

# Myšlenkové mapy a jejich aplikace ve výuce termiky na ZŠ

GABRIELA KAUFNEROVÁ

Fakulta pedagogická ZČU, Plzeň

První část tohoto článku se věnuje myšlenkovým mapám v obecné rovině, shrnuje pravidla pro jejich tvorbu i možnosti vytváření digitálních myšlenkových map. Druhá část se zaměřuje na možné využití myšlenkových map v jednotlivých fázích výuky termiky na základní škole na základě vlastních praktických zkušeností.

## Co jsou myšlenkové mapy?

Pojem myšlenkové mapy může znít jako něco nového, ale opak je pravdou. Už v dávných dobách je velcí myslitelé, filozofové, matematici atd. používali pro utřídění svých myšlenek. Podle Chytkové a Černého [5] mohou být nejstarším příkladem zápisy ze staré Číny, které znázorňují tradiční léčitelství ve stromové struktuře. V 60. letech minulého století byl pojem myšlenkové mapy uchopen Tony Buzanem a definován jako: *základní organizační myšlenkový nástroj* [1, s. 8].

Ve výzkumném programu americké Cornellovy univerzity se v roce 1972 Joseph D. Novak snažil porozumět úrovni znalostí žáka v přírodních vědách a změnám v jeho znalostech v průběhu vzdělávání. Napadla ho myšlenka, že pojmová mapa vytvořená žákem reprezentuje hierarchizaci a organizaci jeho kognitivní struktury. Novak vnímal pojmové mapy jako vhodný nástroj pro znázornění žakových myšlenek [4, 6].

Myšlenkové a pojmové mapy jsou zaznamenávány grafickou technikou, která umožňuje našemu mozku efektivně třídit myšlenky. Využívají celé spektrum dovedností, jako je například: slovo, obraz, číslo, logika, rytmus, barva a prostorové podvědomí. Pomáhají člověku nejenom vstřebávat informace do paměti, ale také je z ní vyvolávat. Buzanovy myšlenkové mapy jsou v podstatě stejné jako Novakovy pojmové mapy, liší se od sebe pouze v struktuře a hierarchizaci jednotlivých pojmů.

## *Tvorba myšlenkových map*

Pro tvorbu myšlenkových map nepotřebujeme podle [2] příliš mnoho věcí. Zcela postačí čistý bílý nelinkovaný papír, barevná pera či tužky, přemýšlení a představivost. Papír by měl mít minimální formát A4 (ideálně A3) a při práci by měl být vždy položený na šířku, což je vhodnější pro rozšiřování a větvení mapy do stran. Barevné tužky a pera činí mapu přehlednější, takže se v ní lze rychleji orientovat. Barevnost mapy pomáhá oddělit jednotlivá témata a zapamatovat si informace. Je zapotřebí při jejich používání dávat pozor, aby nedošlo k zahlcení mapy, která by se pak stala nepřehlednou. Používání barev je zcela na našem uvážení a záměru, ale měli bychom dodržovat používání jedné barvy pro hlavní větve i k ní příslušné podvětvě.

K vytvoření správné myšlenkové mapy je podle [2] potřeba dodržovat následujících sedm kroků.

- Tvořit začínáme *uprostřed* čistého papíru, který by měl být položený na šířku.
- Hlavní myšlenku je vhodné vyjádřit *obrázkem*.
- Je přínosné používat různé *barvy*.
- K obrázku hlavní myšlenky připojujeme *hlavní větve*, ke kterým připojujeme větve druhé úrovně. K oběma potom připojujeme větve třetí úrovně atd.
- Všechny větve zakreslujeme jako *křivky*.
- V každé úrovni křivky je vhodné používat jedno jednoduché slovo nebo slovní spojení.
- V celé mapě zakreslujeme obrázky.

Myšlenkové mapy nemusí obsahovat pouze slova a větve, ale mohou se v nich nacházet obrázky a symboly, jak bylo uvedeno výše. Pomáhají snadněji si zapamatovat informace, zvýraznit nejdůležitější myšlenky, vnímat mapu jako celek, rychleji se v ní orientovat či propojit související pojmy. Obrázky a symboly přitom nemusí být výtvarně dokonalé.

Jelikož se při tvorbě myšlenkové mapy nepoužívají jenom slova, linie či logika, ale také symboly barvy a obrázky, jak bylo zmíněno výše; lze říci, že při jejich tvorbě pracuje celý mozek. Práce s nimi je jednoduchá. Mohou se využívat při různých obecných činnostech, jako je například: učení, brainstormingu či plánování.

Pro začlení myšlenkových map do výuky je zapotřebí, aby si na mapy žáci postupně zvykali. Ze začátku je vhodné, aby učitel vysvětlil žákům,

co je to myšlenková mapa, jak se s ní pracuje a vytvořil s nimi několik map společně. Pokud jsou žáci zvyklí, že učitel často mění výukové metody, tak pochopení a naučení se práce s myšlenkovými mapami jim nebude trvat dlouho (několik vyučovacích hodin).

### ***Tvorba digitálních myšlenkových map***

Jelikož v dnešní době digitální technologie tvoří nedílnou součást každodenní pedagogické praxe, tak je vhodné se věnovat i myšlenkovým mapám vytvářených v počítači. Práce s nimi a jejich tvorba je mnohem snadnější a rychlejší než s myšlenkovými mapami, které jsou tvořené na papíře. Lze je i snadněji editovat a nabízejí práci s větším množstvím informací [3].

Existuje nepřeberné množství aplikací, ve kterých lze vytvářet myšlenkové mapy. Před jejich používáním je zapotřebí si několik z nich vyzkoušet a vybrat si tu, která by vyhovovala učiteli při výuce nejvíce. Prakticky se nám nejvíce osvědčila aplikace **XMind** a webová stránka **Coggle**. Myšlenkové mapy vytvořené v XMind lze používat jako podklady pro výuku. V Coggle mohou žáci pracovat při plnění zadaných úkolů ve škole i doma. Pro práci v něm žáci potřebují počítač, tablet či telefon a připojení na internet, což v dnešní době mají prakticky všichni.

### **Aplikace myšlenkových map ve výuce termiky**

Myšlenkové mapy lze charakterizovat jako vhodný nástroj pro rozvoj tvořivé činnosti u žáků. Ve fyzice se mohou především využívat pro znázornění vztahů mezi jednotlivými pojmy probíraného učiva. Myšlenkové mapy najdou uplatnění ve všech fázích výukových hodin i v domácí přípravě v podobě domácích úloh. Jejich použití v jednotlivých fázích závisí na obsahu probíraného tématu a na jeho časovém harmonogramu (tabulka 1).

<b>Motivace žáků:</b>	
Pro správný rozvoj tvořivosti je zapotřebí u žáků dosáhnout nejvyšší možné vnitřní motivace, které lze dosáhnout vhodnou motivací na začátku probíraného tématu.	
<b>Žáci a jejich aktivizace</b>	Pro navození pozitivního vztahu žáků k probíranému tématu je zapotřebí vhodně zvolit počáteční aktivitu, při které budou kladně ohodnoceni učitelem i spolužáky.
<b>Myšlenkové mapy</b>	Jedním z možných nástrojů pro zvýšení vnitřní aktivity u žáků jsou myšlenkové mapy. Lze je zadávat na úvodní hodině probíraného tematického celku, např.: <i>Zaznamenej do myšlenkové mapy vše, co si představíš pod pojmem... ?</i>

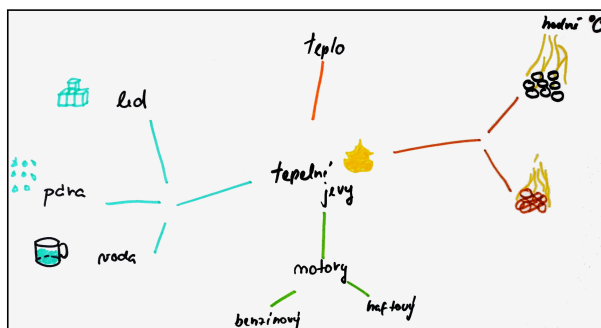
Tab. 1: Motivace

Na úvodní hodině tematického celku lze používat myšlenkové mapy jako počáteční aktivitu ve fázi motivace, protože myšlenkové mapy patří mezi nástroje, které mohou navýšit vnitřní aktivitu žáků při správném uchopením a začleněním do vyučovací hodiny.

### Příklad 1

Zaznamenej do myšlenkové mapy vše, co si představíš pod pojmem tepelné jevy?

Na úvodní hodině tematického celku Termika ve fázi motivace byly žákům rozdány papíry formátu A3 s uvedeným zadáním. Jejich úkolem bylo napsat, co si myslí, že se dozví v učivu o tepelných jevech pomocí myšlenkové mapy. Pracovali ve dvojicích, takže mohli diskutovat se sousedem v lavici. Ukázka jejich myšlenkové mapy je na obr. 1.



Obr. 1 Ukázka motivační myšlenkové mapy vytvořené žáky na úvod tématu Tepelné jevy

Většina žáků uvedla ve svých myšlenkových mapách, že budou probírat teplo, skupenství látek, tání, var a tepelné motory. Žáci při práci živě diskutovali v lavicích. Bylo patrné, že je vypracovávání zadané úlohy bavilo. Tu samou úlohu je možné zadat žákům znovu po probrání celého tematického celku Termika ve fázi aplikace či fixace učiva.

Ve fázi motivace lze používat i myšlenkové mapy, ve kterých si žáci zopakují starší učivo, které je nějakým způsobem provázáno s nově probíraným učivem či tematickým celkem.

### Příklad 2

Napiš, na čem závisí vnitřní energie, do myšlenkové mapy.

Myšlenková mapa na téma vnitřní energie byla žákům zadána v hodině při opakování učiva z předchozí hodiny, aby si zopakovali poznatky o vnitřní energii a aby se zároveň namotivovali na probírání nového učiva „Jak lze zvýšit vnitřní energii?“



Obr. 2 Ukázka motivační myšlenkové mapy vytvořené žáky na téma Vnitřní energie

Když žáci vypracovali myšlenkovou mapu, ve které si zapsali, na čem závisí vnitřní energie, byli seznámeni s tím, že se budeme následně zabývat novým učivem, jak lze vnitřní energii zvýšit (tab. 2).

<b>Expozice (nové učivo):</b>	
<b>Žáci a jejich aktivita</b>	Žáci zaznamenávají nové poznatky aktivní činnostmi do sešitu během vyučovací hodiny.
<b>Myšlenkové mapy</b>	Myšlenkové mapy najdou uplatnění i při probírání nového učiva, kdy je lze využít pro zápis poznámek do sešitu. Tato forma zápisu nám umožňuje znázorňovat vztahy mezi jednotlivými pojmy probíraného učiva. Díky čemuž si mohou žáci lépe zapamatovat nové učivo, provázat ho se stávajícími vědomostmi a snadněji a rychleji ho aplikovat při dalším použití.

Tab. 2: Expozice (nové učivo)

U většiny hodin lze využívat myšlenkové mapy jako formu zápisu poznámek do sešitu při probírání nového učiva. Jejich velkou výhodou při psaní poznámek je, že zápis je rychlý, přehledný a rovnou žákům ukazuje vztahy mezi jednotlivými pojmy probíraného učiva.

### Příklad 3

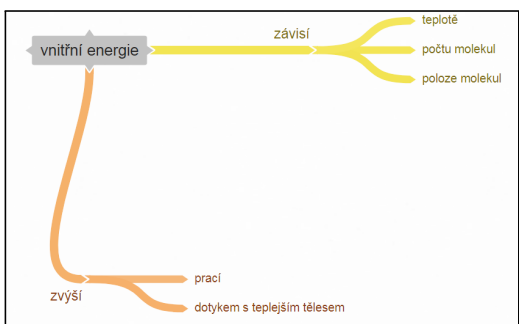
Jak lze zvýšit vnitřní energii?

Pro zapsání poznámek na nově probírané učivo: *Jak lze zvýšit vnitřní energii?*, jsme použili již vytvořenou myšlenkovou mapu na téma vnitřní energie, kterou si žáci vypracovali ve fázi motivace.



Obr. 3 Ukázka myšlenkové mapy vytvořené žáky na téma „Jak lze zvýšit vnitřní energii?“ při expozici učiva

Ve fázi expozice jsme si s žáky pomocí pokusů vysvětlovali učivo o způsobech zvyšování vnitřní energie a oni si postupně doplňovali již vytvořenou myšlenkovou mapu. Na obr. 3 vidíme zapsané poznámky jednoho z žáků pomocí myšlenkové mapy. Na konci vyučovací hodiny byla žákům zadána domácí úloha vytvořit si myšlenkovou mapu na probírané učivo znovu. Mohli ji vytvořit do sešitu či na webových stránkách Coogle.



Obr. 4 Ukázka domácí úlohy ve formě myšlenkové mapy na téma „Jak lze zvýšit vnitřní energii?“ (expozice)

Příklad domácí úlohy vytvořená žákem pomocí Coogle vidíme na obr. 4. Při plnění domácí úlohy žáci spíše volili pro tvorbu myšlenkové mapy aplikaci Coogle namísto kreslení do školního sešitu, protože vytvoření mapy pomocí Coogle je rychlejší.

Po delším čase, kdy jsme používali myšlenkové mapy jako formu zápisu poznámek do sešitu, byli žáci požádáni o zpětnou vazbu, zda jim více vyhovuje zapisovat si poznámky pomocí myšlenkové mapy nebo klasický způsobem jako poznámky zapsané ve větách. Přibližně polovina žáků uvedla, že by uvítala zapisovat si poznámky pomocí myšlenkové mapy, protože je to pro ně přehledné, srozumitelné, provázanější a že si učivo snadněji zapamatují. Druhá polovina žáků by naopak chtěla ponechat klasický způsob zápisu, protože jsou na tento způsob zvyklí a protože si učivo snadněji zapamatují. Při diskusi o způsobu zápisu i žáci, kteří preferují klasický způsob zápisu, uznali, že učivo je díky myšlenkovým mapám přehlednější. Žáci nakonec došli společně k závěru, že by chtěli zapisovat poznámky formou myšlenkové mapy a zároveň mít k dispozici i poznámky zapsané klasickým způsobem.

<b>Aplikace a fixace (učiva):</b>	
<b>Žáci a jejich aktivita</b>	Žáci aktivně používají získané vědomosti při plnění zadaného úkolu během vyučovací hodiny.
<b>Myšlenkové mapy</b>	Myšlenkové mapy lze používat během aplikace či fixace učiva například tvorbou myšlenkových map na již probrané učivo nebo doplňováním slepých map s chybějícími pojmy.

Tab. 3: Aplikace a fixace (učiva)

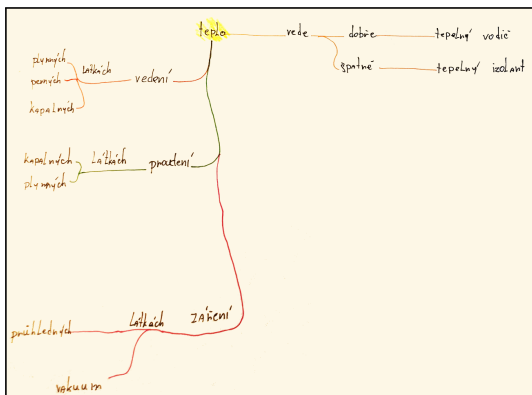
Při prohlubování či opakování učiva lze jako jednu z možných aktivit použít myšlenkovou mapu (tab. 3). Žáci mohou tvořit mapy na danou část probraného učiva či na probraný celý tematický celek.

#### **Příklad 4**

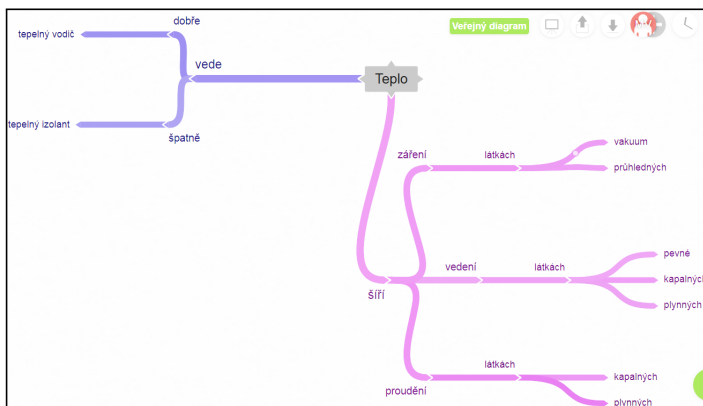
Zaznamenej do myšlenkové mapy, jakými způsoby se může šířit teplo?

Úloha byla zadána žákům v hodině věnované proudění a záření jako šíření tepla během fixace učiva a při závěrečném hodnocení jim byla ještě zadána jako domácí úloha. Mohli ji vypracovat na papír nebo vytvořit na webové stránce Coggle (obr. 5 a 6).

Souhrnné myšlenkové mapy jsou velmi užitečné při opakování učiva, protože si při jejich tvorbě žáci utřídí informace k danému učivu. Zároveň mají vše pohromadě a uspořádané. Při tvoření souhrnných map je vhodné ze začátku nechat žáky pracovat samostatně nebo ve dvojicích přiměřený čas a následně s nimi společně mapu dodělat. Myšlenková mapa na opakování učiva o teple na obr. 7 je názornou ukázkou.



Obr. 5 Ukázka domácí úlohy ve formě myšlenkové mapy na téma Šíření tepla



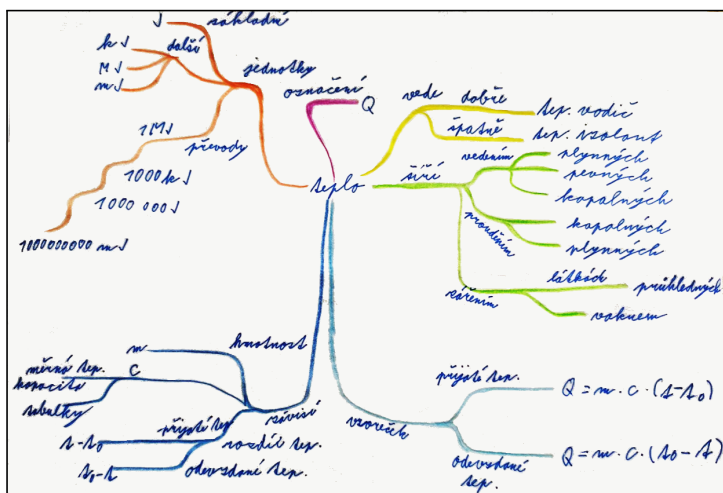
Obr. 6 Ukázka domácí úlohy ve formě myšlenkové mapy na téma Šíření tepla (aplikace a fixace)

### Příklad 5

Napiš vše, co jsi se doposud naučil/(a) o teple, pomocí myšlenkové mapy.

Při prohlubování a opakování učiva v hodinách lze používat také slepé myšlenkové mapy, do kterých žáci doplňují chybějící pojmy. Slepé mapy mohou být buď se slovy nebo beze slov pro doplnění. Mohou se aplikovat prakticky na každé probrané učivo.





Obr. 7 Ukázka domácí úlohy ve formě myšlenkové mapy na téma „Tepla“ (aplikace a fixace)

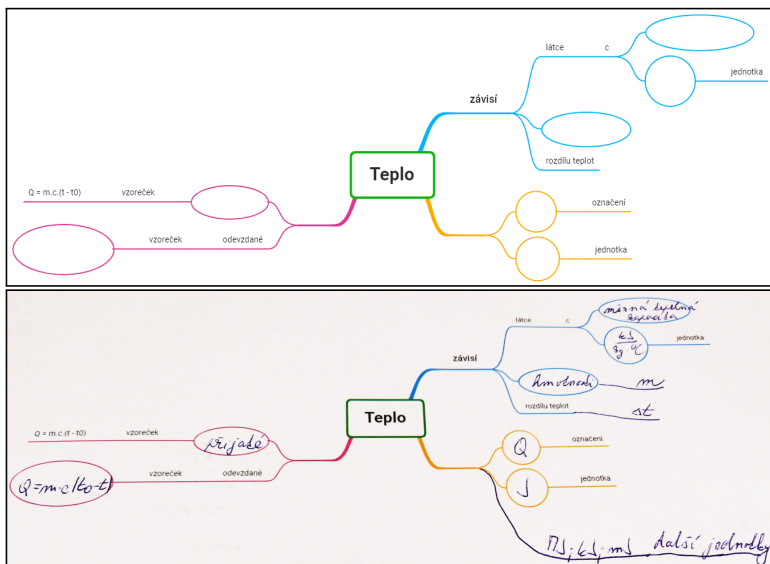
### Příklad 6

Doplň vhodná slova do prázdných bublin tak, aby myšlenková mapa dávala smysl.

Při prohlubování stávajícího či opakování staršího učiva je možnost používat slepé myšlenkové mapy beze slov jako jednu z možných aktivit. U těchto map musí žáci především zavzpomínat na již probrané učivo, rozpomenout se a správně vyplnit prázdné bubliny.

Slepé myšlenkové mapy beze slov pro doplnění byly většinou zadávány žákům neúplně, aby měli větší prostor pro svou tvořivost a aby je to nabádalo k tvorbě rozšířenější mapy. Na obr. 8 vidíme, že žák nejen mapu vyplnil, ale i doplnil o další informace týkající se tepla.

Ve fázi aplikace či fixace učiva najdou myšlenkové mapy uplatnění jako jedna z možných aktivit, při které si žáci opakují již probrané učivo jiným způsobem. Zapojují při jejich tvorbě obě dvě hemisféry, což jim pomáhá učivo si lépe zapamatovat, snadněji a rychleji ho dále používat při další činnosti, a především dojde k uvolnění přetížení jedné hemisféry. Mohou tak při plnění úloh, které jsou založené na tvorbě či doplňování myšlenkových map, dosáhnout vnitřního uspokojení a dát ve fyzice prostor své vlastní tvořivosti.



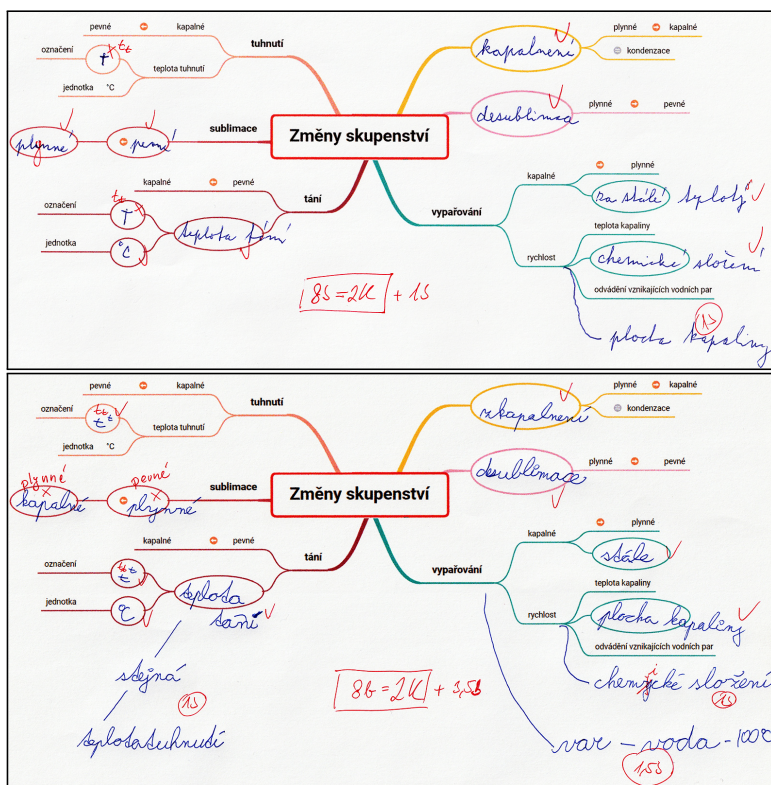
Obr. 8 Ukázka zadání a žakovského řešení domácí úlohy ve formě slepé myšlenkové mapy na téma Teplo (aplikace a fixace učiva)

Slepé mapy mohou posloužit i diagnostice znalosti žáků a jejich pochopení učiva podle obecných principů a zásad shrnutých v tab 4. Ve škole jsme pro hodnocení žakovských znalostí používali slepé myšlenkové mapy se slovy i beze slov, popř. měli žáci sami vytvořit celou myšlenkovou mapu na dané učivo. Pro jejich hodnocení jsme používali kombinovaný způsob.

Slepé myšlenkové mapy beze slov se také osvědčily při hodnocení malých pětiminutovek. Velkou výhodou bylo, že jejich vyplňování žákům nezabralo příliš mnoho času, pokud byli na test připraveni. Žákům s poruchami učení a žákům-cizincům bylo možné zadávat během testování lehčí variantu slepé myšlenkové mapy se slovy pro doplnění. Jejich používání bylo velice přínosné nejenom pro učitele, ale také pro samotné žáky, pokud se na test připravili. Zadaná slova jim pomohla zčásti či zcela doplnit slepou myšlenkovou mapu a oni tak mohli zažít pocit vnitřního uspokojení z dosaženého cíle.

Příkladem takového využití je slepá myšlenková mapa na změny skupenství (obr. 9) zadaná žákům při hlubším opakování daného učiva. Hodnocena byla stanovením počtu bodů za správně vyplněné prázdné bubliny. Tyto body se pak pomocí stanoveného klíče přepočítaly na odpovídající

známku. Na obr. 9 si lze povšimnout, že u některých pojmů chybí další bubliny pro doplnění. Záměrně se tak žákům vytváří lepší prostor pro jejich tvořivost, cílem bylo je nenápadně přimět k tomu, aby začali slepou myšlenkovou mapu vyplňovat nad rámec pouhého povinného doplnění prázdných bublin. Opustili-li žáci svoji komfortní zónu a doplnili do slepé myšlenkové mapy další informace, tak získali v rámci bodového hodnocení další body navíc. V rámci tematického celku se žákům získané body navíc sčítají a po ukončení tematického celku se jim promění na odpovídající známku dle stanoveného klíče.



Obr. 9 Žákovská řešení slepé myšlenkové mapy na téma Změny skupenství (diagnóza)

<b>Diagnóza:</b>	
<p>Během tvořivé činnosti je zapotřebí mít vnitřní motivaci k dané činnosti a okamžitou a jednoznačnou zpětnou vazbu. Obě dvě tyto funkce ve výuce plní hodnocení. Tradiční způsob hodnocení poskytuje především motivaci vnější, ale pro tvořivou činnost je zapotřebí mít i určitou úroveň vnitřní motivace. Je důležité mít zpětnou vazbu v hodnocení. Je také zapotřebí rozlišit hodnocení tvořivé činnosti od hodnocení znalostí žáků.</p>	
<b>Tvořivá činnost žáků</b>	<p><b>Individuální slovní hodnocení</b>          Při používání individuálního slovního hodnocení se hodnotí vzniklý produkt a také postup vedoucí k tomuto produktu. Takže žáci i učitel mají okamžitou zpětnou vazbu, která je při tvořivé činnosti velice důležitá.</p> <hr/> <p><b>Formativní hodnocení</b>          Formativní hodnocení je dobrým nástrojem pro komunikaci mezi učitelem a žáky. Podává učiteli informaci o tom, jak žáci rozumí učivu během jeho probírání. Pro formativní hodnocení lze používat barevné terčíky, tabulky či smajlíky.</p>
<b>Znalosti žáků</b>	<p><b>Hodnocení známkou</b>          Hodnocení známkou se používá ve školách nejčastěji. Žáci i jejich rodiče jsou na tento způsob hodnocení zvyklí. Pětistupňová škála známek je přehledná, ale je po stránce obsahu značně omezená. Tento hodnoticí systém není schopen popsat posun jednotlivých žáků.</p> <hr/> <p><b>Bodové hodnocení</b>          Bodové hodnocení se vyskytuje ve školách mnohem méně než hodnocení známkou. Žáci a jejich rodiče nejsou na tento druh hodnocení příliš zvyklí, i když poskytuje lepší informace o posunech žáků v časovém rozmezí. Jejich případné zakolísání ve výkonu lze dohnat snahou a nepřehánět se dál do konečného hodnocení. Bodové hodnocení vede žáky k přirozené soutěživosti a vytváří podmínky pro navýšení vnitřní motivace u žáků.</p> <hr/> <p><b>Kombinované hodnocení</b>          Během kombinovaného způsobu hodnocení se používá hodnocení známkou a bodové hodnocení. Žáci jsou během probíraného tematického celku hodnoceni body. Po probírání učiva je jim podle dosažených bodů přidělena známka.</p>
<b>Myšlenkové mapy</b>	<p>Myšlenkové mapy je vhodné hodnotit kombinovaným způsobem spolu s individuálním slovním hodnocením či formativním hodnocením.</p>

Tabulka 4 Diagnóza

Na obr. 9 jsou k nahlédnutí dvě odevzdané práce žáků. Na horním je mapa žáka, který si nedal příliš záležet na správném označení teploty tání a tuhnutí a ani se moc nesnažil slepou myšlenkovou mapu doplnit o další informace – doplnil pouze jednu informaci navíc oproti ostatním spolužákům. Žáci v dané prověrce většinou získali 2 až 4 body navíc za vlastní tvořivost při doplňování mapy, jak je vidět na spodním části obrázku. Test žáka je v tomto případě slušně vyplněný, pouze popletl pojem sublimace, a získal navíc 3,5 bodu za doplnění dalších informací: teplota tání je stejná jako teplota tuhnutí, rychlost vypařování závisí také na chemickém složení kapaliny, součástí vypařování je var a varu u vody nastává při 100 °C.

Pokud bychom chtěli přesnější informace o znalostech žáků, lze použít myšlenkové mapy, které si žáci vytvářejí celé sami. Před zadáním takovéto písemné práce je nutné si promyslet, která slova uvedená v myšlenkové mapě budou v rámci hodnocení klíčová a která slova budou navíc za tvořivou činnost. Ze zkušenosti lze říci, že žáky vytvořené myšlenkové mapy pak nebylo vůbec jednoduché opravovat a vyhodnotit. Celý proces hodnocení zabral velké množství času. V rámci porovnání se slepými myšlenkovými mapami se jejich využití ukázalo značně neefektivní.

Slepé myšlenkové mapy se nám osvědčily jako vhodný nástroj pro ověřování znalostí žáků oproti myšlenkovým mapám, které si žáci vytvářeli sami. Jejich tvorba, použití a opravování je rychlé a snadné. Navíc pro vytvoření testu pro žáky se specifickými vzdělávacími potřebami a žáky-cizince stačí k mapě přidat jenom slova pro doplnění.

## Literatura

- [1] *Buzan, T.*: How to mind map. Thorsons, London, 2002.
- [2] *Buzan, T.*: Mentální mapování. Portál, Praha, 2007.
- [3] *Buzan, T., Buzan, B.*: Myšlenkové mapy: probuďte svou kreativitu, zlepšete svou paměť, změňte svůj život. Computer Press, Brno, 2011.
- [4] *Holubová, R.*: Pojmové mapy ve výuce fyziky [online, cit. 17. 6. 2024]. FyzWeb, Katedra didaktiky fyziky MFF UK v Praze, 2013. Dostupné z: [http://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2013/materialy/holubova/c-holubova-pojmove\\_mapy.pdf](http://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2013/materialy/holubova/c-holubova-pojmove_mapy.pdf).
- [5] *Chytková, D., Černý, M.*: Efektivní učení: techniky přemýšlení, soustředění a komunikace s využitím myšlenkových map. BizBooks, Brno, 2016.
- [6] *Valadares, J., Fonseca, F., Monteiro Soares, M. T.*: Using conceptual maps in physics classes. In: A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González (Eds.): Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conf. on Concept Mapping, Pamplona, Spain 2004 [online, cit. 17. 6. 2024]. Dostupné z: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-210.pdf>.