

# TECHNOLOGIE PRO ZPŘÍSTUPNĚNÍ MATEMATIKY NEVIDOMÝM A SLABOZRÁKÝM

**Lukáš MÁSilKO, Jaromír TICHÝ**

Masarykova univerzita  
Komenského nám. 2, 602 00 Brno  
E-mail: [masilko@teiresias.muni.cz](mailto:masilko@teiresias.muni.cz)

TyfloCentrum Plzeň o.p.s.  
Tomanova 5, 301 00 Plzeň  
E-mail: [tichy@tc-plzen.cz](mailto:tichy@tc-plzen.cz)

## **Anotace:**

*Současná speciální výpočetní technika může pomoci nevidomým a slabozrakým při studiu matematiky. Umožňuje zpřístupnit úpravy matematických výrazů nejen studentům se zrakovým handicapem, ale také pedagogům a odborníkům, kteří při práci s matematickým výrazem používají zrakovou percepci.*

*V tomto článku proto představíme jednotlivé softwarové a hardwarové technologie, které jsou využívány ve výuce matematiky na středních a vysokých školách. V průběhu prezentace také představíme speciální didaktické metody, které je vhodné uplatnit pro zpřístupnění studia matematiky u studentů se zrakovým handicapem.*

## **Úvod**

Studentům se zrakovým postižením může v současné době zpřístupnit studijní materiály počítač, který je vybavený speciálním softwarem, popř. hardwarem.

Nevidomí při svém studiu využívají notebook, do kterého je instalovaný screen-reader. *Jedná se o počítačový program, který převádí informace z prostředí operačního systému do zvukové podoby pomocí počítačového hlasu* (1). Nevidomí studenti také využívají braillovský řádek. *Toto zařízení má obvykle tvar kvádrů. Jeho horní strana je osazena řadou piezoelektrických elementů, které umožňují zobrazení jednotlivých písmen braillovské abecedy* (2). Těžce slabozrací studenti využívají notebooky či počítače, které jsou vybaveny softwarovou lupou s hlasovou podporou. *Jedná se o počítačový program, který umožňuje zvětšování, zvýraznění textového kurzoru a myši, filtraci barev atd. Zároveň předčítá slabozrakému uživateli základní informace o dění na obrazovce počítače* (1).

Screen-readery ani softwarové lupy s hlasovou podporou nejsou vybaveny funkcemi, které by umožnily zpřístupnit nevidomým a slabozrakým matematické výrazy. Studijní materiály obsahující matematické texty byly proto dlouhou dobu pro nevidomé a slabozraké velmi špatně přístupné. Ani v současné době neexistuje jedna softwarová technologie, která by zajistila zpřístupnění matematických textů pro všechny skupiny studentů se zrakovým postižením. Objevují se však nové počítačové programy, které mohou pomoci nevidomým a slabozrakým při studiu matematiky. Pokud je jejich využití doplněno vhodnými didaktickými postupy, může být matematika zpřístupněna mnoha studentům se zrakovým handicapem na středních i na vysokých školách.

## **Softwarové technologie určené primárně pro nevidomé**

### **Problémy při práci s matematikou v Braillově písmu.**

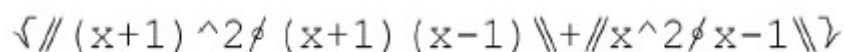
Grafický zápis matematiky je dvojrozměrný. Zápis matematiky v Braillově písmu je ale jiný, lze jej charakterizovat jako lineární text. Sekvenční způsob čtení zápisu matematického výrazu pomocí hmatu a případně také jeho poslouchání pomocí počítačového hlasu přináší s sebou absenci okamžitého globálního přehledu nad jeho strukturou.

Demonstrujme tento problém na následujícím příkladu:

$$\sqrt{\frac{(x+1)^2}{(x+1)(x-1)} + \frac{x^2}{x-1}}$$

Studentovi bez zrakového handicapu je hned na první pohled zřejmé, že se jedná o součet zlomků, které jsou pod odmocninou. Během sekundy je schopen rozpoznat, že se první zlomek dá krátit výrazem  $x+1$ . Stejně rychle je schopen určit společného jmenovatele.

V linearizované formě je už obtížnější pochopit strukturu matematického výrazu. Vizuální podoba matematického výrazu, která je na následujícím obrázku, nám ale poskytuje stále ještě jakýsi přehled, který je lepší než hmatové čtení matematického zápisu v Braillově písmu.



Pokud převedeme předchozí matematický výraz do šestibodové normy, bude tvořen 45 symboly:



Nevidomý student si kvůli postupnému čtení matematického výrazu v Braillově písmu udělá přehled o jeho struktuře až poté, co si jej celý přečte. Pokud se nechce stále vracet k jeho podvýrazům, musí si jej zapamatovat (3).

### Pichtův psací stroj

Při studiu matematiky má pro nevidomé žáky a studenty velký význam Pichtův psací stroj. I když se jedná o mechanické zařízení, představuje Pichtův psací stroj výbornou pomůcku pro začátečníky (žáky základních škol). Ti se v průběhu docházky na základní školu teprve učí ovládat počítač vybavený screen-readerem, a proto nemohou využívat níže uvedené matematické aplikace.

Mnoho nevidomých studentů středních škol využívá Pichtův psací stroj, i když již běžně pracují se screen-readerem. Uvádějí, že je pro ně zápis matematických výrazů na Pichtově psacím stroji velmi přehledný. Navíc lze Pichtův psací stroj využít k tvorbě grafů.

### BlindMoose

BlindMoose je software vyvíjený ve středisku Teiresiás. Jedná se o sadu maker, která se instalují do Wordu. Pomocí BlindMoose je možné zapsat matematické výrazy v lineární podobě, grafická podoba vkládaných znaků je však blízká tradičnímu matematickému zápisu (4). Vyučující, který nezná Braillovo písmo, může díky softwaru BlindMoose sledovat postup nevidomého studenta při úpravě matematických výrazů.

Matematický zápis v BlindMoose není možné poslouchat pomocí počítačového hlasu. *Lze jej ale číst na braillském řádku. Matematické výrazy odpovídají České národní normě pro braillský zápis v šestibodu, s níž pracují nevidomí žáci na Pichtově psacím stroji. Pouze velká písmena a číslice se zobrazují osmibodově* (4).

Znaky, ze kterých se skládají matematické výrazy, je možné vkládat pomocí menu BlindMoose. Po aktivaci tzv. mrtvé klávesy paragraf lze také matematické značky vkládat pomocí klávesových zkratk (4).

Kromě těžce zrakově postižených studentů vysokých škol může BlindMoose pomoci nevidomým, kteří jsou integrováni do školy běžného typu. Nevidomí studenti se s jeho pomocí učí, jak zapisovat v Braillově písmu různé matematické značky.

### Lambda

Editor Lambda je samostatný počítačový program. Umožňuje čtení a zápis matematických výrazů. Matematika je v Lambdě zapisována v lineární podobě. Matematické výrazy jsou předčítány pomocí

počítačového hlasu a zároveň převáděny do Braillova písma pomocí braillského řádku. Mohou být také zobrazeny ve standardní 2d podobě pomocí doplňku MathPlayer (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Jak bylo uvedeno v kapitole „Problémy při práci s matematikou v Braillově písmu.“, je velmi obtížné vytvořit si představu o struktuře matematického výrazu, který je napsán v Braillově písmu. *Editor Lambda nabízí funkci, která problémy při práci s matematickým výrazem v lineární podobě do velké míry kompenzuje. Lambda umožňuje postupný průchod strukturou matematického výrazu. Jednotlivé části matematických výrazů je možné postupně rozkrývat a skrývat. Celý proces je zobrazován na braillském řádku (Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.)*.

V editoru Lambda je možné vkládat matematické výrazy různými způsoby. Lze využít aplikační menu, grafické ikony, klávesové zkratky a editační pole, které je dostupné pomocí klávesy F5.

Lambda generuje na braillský řádek (na rozdíl od BlindMoose) osmibodový výstup. Při lokalizaci Lambdy byl proto vytvořen návrh české osmibodové normy (3).

## TeX a LaTeX

TeX (čtete tech) je systém pro sazbu elektronických dokumentů. S pomocí TeXu je možné vytvořit například odbornou publikaci, jejíž součástí jsou (kromě textu) matematické výrazy, noty, grafy apod. TeXovský kód je možné napsat v Poznámkovém bloku a poté jej exportovat do mnoha formátů - například do PDF. Pro zápis TeXu se ale většinou využívají speciální textové editory, které graficky zvýrazňují jeho syntaxi. Kromě pojmu TeX se můžeme setkat s pojmem LaTeX (čtete latech). Jako LaTeX je většinou označována určitá nadstavba TeXu.

Zjednodušeně lze říci, že základní TeXovský zápis je poměrně univerzální. Někteří nevidomí studenti proto využívají pro výpočty TeX místo Braillova písma. Odborníci, kteří přednášejí na vysokých školách, TeX obvykle znají. Proto mohou sledovat výpočty nevidomého studenta. Zápis v TeXu je ale mnohem rozsáhlejší než zápis v Braillově písmu, proto je velmi obtížné se v něm s využitím počítačového hlasu či braillského řádku zorientovat.

## V Braillově písmu

Software Braille Universal Format (BUF) umožňuje vytisknout v Braillově písmu dokument, který je vytvořen ve Wordu. BUF je vyvíjen ve středisku Teiresiás na Masarykově univerzitě v Brně. Jedná se o jediný software, u kterého je propracovaná podpora sazby matematických vzorců v souladu s Českou národní normou pro braillský zápis v šestibodu. Velkou výhodou BUF je možnost tisknout tzv. soutiskem. Na papíru se tak objeví nejen bodové písmo, ale i jeho vizuální latinková reprezentace čitelná lidem bez znalosti Braillova písma (4).

Systém BUF je provázaný s editorem BlindMoose. Pokud někdo запиše matematické výrazy v BlindMoose, může je následně pomocí BUF vytisknout.

## Softwarové technologie určené primárně pro slabozraké

V kapitole 2 jsme představili nástroje pro čtení/zápis matematických výrazů nevidomými. Požadavky lidí se zbytky zraku či slabozrakých při práci s textem jsou však rozdílné, ovlivněné mírou schopnosti využívat během čtení zrakové vnímání. Následující přehled tak zahrnuje počítačové aplikace pro čtení/zápis matematické symboliky, které mohou studenti používat, je-li pro ně stále primárním smyslem zrak.

### Editor rovnic

Editor rovnic je součástí aplikace MS Word. S jeho pomocí je možné zapisovat matematické výrazy, které jsou hned automaticky zobrazovány ve standardní 2d podobě v místě textového kurzoru. Matematický text je možné vkládat pomocí strukturované nabídky. Lze také využít syntaxi, která je blízká LaTeXu.

Editor rovnic není vybaven podporou hlasového výstupu ani braillského řádku. Je ale vhodný pro slabozraké uživatele softwarových lup, kteří k jeho použití přistoupí, jelikož je pro ně standardní zápis matematických výpočtů pomocí fixy či tužky na papír již nevyhovující metodou, a to i přesto, že si mohou text zvětšit pod kamerovou lupou. Softwarová lupa totiž sleduje textový kurzor na aktuální pozici v dokumentu. Na rozdíl od kamerové lupy se tak rychle přesune tam, kde slabozraký uživatel potřebuje upravit matematický zápis.

### Chatty Infty

Jedná se o samostatný program, který umožňuje zápis a editaci matematických výrazů s využitím hlasového výstupu. Program je vhodný pro těžce slabozraké, neboť matematický text je zobrazen ve standardní

2d podobě. Editor navíc nabízí funkci vizuálního zvýraznění aktuálně čtené části či struktury matematického výrazu.

Pro zápis v Chatty Infty se využívají příkazy v TeXu. K nejčastějším matematickým strukturám (např. zlomek, odmocnina) jsou přiřazeny klávesové zkratky, které zápis matematiky zrychlují. Matematický symbol či strukturu lze také vložit pomocí kontextově členěné nabídky, která je přístupná po stisku pravého tlačítka myši nebo klávesy pro kontextové menu.

Nevidomí lidé program Chatty Infty nemohou efektivně využívat, neboť nepodporuje výstup na braillovský řádek. Chybí jim tak pohodlnější a rychlejší způsob editace matematických výrazů.

### **MathPlayer**

Jedná se o doplněk, který umožňuje čtení matematického textu v různých aplikacích. MathPlayer je podporován webovými prohlížeči Mozilla Firefox a Internet Explorer. Lze jej také využít v programech MS Word a MS PowerPoint.

MathPlayer umožňuje čtení matematického výrazu kódovaného v MathML pomocí odcítačů obrazovky NVDA a JAWS. S pomocí JAWSu lze také procházet strukturu matematického výrazu, vše je JAWSem graficky zvýrazňováno.

MathPlayer má omezenou podporu braillovského řádku. Proto jej využijí spíše slabozrací, kteří mohou matematické výrazy poslouchat a zároveň si je prohlížet ve zvětšené podobě.

### **Aret**

Aret je speciální webová aplikace, která pomáhá při studiu matematiky slabozrakým žákům. Umožňuje čtení matematických výrazů a jejich prohlížení ve zvětšené podobě. *Aplikaci Aret vyvinuli odborníci na Západočeské univerzitě v Plzni, kteří působí na Katedře kybernetiky na Fakultě aplikovaných věd. Materiály pro Aret vytvořili speciální pedagogové školského zařízení s názvem Základní škola a Mateřská škola pro zrakově postižené a vady řeči Plzeň, Lazaretní 25 (Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.).*

### **MathType a jeho využití pro nevidomé a slabozraké**

MathType je doplněk, který lze instalovat do MS Word a také do jiných aplikací. Umožňuje import a export z/do různých formátů. MathType umožňuje zapisovat matematické výrazy:

- a) pomocí příkazů LaTeXu, které se uzavřou do značek \$
- b) výběrem matematických znaků ze strukturované nabídky
- c) klávesovými zkratkami

MathType mohou efektivně využít především vyučující, kteří pro své studenty připravují matematické dokumenty. Výrazy mohou zapsat v TeXu a následně převést do 2d podoby. S pomocí MathType pak lze rychle vytvořit více verzí stejného dokumentu, které mají odlišný formát s ohledem na různé požadavky slabozrakých studentů na velikost písma či typ a řez fontu.

Dokument s matematickou symbolikou zapsanou v LaTeXu lze také převést pomocí makra do formátu, který lze otevřít v editoru BlindMoose. Tím se stane přístupným pro nevidomé uživatele.

### **Význam individuální výuky**

Při studiu humanitních oborů se nevidomí a slabozrací studenti většinou účastní výuky se svými spolužáky. V průběhu přednášky či semináře používají svůj notebook s hlasovým výstupem. Poslouchají výklad učitele a zároveň si v editoru notebooku zapisují poznámky.

Praxe ukazuje, že si studenti se zrakovým postižením nemohou pořizovat poznámky z výuky, v jejímž průběhu je vysvětlována látka z matematiky, fyziky či chemie. Bývá pravidlem, že přednášející v průběhu výuky často odkazuje na informace vizuálně zobrazené na tabuli či promítacím plátně, např. matematické výpočty či výrazy, grafy atd. Pro studenty s vážným postižením zraku je takto pojatou výuku plnohodnotně sledovat. Středisko Teiresiás a Centrum Elsa tento problém řeší tak, že zajišťují individuální výuku matematiky pro studenty se zrakovým postižením. V jejím průběhu se vybraný lektor (např. pracovník střediska či lektor z řad starších studentů, případně doktorandů) věnuje pouze studentovi (studentům) se zrakovým postižením. Mohou tak být smysluplně využívány speciální aplikace pro čtení/zápis matematiky, které byly představeny v předchozích kapitolách.

Pokud si vysoká škola či jiná vzdělávací instituce klade za cíl zprostředkovat nevidomým a těžce slabozrakým studentům přednášky či semináře matematiky, fyziky či chemie, měla by jim být schopna nabídnout možnost individuální výuky těchto předmětů, u nichž výklad nelze pochopit jen za pomoci sluchové percepce.

## Literatura

1. BUBENÍČKOVÁ, Hana at al. *Kompenzační pomůcky pro uživatele se zrakovým postižením* [online]. Brno: TyfloCentrum Brno, 2012 [cit. 2019-02-20]. ISBN 978-80-260-1538-3. Dostupné z: <http://pomucky.blindfriendly.cz>
2. Braillovské řádky. *BLIND FRIENDLY* [online]. Brno: TyfloCentrum Brno, c2000-2019, [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <http://blindfriendly.cz/braillovske-radky>
3. Úvodní strana informačního portálu. Teiresiás Středisko [online]. Brno: Masarykova univerzita, c2010-2015, 2008 [cit. 2019-02-19]. Dostupné z: <https://www.teiresias.muni.cz/czbraille8>
4. BLINDMOOSE. Středisko Teiresiás[online]. Brno: Masarykova univerzita, c2000-2015, 2016 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://www.teiresias.muni.cz/veda-a-vyzkum/vyvojove-aktivity/blindmoose>
5. Matematický editor Lambda. *Teiresiás - Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky* [online]. Brno: Masarykově univerzita v Brně, 2018, 2008 [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: <https://www.teiresias.muni.cz/czbraille8/?strana=lambda>
6. BRAILLE UNIVERSAL FORMAT. *Teiresiás Středisko pro pomoc studentům se specifickými nároky* [online]. c2000-2015: Masarykova univerzita, c2000-2015, 2017 [cit. 2019-02-19]. Dostupné z: <https://www.teiresias.muni.cz/cz/veda-a-vyzkum/vyvojove-aktivity/buf>
7. Aret. *Projects of Department of Cybernetics & NTIS P1 - Cybernetic Systems, University of West Bohemia* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017, 2012 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <http://aret.zcu.cz/redmine/projects/aret>