost nalézat efektivní a úsporná řešení

Programování – proces návrhu řešení problému a jeho převod do formálního programovacího jazyka tak, aby vytvořil spustitelný program.

RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání.

Národní kurikulum – základní dokument vzdělávací politiky, který vyjadřuje konsensuální názor společnosti na základní hodnoty vzdělávání, jeho cíle, obsah a výstupní úroveň. Zahrnuje vzdělávací program, obsahovou náplň výuky i plánovaný dosažený výsledek a zkušenost absolventa.

Seznam použitých zdrojů

- Ala-Mutka, K., Punie, Y., Redecker, C. (2008). *Digital competence for lifelong learning*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge. *Educational Technology & Society*, 19(3), 47–57.
- Angeli, Ch., Nicos V. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behaviour*. DOI: [10.1016/j.chb.2019.03.018](https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018). ISSN 07475632.
- Babiš, A. et al. (2020) *Usnesení vlády české republiky ze dne 12. října 2020 č. 1022 o přijetí krizového opatření*. <https://www.msmt.cz/file/54059/>
- Balanskat A., Engelhardt K., Licht A.H. (2018). *Strategies to include computational thinking in school curricula in Norway and Sweden- European Schoolnet's 2018 Study Visit*. European Schoolnet, Brussels.
- Balanskat, A., Engelhardt, K., Ferrari, A. (2017). 'The integration of Computational Thinking (CT) across school curricula in Europe', *European Schoolnet Perspective*, Vydání 2.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A. and Earp, J. (2018). *The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education*. Report prepared for the Nordic@BETT2018 Steering Group.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice*.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice*. EUR - Scientific and Technical Research Reports. 10.2791/792158.
- Boursicot, Ka. (2011). *Introduction to standard setting*. London. UK. St. George's University.
- Brennan, K., Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Vancouver, Canada.
- Bryndová, L. (2022). The Approach Of Computer Science Teachers To The Concepts Of Computational Thinking And The Implementation Of Its Development In Primary Schools. Online. *Journal of Technology and Information*. roč. 13, č. 2, s. 151-163. ISSN 1803537X.

Bryndová, L. The Possibilities Of Developing Computational Thinking In Primary Education. (2021a). Online. *Trends in Education*. roč. 13, č. 2, s. 5-12. ISSN 18058949. <https://doi.org/10.5507/tvv.2020.011>.

Bryndová, L. Trends In Assessing The Students' Level Of The Computational Thinking. (2021b). Online. *Trends in Education*. roč. 14, č. 1, s. 13-20. ISSN 18058949. <https://doi.org/10.5507/tvv.2021.001>.

Bryndová, L., Bártek, K., Klement, M. (2023). *Possibilities Of Diagnosing the Level Of Development Of Students' Computational Thinking And The Influence Of Alternative Methods Of Teaching Mathematics On Their Results*. Online. AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 2023, roč. 13, č. 1, s. 45-51. ISSN 2464-6733. DOI: [10.33543/j.1301.4551](https://doi.org/10.33543/j.1301.4551).

Budíková, M. (2006). *Statistika II*. Masarykova univerzita: Ekonomicko–správní fakulta. Brno.

Cejpek, J. (2005). *Informace, komunikace a myšlení: úvod do informační vědy*. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1037-x.

Clauser, B. E. (2009). *Judges' Use of Examinee Performance Data in an Angoff Standard-Setting Exercise for a Medical Licensing Examination: An Experimental Study*. *Journal of Educational Measurement*. 46 (4): 390–407. ISSN 00220655. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.2009.00089.x>

CSTA & ISTE. (2011). *Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education*.

El-Hamamsy, L., Zapata-Cáceres, M., Marcelino, P., Bruno, B., Dehler Zufferey, J., et al. (2022). Comparing the psychometric properties of two primary school Computational Thinking (CT) assessments for grades 3 and 4: The Beginners' CT test (BCTt) and the competent CT test (cCTt). *Frontiers in Psychology*. ISSN 1664-1078. DOI: [10.3389/fpsyg.2022](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022).

European Commission. (2013). *Opening up education: Innovative teaching and learning for all through new technologies and open educational resources*. Brussels: Commission of European Communities.

Kolektiv. (2012). *ITIL – výkladový slovník a zkratky v češtině*. itSMF Czech Republic, o.s. Praha Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1433/podzim2015/PV214/um/itil_2011_czech_glossary_v2.0.pdf

Evropská komise. (2020). *Akční plán digitálního vzdělávání 2021-2027: Nové nastavení vzdělávání a odborné přípravy pro digitální věk*. Brusel.

Gates, B.; Rinearson, P., Myhrvold, N. *Informační dálnice*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 1996. ISBN 80-85943-28-x.

- Guggemos, J., Seufert, S., Román-González, M. (2023). Computational Thinking Assessment – Towards More Vivid Interpretations. Online. *Technology, Knowledge and Learning*. roč. 28, č. 2, s. 539-568. ISSN 2211-1662. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09587-2>.
- Hambleton, R. K., Swaminathan, H., Algina, J., Coulson, D. B. (1978). *Criterion-Referenced Testing and Measurement: A Review of Technical Issues and Developments*. *Review of Educational Research*, 48(1), 1–47. <https://doi.org/10.3102/00346543048001001>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' Computational Thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162–175.
- Chráška, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu: Základy kvantitativního výzkumu*. Praha: Grada Publishing.
- Chvál M., Procházková I. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy*. Česká školní inspekce, 2015, 250 str. ISBN 978-80-905632-9-2.
- Chvál, M., Procházková, I., Straková, J. (2015). *Hodnocení výsledků vzdělávání didaktickými testy*. Česká školní inspekce. ISBN 978-80-905632-9-2
- Klement, M. (2018). Traditional topics for the framework educational programme focused on ICT area, and the perception of these topics by the primary school ninth grade pupils. *Journal of Technology and Information Education*, 10(1), 43-62.
- Lessner, D. (2014). Analýza významu pojmu „computational thinking“. *Journal of Technology and Information Education*. 6(1), 71-88.
- Klement, M., Dragon, T., Bryndová, L. (2020). *Computational Thinking and How to Develop it in the Educational Process*. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, ISBN 2571-2519
- Klement, M., Dragon, T., Bryndová, L. (2023). *Model předmětově-didaktických kompetencí učitelů reflektující rozvoj inforatického myšlení u žáků a studentů*. Křížkovského 8, 771 47 Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 978-80-244-5796-3.
- Koh, Y. H. (2014) *Computational thinking pattern analysis: a phenomenological approach to compute computational thinking*. Colorado. University of Colorado Boulder.
- Lessner, D. (2014). Analýza významu pojmu „Computational Thinking“. In: *Journal of Technology and Information Education*, 6 (1), Olomouc.
- Lodi, M., Martini, S. (2021). Computational Thinking, Between Papert and Wing. Online. *Science & Education*. roč. 30, č. 4, s. 883-908. ISSN 0926-7220. [DOI: 10.1007/s11191-021-00202-5](https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5).
- Moller, F., Crick, T. (2018). A university-based model for supporting computer science curriculum reform. *Journal of Computers in Education* [online]. 5(4), 415-434. <https://doi.org/10.1007/s40692-018-0117-x>. ISSN 2197-9987.

MŠMT ČR & NPI ČR. (2023). *Revize rámcových vzdělávacích plánů*. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy a Národní pedagogický institut České republiky. Praha, <https://revize.edu.cz/>

MŠMT. (2001). *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: bílá kniha*. [Praha]: Tauris. ISBN 80-211-0372-8.

MŠMT. (2014). *Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2020* [online]. Dostupné z: http://www.vzdelavani2020.cz/images_obsah/dokumenty/strategie-2020_web

MŠMT. (2019). *RVP v oblasti informatiky a ICT* [online]. Praha: NÚV - Národní ústav pro vzdělávání, Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/revize-rvp-ict>

MŠMT. (2021a). *Postupné zahájení vzdělávání se ŠVP upraveným podle RVP ZV s novou vzdělávací oblastí Informatika s účinností od 1. září 2021*. Praha: NÚV - Národní ústav pro vzdělávání, Dostupné z: <https://revize.edu.cz/files/nabeh-rvpzv-2021-informatika.pdf>

MŠMT. (2021b). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: NÚV - Národní ústav pro vzdělávání, Dostupné z: <https://archiv-nuv.npi.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani.html>

Netolická, V. *Testy normality*. (2008). Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého. Olomouc. Katedra matematické analýzy a aplikací matematiky.

NÚV. (2020). *Digitální kompetence: Pojetí tematické oblasti v projektu P-KAP* [online]. Dostupné z: https://archiv-nuv.npi.cz/uploads/P_KAP/ke_stazeni/pojeti_decizni_sfera/AKTUALIZACE_2020/2020_Digitalni_kompetence_IV_podrobne_pojeti_oblasti_intervence_aktualizace.pdf

NÚV. (2018). *Návrh revizí rámcových vzdělávacích programů v oblasti informatiky a informačních a komunikačních technologií* [online]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/artefact/file/download.php>

Otipka, P., Šmajstrla, V. (2006). *Pravděpodobnost a statistika*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006. (Online). Dostupné z: <https://homel.vsb.cz/~oti73/cdpast1/>

Prensky, M. (2001). *Digital Natives, Digital Immigrants*. On the Horizon [online]. roč. 9, č. 5 ISSN: 1074-8121. Dostupné z: <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>

Průcha, J. (2009). *Pedagogická encyklopedie*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-546-2.

Průcha, J., Mareš, J., Walterová, E. (2003). *Pedagogický slovník*. 4. Praha: Portál. ISBN 80-7178-772-8.

Rambousek, V., et al. (2013). *Rozvoj informačně technologických kompetencí na základních školách*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta UK, Dopravní fakulta ČVUT. Praha: České vysoké učení technické.

- Román-González, M., Pérez-González, J.-C., Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691.
- Román-González, M. (2015). *Computational thinking test: design guidelines and content validation*, EDULEARN15 Conference Barcelona, 2436–2444.
- Perlis, A. The computer in the university. In M.Greenberger, Ed., *Computers and the World of the Future*, MIT Press, Cambridge, MA, 1962, 180–219
- Román-González, M., Moreno-León, J., Robles, G. (2017b). *Complementary tools for computational thinking assessment*, International Conference on Computational Thinking Education, Hong Kong: The Education University of Hong Kong.
- Selby, C. C. (2015) Relationships. Online. In: *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. New York, NY, USA: ACM, s. 80-87. ISBN 9781450337533. <https://doi.org/10.1145/2818314.2818315>.
- Skalková, J. (2007). *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Pedagogika (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1821-7.
- So, H., Jong, M.S. Liu, C. (2020). Computational Thinking Education in the Asian Pacific Region. *Asia-Pacific Edu Res* 29, pp. 1–8.
- Štuka, Č. a Vejražka, M. (2021). *Testování a hodnocení studentů na VŠ*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-5107-1.
- Tang, X., Yue Y., Lin, Q., Hadad, R., Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103798. ISSN 03601315.
- Tapscott, D. (1998). *Growing Up Digital. The Rise of the Net Generation*. New York: McGraw Hill. ISSN 0-07-063361-4. Web site: www.growingupdigital.com. Education and Information Technologies 4, 203–205 (1999). <https://doi.org/10.1023/A:1009656102475>
- The Royal Society. *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. The Royal Society, London, U.K., Jan. 2012; <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- Tikva, C., Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review. *Computers & Education*, vol. 162, pp. 104-113.
- Tran, Y. (2017). Computational Thinking Equity in Elementary Classrooms: What Third-Grade Students Know and Can Do. *Journal of Educational Computing Research*. 57(1), 3-31
- Tran, Y. (2017). Computational Thinking Equity in Elementary Classrooms: What Third-

- Trna, J. (2013). *Konstrukční výzkum (design-based research) v přírodovědných didaktikách*. Online. Scientia in educatione. roč. 2, č. 1. ISSN 1804-7106. <https://doi.org/10.14712/18047106.11>.
- Tupý, J. (2014). *Tvorba kurikulárních dokumentů v České republice. Historicko-analytický pohled na přípravu kurikulárních dokumentů pro základní vzdělávání v letech 1989-2013*. Brno, Masarykova univerzita.
- Urbánek, T., Denglerová, D., Širůček, J. (2011). *Psychometrika: měření v psychologii*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-836-4.
- Vaníček, J. (2018). *Co je inforatické myšlení?* [online]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. <https://www.imysleni.cz/informaticke-mysleni/co-je-informaticke-mysleni>
- Weintrop, D., Rutstein, D., Bienkowski, M., Mcgee, S., Yadav, A., et al. Assessment of Computational Thinking. (2021). Online. In: *Computational Thinking in Education*. New York: Routledge, s. 90-111. ISBN 9781003102991.
- Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. Communications of the ACM, 49(3), s. 33-35.
- Wing, J. M. (2014). *Computational thinking benefit society*. Social Issues in Computing blog.
- Yadav, A., Stephenson, C., Hong, H. (2017). *Computational thinking for teacher education*. Commun. AC M 60, 4 (April 2017), 55-62. <https://doi.org/10.1145/2994591>
- Zvára, K. (2013). *Základy statistiky v prostředí R*. Biomedicínská statistika. Praha: Karolinum, ISBN 978-80-246-2245-3.
- Zvára, K., Štěpán, J. (2019). *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Šesté vydání. Praha: Matfyzpress, ISBN 9788073783884.

Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1.1 Vymezení přístupu k informatickému myšlení dle Tang (2020).....	19
Obrázek 1.2 Multidimenzionální koncepce informatického myšlení dle Tang (2020).....	20
Obrázek 1.3 Přístupy zahrnující oblasti výpočetních pojmů, postupů a perspektiv dle Tang (2020)....	24
Obrázek 1.4 Integrace rozvoje informatického myšlení do kurikul základních škol v Evropě k roku 2022 (Bryndová, 2021b).....	27
Obrázek 3.1 Zahrnutí programovacího jazyka do rozvoje informatického myšlení (IM) na základních školách	55
Obrázek 3.2 Příklad dotazníkové otázky v předvýzkumu	58
Obrázek 3.3 Zastoupení rozvoje dimenzí informatického myšlení (IM) na vybraných školách	59
Obrázek 3.4 Důležitost dimenzí informatického myšlení dle pedagogů informatiky (hodnoty jsou uváděny v procentech).....	60
Obrázek 3.5 Finální vymezení dimenzí informatického myšlení pro potřeby testování rozvoje informatického myšlení na základních školách v ČR	65
Obrázek 4.1 Graf vzorců informatického myšlení získaný pomocí CTPA (Koh, 2014, str. 73)	80
Obrázek 4.2 Schéma návrhu výzkumu a konstrukce výzkumného nástroje	82
Obrázek 5.1 Příklad testové úlohy zaměřené na syntaktickou dimenzi informatického myšlení	84
Obrázek 5.2 Schéma designu testu a jeho validace.....	85
Obrázek 5.3 Navrhovaná testová úloha.....	86
Obrázek 5.4 Jednoduchá otázka s výběrem ze čtyř odpovědí	87
Obrázek 5.5 Typické rozložení výsledků žáků v rozlišovacím a ověřovacím didaktickém testu (Chvál et al., 2015, str. 84).....	88
Obrázek 5.6 Testová úloha č. 13 původně zaměřená na zobecňování a optimalizaci, dle expertního posouzení vyhodnocená jako měřící úroveň rozvoje algoritmického myšlení	91
Obrázek 5.7 Ebelova mřížka pro navrhovaný soubor didaktických úloh (n = 30).....	94
Obrázek 5.8 Schéma redukce testových úloh.....	96
Obrázek 5.9 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro lehkou verzi souboru otázek	105
Obrázek 5.10 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro těžkou verzi souboru otázek.....	108
Obrázek 5.11 Graf korelace výsledků žáků v polovinách testu pro finální verzi souboru otázek.....	111
Obrázek 5.12 12 Výsledky vyhodnocení reliability dat ze Statistica 12	111
Obrázek 5.13 Rozložení výsledků žáků v komparaci s normálním rozložením, software Statistica 12 (n = 741)	114
Obrázek 5.14 Rozložení výsledků žáků v komparaci s log. normálním rozložením, software Statistica 12 (n = 741)	115
Obrázek 5.15 Graf K-S testu normality, Statistica 12 (n = 741).....	117
Obrázek 5.16 P-P graf normality, Statistica 12 (n = 741).....	118
Obrázek 5.17 Q-Q graf normálního rozdělení	119
Obrázek 5.18 Percentilová škála pro finální verzi testu.....	121
Obrázek 5.19 Rozložení bodů vzhledem k navrhované klasifikaci	124

Obrázek 6.1	Histogram rozložení výsledků žáků v testu informatického myšlení a jejich četnosti	128
Obrázek 6.2	Krabicový graf rozložení dosažených bodů dle genderu žáků (Statistica 12)	133
Obrázek 6.3	Krabicový graf výsledků žáků dle věku, Statistica 12 (n = 741).....	136
Obrázek 6.4	Rozložení výsledků vybraných žáků (n = 711) v komparaci s normálním rozložením, Statistica 12.....	137
Obrázek 6.5	P-P graf výsledků vybraných žáků (n = 711), Statistica 12	138
Obrázek 6.6	Rozložení průměrného výsledku v otázkách dle dimenzí (od nejjednodušší po nejtěžší)	140
Obrázek 6.7	Otázka Algoritmické myšlení 4.....	141
Obrázek 6.8	Krabicový graf testu ANOVA pro výsledky žáků v dimenzích syntaxe a algoritmizace..	144
Obrázek 6.9	Komparační graf průměrných výsledků chlapců a dívek v otázkách dle cílených dimenzí	147
Obrázek 7.1	Rozdělení výsledků žáků dosažených v cCT-testu (El-Hamamsy et al., 2022, str. 10)	153

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 Vymezení oblastí rozvoje informatického myšlení (Klement, Dragon, Bryndová., 2023)..	44
Tabulka 3.2 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení pro účely sestavení oblastí didaktického nástroje	46
Tabulka 3.3 Operativní vymezení dimenzí informatického myšlení dle aktuálně platné kurikulární revize	47
Tabulka 3.4 Komparační tabulka vymezení informatického myšlení (IM) v rámci evropské a české legislativy	48
Tabulka 3.5 Rozšířené vymezení dimenzí informatického myšlení s očekávanými výstupy žáka	52
Tabulka 3.6 Korelace genderu, délky praxe a typu školy respondentů s jejich přístupy k výuce syntaxe na ZŠ, (software Statistica 12).....	56
Tabulka 3.7 Korelace genderu, délky praxe a typu školy respondentů s výukou informatického myšlení (software Statistica 12).....	57
Tabulka 3.8 Korelace genderu, délky praxe, typu školy respondentů a zastoupení dimenzí informatického myšlení v jejich výuce (software Statistica 12)	60
Tabulka 3.9 Rozeznávané dimenzí informatického myšlení dle legislativy a metodiky platné k r. 2021 a názoru dotazovaných pedagogů.....	63
Tabulka 4.1 Možnosti určování úrovně informatického myšlení	73
Tabulka 4.2 Informatické myšlení v kontextu Bloomovy taxonomie (od nejnižšího po nejvyšší hierarchický stupeň)	79
Tabulka 5.1 Přehled údajů o expertech posuzujících navržený soubor testových úloh n = 22 ...	90
Tabulka 5.2 Průměrná shoda expertních posudků týkajících se dimenze informatického myšlení.....	90
Tabulka 5.3 Expertní posudky dílčích dimenzí informatického myšlení v komparaci s původním designem otázky	92
Tabulka 5.4 Výsledné schéma plánu souboru testových otázek	93
Tabulka 5.5 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení n = 124	104
Tabulka 5.6 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro lehkou verzi testu n = 124.....	104
Tabulka 5.7 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení n = 114	106
Tabulka 5.8 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro těžkou verzi testu n = 115.....	106
Tabulka 5.9 Pilotní soubor středně obtížného testu informatického myšlení n = 110.....	109
Tabulka 5.10 Výpočet hodnoty obtížnosti a ULI pro finální verzi testu n = 110	109
Tabulka 5.11 Obtížnost vzhledem k jednotlivým dimenzím informatického myšlení n = 110.	109
Tabulka 5.12 Pilotní soubor finálního testu informatického myšlení n = 741	112
Tabulka 5.13 Popisné statistiky výsledků n = 741.....	113
Tabulka 5.14 Četnosti bodového hodnocení testu pro výpočet Chí-kvadrátu.....	116
Tabulka 5.15 Výsledky testů normality, Statistica 12 (n = 741).....	117
Tabulka 5.16 Percentilová škála pro finální verzi testu n = 741	120
Tabulka 5.17 Výpočet z-skóre testu informatického myšlení.....	122
Tabulka 5.18 Návrh klasifikačního stupně vzhledem k percentilu a získaným bodům.....	124

Tabulka 6.1 Korelace výsledků, genderu a věku žáků pomocí Spearmanova korelačního koeficientu (Statistica 12).....	131
Tabulka 6.2 Korelace výsledků, genderu a věku žáků pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (Statistica 12).....	132
Tabulka 6.3 Neparametrické korelace věku a genderu žáků (Statistica 12) n = 741.....	132
Tabulka 6.4 Neparametrické korelace počtu bodů a věku žáků (Statistica 12) n = 741.....	134
Tabulka 6.5 Neparametrické korelace počtu bodů a věku žáků dle Kendallova testu (Statistica 12)..... n = 741.....	134
Tabulka 6.6 Výsledky Kruskal–Wallisova testu analýzy rozptylu (ANOVA), Statistica 12 (n □ 741)	135
Tabulka 6.7 Výsledky mediánového testu, Statistica 12 (n □□741)⁹.....	135
Tabulka 6.8 Popisné statistiky pro optimalizovanou skupinu testovaných n = 711.....	137
Tabulka 6.9 Průměrné skóre celého souboru žáků v jednotlivých otázkách řazených dle cílené dimenze	139
Tabulka 6.10 Průměrné skóre celého souboru žáků dle cílené dimenze a hodnota obtížnosti Q.....	140
Tabulka 6.11 Spearmanovy korelace celkových výsledků žáků v dílčích dimenzích informatického myšlení	142
Tabulka 6.12 Porovnání p hodnot dimenze Syntaxe a kódování vůči dimenzi Algoritmické myšlení .	143
Tabulka 6.13 Porovnání z hodnot dimenze Syntaxe a kódování vůči dimenzi Algoritmické myšlení..	144
Tabulka 6.14 Průměrné skóre žáků v závislosti na jejich genderu a věku v jednotlivých otázkách řazených dle cílené dimenze	145
Tabulka 6.15 Průměrné skóre žáků v závislosti na jejich genderu a věku dle cílené dimenze	146
Tabulka 6.16 Korelace věku a genderu žáků s dosaženým bodovým hodnocením v jednotlivých dimenzích.....	147

Seznam příloh

Příloha 1 – Dotazník pro pedagogy týkající se přístupu k informatickému myšlení

Příloha 2 – Plošně distribuovaný test informatického myšlení

Příloha 3 – Další statistické výsledky a grafy

Anotace

Jméno a příjmení:	Lucie Bryndová
Katedra:	Katedra technické a informační výchovy
Vedoucí práce:	prof. PhDr. Milan KLEMENT, Ph.D.
Rok obhajoby:	2024

Název práce:	Diagnostika rozvoje infromatického myšlení na základních školách pomocí učebních úloh
Název v angličtině:	Diagnostics of the development of computational thinking in primary schools using learning tasks
Anotace práce:	Předložená disertační práce se zabývá diagnostikou rozvoje infromatického myšlení v pátých třídách základních škol v České republice pomocí souboru učebních úloh. Představuje standardizovaný test určený k diagnostice úrovně rozvoje infromatického myšlení u žáků a výsledky kvantitativního výzkumného šetření, které proběhlo pomocí tohoto testu ve školách v roce 2023.
Klíčová slova:	Infromatické myšlení, diagnostika, informatika, didaktické testy
Anotace v angličtině:	The presented Ph.D. thesis deals with the diagnosis of the development of computational thinking in fifth grade primary schools in the Czech Republic using a set of teaching tasks. It presents a standardized test designed to diagnose the level of development of computational thinking in pupils and the results of a quantitative research survey conducted using this test in schools in 2023.
Klíčová slova v angličtině:	Computational thinking, diagnostics, informatics, didactic tests
Přílohy vázané v práci:	3
Rozsah práce:	171 stran
Jazyk práce:	čeština