

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

(výtisk č. )

**NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU:**

**PŘÍPRAVA UČITELE STŘEDNÍ TECHNICKÉ ŠKOLY Z POHLEDU  
VYBRANÝCH METOD VÝUKY**

**NONDESTRUCTIVE MATERIAL TESTING:**

**PREPARATIONS OF SECONDARY TECHNICAL SCHOOL  
TEACHER FROM THE PERSPECTIVE OF SELECTED TEACHING  
METHODS**

## **STUDIJNÍ PROGRAM**

Učitelství odborných předmětů (7504R100)

## **STUDIJNÍ OBOR**

Specializace v pedagogice (B7507)

## **VEDOUCÍ PRÁCE**

Doc. Ing. David Vaněček, Ph.D.

KADEŘÁBEK

TOMÁŠ

**2017**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Kadeřábek	Jméno:	Tomáš	Osobní číslo:	304439
Fakulta/ústav:	Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)				
Zadávající katedra/ústav:	Oddělení pedagogických a psychologických studií				
Studijní program:	Specializace v pedagogice (B7507)				
Studijní obor:	Učitelství odborných předmětů (7504R100)				

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce  
Nedestruktivní zkoušení materiálu: příprava učitele střední technické školy z pohledu vybraných metod výuky

Název bakalářské práce anglicky:  
Nondestructive M. Testing: Preparations of Secondary Technical School Teacher from the Perspective of Selected Teaching Methods

Pokyny pro vypracování:  
Práce se zabývá výukou v oblasti nedestruktivního zkoušení materiálu na střední technické škole obvykle realizované v rámci předmětu Kontrola a měření.  
Teoretická část rozebírá formou analýzy dostupné literatury relevantní výukové metody, jejich třídění a porovnání s ohledem na jejich využití v teoretické části výuky tohoto předmětu.  
Praktickou částí (vlastním výstupem práce) je příprava učitele na výuku nedestruktivního zkoušení materiálů, jednotlivých defektoskopických metod, která reflektuje výše rozpoznané výukové metody.

Seznam doporučené literatury:  
Švarcová-Slabinová, Iva. Základy pedagogiky. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2008.  
Turek, Ivan. Didaktika. 2. vyd. Praha: Wolters Kluwer, 2014.  
Vališová, Alena, Kasíková, Hana a Bureš, Miroslav. Pedagogika pro učitele. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2011.  
Vaněček, David a kol. Didaktika technických odborných předmětů. 1. vydání. Praha: ČVUT v Praze, 2016.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:  
Doc. Ing. David Vaněček, Ph.D., Oddělení pedagogických a psychologických studií, MÚVS

Jméno a pracoviště konzultanta(ky) bakalářské práce:  
nebude ustanoven

Datum zadání bakalářské práce: 13. ledna 2017      Termin odevzdání bakalářské práce: 5. května 2017  
Platnost zadání bakalářské práce: 30. září 2018

 Podpis vedoucí(ho) práce       Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry       Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

KADEŘÁBEK, Tomáš. *Nedestruktivní zkoušení materiálu: příprava učitele střední technické školy z pohledu vybraných metod výuky*. Praha: ČVUT, 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.



**MASARYKŮV ÚSTAV  
VYŠŠÍCH STUDIÍ  
ČVUT V PRAZE**

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 5. května 2017

Podpis:

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Davidovi Vaněčkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

# Abstrakt

Práce se zaměřuje na problematiku teoretické části vyučování nedestruktivního zkoušení materiálů na střední průmyslové škole strojní, a to z hlediska metod výuky. Diskutuje nutnost předložit tuto oblast v širším rámci, tj. nedestruktivní zkoušení materiálu nejen jako kontrolní operace v rámci výroby, ale také poukazuje na její význam v rámci prováděných provozních kontrol na průmyslových a technologických celcích. Na základě výběru metod výuky je zpracována příprava učitele.

## Klíčová slova

technické vzdělávání, metody výuky, nedestruktivní zkoušení, plán hodiny

# Abstract

The work focuses on methods for teaching of theory of nondestructive material testing at secondary technical schools. The work discusses the necessity to present this topic in a broad context, i.e. nondestructive material testing not only as an inspection operation in the manufacturing process but also the importance of nondestructive testing during in-service inspection of industrial and technology units. The teacher preparation is based on selected teaching methods.

## Key words

technical education, teaching methods, nondestructive testing, lesson plan

# OBSAH

OBSAH .....	7
SEZNAM ZKRATEK.....	10
1 ÚVOD.....	11
2 VYMEZENÍ PRÁCE .....	12
2.1 Cíl práce.....	12
2.2 Výsledek práce.....	12
2.3 Aktuálnost tématu práce.....	12
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	13
3.1 Autorita .....	13
3.2 Motivace.....	13
3.3 Funkce vzdělávání .....	13
3.4 Pedagogické cíle a jejich taxonomie .....	14
3.5 Komplexní přístup k učivu .....	15
3.6 Pedagogická komunikace .....	15
3.7 Vyučovací hodina, vyučovací jednotka .....	16
3.8 Systém kurikulárních dokumentů .....	17
4 METODY VÝUKY .....	18
4.1 Představení metod výuky .....	18
4.2 Pojem metoda výuky.....	20
4.3 Metody výuky z pohledu studentů.....	21
4.4 Klasifikace metod výuky .....	21
4.4.1 Klasické metody výuky .....	22
4.4.2 Metody z hlediska aktivity a činnosti .....	26
4.4.3 Metody z hlediska rozvíjení myšlenkových operací .....	26
4.4.4 Metody z hlediska fází výchovně vzdělávacího procesu .....	26
4.4.5 Metody z hlediska výukových forem a prostředků .....	27
4.4.6 Metody aktivizující.....	27

4.4.7	Metody podle obsahu vzdělávání .....	30
4.5	Volba metod výuky .....	30
5	KOMPLEXNÍ METODY VÝUKY .....	32
6	FORMOVÁNÍ ETICKÉHO VĚDOMÍ UČITELE ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ .....	35
7	KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY.....	36
7.1	Rámcový vzdělávací program .....	36
7.2	Školní vzdělávací program .....	37
7.3	Vymezení rámce výuky nedestruktivních metod .....	37
8	NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ.....	38
8.1	Úvod do problematiky.....	38
8.2	Výčet zahrnutých metod .....	38
8.3	Kvalifikace pracovníků.....	39
8.4	Pojem provozních kontrol .....	40
8.5	Kvalifikace nedestruktivních metod .....	40
8.6	Radiografická zkouška a souvislosti .....	40
9	VYMEZENÍ VÝUKOVÝCH CÍLŮ .....	42
9.1	Kognitivní cíle (Bloom) .....	42
9.2	Afektivní cíle (Krathwohl) .....	42
9.3	Psychomotorické cíle (Dave).....	43
10	STRUKTURA VYUČOVACÍ HODINY .....	44
10.1	Mentální mapa .....	44
10.2	Posloupnost vyučovacích hodin.....	45
11	POUŽITÉ METODY VÝUKY .....	48
11.1	Vyprávění .....	48
11.2	Výklad .....	48
11.3	Práce ve skupinách .....	48
11.4	Řízený rozhovor .....	49
11.5	Problémová úloha.....	50
11.6	Využití názvů a textů v anglickém jazyce .....	50
11.7	Použité technické prostředky na podporu výuky.....	50
12	PODKLAD PRO EXPOZIČNÍ ČÁST.....	51
12.1	Úvod do tématu.....	51



12.2	Zkouška vizuální.....	52
12.3	Zkouška kapilární .....	53
12.4	Magnetická zkouška prášková .....	54
12.5	Zkouška vířivými proudy .....	55
12.6	Zkouška radiografická .....	55
12.7	Zkouška ultrazvuková.....	57
12.8	Zkouška měřením akustické emise .....	59
13	ZÁVĚR .....	62
14	SUMMARY .....	64
15	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	66
15.1	Literatura pedagogická .....	66
15.2	Literatura technická .....	67
15.3	Další literatura .....	68
15.4	Veřejně politické dokumenty .....	68
15.5	Výukové materiály nedestruktivních metod.....	69
15.6	Internetové zdroje .....	69
15.7	Právní předpisy .....	69
16	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	69
17	SEZNAM TABULEK.....	71
18	SEZNAM PŘÍLOH .....	71
18.1	Příloha 1 - Závěrečný test.....	72
18.2	Příloha 2 - Prezentace pro výuku .....	74

## SEZNAM ZKRATEK

AE	zkouška měřením akustické emise
ET	zkouška vířivými proudy
FEANI	Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs
LT	zkouška těsnosti
MŠMT	ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
MT	zkouška magnetickou metodou práškovou
NDT	nedestruktivní zkoušení, z anglického Nondestructive testing
PT	zkouška kapilární
RT	zkouška radiografická (prozářením)
RVP	rámcový vzdělávací program
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
ŠVP	školní vzdělávací program
UT	zkouška ultrazvuková
VT	zkouška vizuální

# 1 ÚVOD

Dnešní rychle se měnící svět ovlivňuje i pohled na obsah vzdělání. Vzdělání není cílem, ale prostředkem. Z hlediska jednotlivce jde stále méně o konkrétní kulturní obsah vzdělání, důležitá je jeho momentální upotřebitelnost jako zdroje existenčního zajištění<sup>1</sup>. Mění se i pohled na hodnoty vzdělanostního osvědčení, bez něho jsou šance na získání zaměstnání mizivé, ale na druhé straně klesá i jeho šance pracovní místo trvale zajistit<sup>2</sup>.

Výše uvedené názory jsou jen připomínkou toho, co se děje kolem nás, co ovlivňuje různé oblasti našeho života a dotýká se i oblasti středoškolského vzdělávání včetně technického.

Navíc děti a mladí lidé jsou v dnešním světě doslova obklopeni moderní technikou, často, dříve než vůbec začnou chodit, dokážou ovládat svůj tablet, ale také dochází k tomu, co se někdy označuje jako „paradox technické vzdělanosti“<sup>3</sup>, tj. že často nedospějí tak, aby si osvojili představu o tom, jak věci fungují, a jsou tak navždy odkázáni do role prostých konzumentů.

Technické obory v Evropě, a Česká republika není výjimkou, čelí odchodu zkušených technických pracovníků do důchodu, slabším populačním ročníkům a menšímu zájmu mladé generace o technické vzdělávání a dalším souvisejícím aspektům, které ohrožují úspěšné mezigenerační předávání znalostí a výchovu nových odborníků. K tomu také přispívá nijak překvapivý nedostatek pedagogických pracovníků pro technické vzdělávání. To platí i na dílčí téma technického vzdělávání na střední průmyslové škole strojní, a to problematiku nedestruktivních metod zkoušení materiálu, kterému se věnuje tato práce.

Tyto metody by měly být nedílnou součástí výroby, protože jejich použití zásadně ovlivňuje kvalitu výsledného produktu. Jejich význam však sahá mnohem dále, jsou neodmyslitelnou součástí provozních kontrol hotových výrobků a technologických celků a jejich správná a odpovídající aplikace ovlivňuje provozní spolehlivost a bezpečnost, tedy ochranu pracovníků, obyvatelstva a životního prostředí, a tím i ekonomické výsledky.

Otázkou je, jak studentům střední školy zprostředkovat tuto znalost, jaké použít metody výuky, na jaké související oblasti se zaměřit, aby se výklad nestal jen další látkou, pro kterou uplatní posloupnost: rychle se naučit, pak napsat test či udělat zkoušku a vzápětí uvolnit v mysli místo pro novou předkládanou látku...

---

<sup>1</sup> (KELLER – TVRDÝ, 2008: 65 a násl.)

<sup>2</sup> (BECK, 2011: 138)

<sup>3</sup> (PATTERSON, 2016)

## 2 VYMEZENÍ PRÁCE

Práci lze z hlediska cíle, ke kterému směřuje, výsledků, které uchopí, a aktuálnosti vymezit následujícím způsobem:

### 2.1 Cíl práce

Práce se dotýká oblasti předávání znalostí nedestruktivního zkoušení materiálu na střední průmyslové škole strojní. Zaměřuje se na způsob, jakým mají být tyto znalosti studentům předány a zabývá se nejen jejich rozsahem, ale také kontextem, tj. přesahem do souvisejících technických oblastí. Slouží k lepšímu uchopení předávaných znalostí, ale také může působit motivačně a povzbudit zájem o tuto problematiku.

### 2.2 Výsledek práce

Teoretická část rozebírá formou analýzy dostupné odborné literatury relevantní metody výuky, jejich třídění a porovnání s ohledem na jejich využití v praktické části práce. Je doplněna rozbohem souvisejících pojmů.

Praktickou částí (vlastním výstupem práce) je příprava učitele na teoretickou část výuky nedestruktivního zkoušení materiálů, jednotlivých metod zkoušení, která aplikuje vybrané metody výuky, které byly rozpoznány v teoretické části. Tato problematika je vyučována, v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro obor vzdělávání 23-41-M/01, Strojírenství, na středních průmyslových školách strojních v rámci předmětu Kontrola a měření. Přesahy do souvisejících oblastí podporují komplexní přístup k učení ve smyslu integrace různých znalostí.

Příprava učitele není určena pro konkrétní střední průmyslovou školu, ale je sestavena tak, aby vyhověla rozsahu, v jakém je obvykle předkládána, je koncipována takovou formou, aby mohla být uživatelem doplněna nebo redukována. Její využití je ale širší, může být například podkladem pro podnikové vzdělávání.

### 2.3 Aktuálnost tématu práce

Práce se týká oblasti technického vzdělávání, kterému není vždy věnována odpovídající pozornost. Navíc se v tomto rámci zaměřuje na problematiku nedestruktivního zkoušení materiálu, která bývá někdy podceňována, resp. ustupuje na úkor jiných vyučovaných technických oblastí. Její odpovídající předložení může nejen podpořit technické myšlení studentů, ale také otevřít jejich mysl a připravit je na další setkání s touto oblastí například v rámci jejich univerzitního studia, ale především v technické praxi, do které snad po studiu nastoupí.

## 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 3.1 Autorita

Autorita je obvykle pojímána v trojí rovině<sup>4</sup>:

- jako všeobecně uznávaná vážnost, vliv, úcta, moc, obdiv,
- jako obecně uznávaný odborník, vlivný činitel,
- ve smyslu úřadu (stát, věda, státní symboly, právo a zákon, policie).

Autorita učitele by tak neměla vycházet pouze z formální složky dané právními předpisy či interními pravidly školy, ale měla by být založena také v její neformální rovině, kdy je učitel studenty jako autorita přijímán díky svému vystupování, způsobu, jakým s nimi jedná a vzájemnému respektu. Učitel, který s úspěchem vládne formální autoritou podle pravidel a má určité pedagogické schopnosti, si získává žáky<sup>5</sup>.

### 3.2 Motivace

Slovo motivace vychází z latinského motus = pohyb, hnutí, nepokoj. Jedná se o psychický stav vyvolávající činnost chování či jednání a zaměřující je určitým směrem<sup>6</sup>. Z pohledu učitele se jedná o schopnost probudit zájem studentů, nadchnout je pro určitou věc – předkládanou látku - a směřovat je k jejímu osvojení a následnému používání.

Rozlišujeme motivaci vnější a vnitřní, které se vzájemně doplňují. Při *vnější motivaci* jedinec něco dělá (například student se učí) na základě vnějších podnětů. Druhým typem, považovaným za hodnotnější, je *motivace vnitřní*, při které jsou klíčové potřeby jednotlivce.

Potřebou je pociťovaný nedostatek, který orientuje organizmus na jeho odstranění. Využití vnitřní motivace ve vyučovacím procesu spočívá v tom, že učitel organizuje vyučování tak, aby uspokojovalo vyučovací potřeby žáků<sup>7</sup>. S tím souvisí hierarchické uspořádání potřeb vymezené A. H. Maslowem: biologické potřeby, potřeba bezpečí a jistoty, potřeba lásky a sounáležitosti, potřeba uznání a úcty, potřeba seberealizace.

### 3.3 Funkce vzdělávání

Vyučovací proces má plnit řadu cílů, ty jsou různými autory uváděny v podobném duchu.

---

<sup>4</sup> (VALIŠOVÁ – KASÍKOVÁ – BUREŠ, 2011: 446)

<sup>5</sup> (PETTY, 2013: 106)

<sup>6</sup> (PETRUSEK, 1996: 651, heslo „motivace“)

<sup>7</sup> (TUREK, 2014: 164 a násl.)

Například I. Turek<sup>8</sup> vymezuje 3 hlavní funkce:

- *vzdělávací* – osvojení si vědomostí,
- *výchovná* – formování mravních, pracovních, estetických, ekologických, etických a hygienických představ, postojů,
- *rozvíjející* – cílevědomý a systematický rozvoj motivace ke stále sebezdokonalení, k touze po hledání progresivního smyslu života.

Obdobně pak Semrád a Škrabal<sup>9</sup> uvádějí funkce:

- *informativní,*
- *formativní,*
- *profesionalizační,*
- *integračně syntetizující,*
- *sociálně výchovnou,*
- *kulturně výchovnou.*

### 3.4 Pedagogické cíle a jejich taxonomie

V cíli se promítá celková představa celospolečenská, představa skupin i jednotlivců o to, čeho má být dosaženo, co se očekává, co je normou, k jakým změnám je třeba přistoupit<sup>10</sup>.

Základní vymezení individuálních cílů je zakotveno ve školském zákoně<sup>11</sup> kde § 2 odst. 2 písm. a) zdůrazňuje, že student má být v procesu vzdělávání „vybaven poznávacími a sociálními způsobilostmi, mravními a duchovními hodnotami pro osobní a občanský život, výkon povolání nebo pracovní činnosti, získávání informací a učení se v průběhu celého života“.

Cíle, které se dotýkají společnosti jako celku, pak uvádí § 2 odst. 2 písm. c) školského zákona: „Pochopit a uplatňovat zásady demokracie a právního státu, základních lidských práv a svobod s odpovědností a smyslem pro sociální soudržnost.“ V § 57, který je součástí části upravující středoškolské vzdělávání, pak školský zákon dává důraz na „vědomosti, dovednosti, schopnosti, postoje a hodnoty získané v základním vzdělávání důležité pro osobní rozvoj jedince ... a vytváří předpoklady pro plnoprávný osobní a občanský život“.

Školský zákon také normativně zahrnuje základní vzdělávací cíle, mezi které řadí: *vědomosti, dovednosti, postoje*<sup>12</sup>.

Cíle jednotlivých předmětů jsou odvozeny z kurikulárních dokumentů jako je rámcový vzdělávací program a školní vzdělávací program daného oboru. Tomu jsou

---

<sup>8</sup> (TUREK, 2014: 19)

<sup>9</sup> (SEMRÁD – ŠKRABAL, 2012: 109–115)

<sup>10</sup> (VALIŠOVÁ, 2014: 135)

<sup>11</sup> zákon č. 561/2004 Sb., školský zákon

<sup>12</sup> (PRŮCHA – WALTEROVÁ – MAREŠ, 2013: 241)

pak podřízeny cíle, které si stanoví učitel, když uvažuje nad tím, čeho chce dosáhnout, ale také si stanoví způsob a prostředky k jeho dosažení.

Cíle výuky u odborných předmětů jsou výsledné, relativně stálé změny v osobnosti žáka, ke kterým se má výuka těchto předmětů na daném typu školy směřovat. Jde o žádoucí změny ve vědomí, chování a postojích žáků projevující se osvojením nových poznatků a dovedností a rozvojem žádoucím rysů osobnosti žáka<sup>13</sup>. Cíle jsou formulovány s ohledem na celou osobnost žáka, obvykle jsou rozděleny na *kognitivní*, *afektivní* a *psychomotorické*. V duchu behaviorální koncepce byly cíle formulovány tak, aby se vždy daly vyjádřit v pojmech označujících chování.

- *Bloomova*<sup>14</sup> *taxonomie výukových cílů*, pro *kognitivní* oblast, tvoří hierarchicky uspořádaná náročnost myšlenkových operací, kterou jednotlivé úkoly po studentech vyžadují: *Znalost – Porozumění – Aplikace – Analýza – Syntéza – Hodnocení*, resp. jeho upravená forma *Znalost – Porozumění – Aplikace – Analýza – Hodnocení – Tvořivost*.
- *Taxonomie výukových cílů dle Krathwohla*, pro oblast *afektivní*, zahrnuje: *Přijímání – Reagování – Oceňování hodnoty – Integraci hodnoty*, začlenění hodnoty do charakteru osobnosti.
- *Taxonomie výukových cílů dle Davea*, pro oblast *psychomotorickou*, zahrnuje *Imitaci, Manipulaci, Zpřesňování, Koordinaci, Automatizaci*.

Cíle vzdělání se dotýkají jak cílů vytyčených pro jednotlivce, tak cílů, které se dotýkají společnosti jako celku.

### 3.5 Komplexní přístup k učivu

Určitě lze souhlasit s názorem J. Valenty<sup>15</sup>, že „Je jistě užitečné vyučovat odděleně jednotlivým předmětům a uvnitř nich jednotlivým tématům. Stejně tak je ale užitečné věnovat se hledání spojnic, integraci různých typů učiva. Máme na mysli zejména integraci učiva z různých oblastí poznání (neboť životní realitu zpravidla neprožíváme ‚segmentovaně‘)“.

### 3.6 Pedagogická komunikace

Významným prostředkem pedagogické interakce je pedagogická komunikace, zaměřuje se na dosažení pedagogických cílů, probíhá v daném prostředí (rodina, škola, mimoškolní aktivity), má dané aktéry, kterými jsou rodiče, pedagogové, spolužáci, vychovatelé a vymezená pravidla. V pedagogickém procesu jsou významné obsahové prvky komunikace.

---

<sup>13</sup> (VANĚČEK, 2016: 112)

<sup>14</sup> (TUREK, 2014: 52)

<sup>15</sup> (VALIŠOVÁ – KASÍKOVÁ – BUREŠ, 2011: 276)

Podle A. Vališové<sup>16</sup> si sdělujeme:

- informace (kvalita a rozsah informace, která je limitována informační kapacitou žáka, zdravotním stavem, sociálními vztahy a podmínkami, motivací žáka k přijetí informace),
- postoje,
- emocionální vztahy (neverbální sdělení),
- žádost o potvrzení, akceptaci sebezpečí a čekáme zpětnou vazbu,
- pravidla dalšího styku.

Jak uvádí J. Skalková<sup>17</sup> „je sociální komunikace založena na společné činnosti, vzájemném působení, mezilidských vztazích. Pedagogická komunikace, komunikace v didaktice je zvláštním případem komunikace sociální“. Komunikace obecně včetně pedagogické může probíhat v rovině verbální i neverbální.

A. Vališová<sup>18</sup> zdůrazňuje, že pro efektivní pedagogickou komunikaci je třeba, aby učitel dodržoval následující principy:

- nezaměňovat dialog s monologem (respektovat právo všech vyjádřit se),
- nesnižuje osobní důstojnost druhé strany,
- dialog vyžaduje kázeň (vyžaduje rozum spíše než emoce),
- nesnažit se mít za každou cenu poslední slovo,
- neutíkat od tématu,
- tvrzení bez důkazů není argument, jde jen o naše mínění,
- respektovat druhého jako partnera,
- snažit se druhému porozumět.

### 3.7 Vyučovací hodina, vyučovací jednotka

Obvyklá délka *vyučovací hodiny* je 45 minut, jednotlivé hodiny jsou odděleny přestávkou, jako *vyučovací jednotka* se označuje nepřetržitý sled 2 a více vyučovacích hodin (s přestávkami), který se uplatňuje například pro výuku v dílnách, laboratořích nebo při exkurzi.

Vyučovací hodina není monotematická, ale je obvykle členěna na fáze<sup>19</sup>:

- *motivační* – obvykle na počátku hodiny nebo nového celku, cílem je připravit studenty na osvojení nových poznatků,
- *expoziční* – se zaměřuje na předložení nového učiva,
- *fixační* – upevňování nových znalostí, jejich procvičení, může zahrnout předložení domácího úkolu,
- *diagnostická* se zaměřuje na zjištění úrovně osvojených nových znalostí, zahrnuje zkoušení ústní či písemné.

---

<sup>16</sup> (VALIŠOVÁ – KASÍKOVÁ – BUREŠ, 2011: 229)

<sup>17</sup> (SKALKOVÁ, 2007: 170 a násl.)

<sup>18</sup> (VALIŠOVÁ – KASÍKOVÁ – BUREŠ, 2011: 230 a násl.)

<sup>19</sup> (VANĚČEK, 2016: 233)



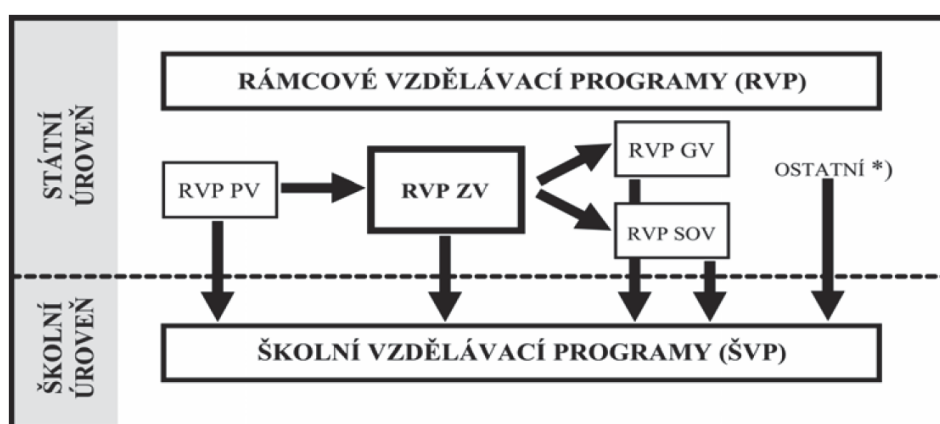
### 3.8 Systém kurikulárních dokumentů

Vrcholným strategickým dokumentem byla tzv. Bílá kniha MŠMT z roku 2001<sup>20</sup>, která byla nahrazena Strategií vzdělávací politiky České republiky do roku 2020<sup>21</sup>, schválené vládou v květnu 2014. Obsahuje 3 klíčové priority:

- snižování nerovnosti ve vzdělávání,
- podpora kvalitní výuky učitele,
- a odpovědné a efektivní řízení vzdělávacího systému.

Pod pojmem kurikulum se má obvykle na mysli dokument, který obsahuje učební plán, učební obsah, kritéria hodnocení případně i vyučovací metody. Kurikulární dokumenty se vytvářejí na dvou úrovních – státní a školní.

**Obr. 3.1** Systém kurikulárních dokumentů<sup>22</sup>



Státní úroveň je představována Rámcovým vzdělávacím programem pro předškolní vzdělávání (RVP PV), pro základní vzdělávání (RVP ZV), pro gymnaziální vzdělávání (RVP GV), pro střední odborné vzdělávání (RVP SOV).

Školní úroveň pak představuje školní vzdělávací program (ŠVP), který si připravuje každá jednotlivá škola a kde rozpracovává pro ni určený RVP.

Tvorba vzdělávacích programů vychází z následujících principů<sup>23</sup>:

- Nová strategie vzdělávání, která zdůrazňuje klíčové kompetence, jejich provázanost se vzdělávacím obsahem.
- Celoživotní učení.
- Základní vzdělávací úroveň stanovená pro všechny absolventy jednotlivých etap vzdělávání.
- Pedagogická autonomie škol a profesní odpovědnost učitelů za výsledky vzdělávání.

<sup>20</sup> Národní program rozvoje vzdělávání v České republice, MŠMT, 2001

<sup>21</sup> Strategie vzdělávací politiky [online]. MŠMT ČR. [citováno 2016-03-13]. Dostupné z <http://www.msmt.cz/ministerstvo/strategie-vzdelavaci-politiky-2020>

<sup>22</sup> (SKALKOVÁ, 2007: 146)

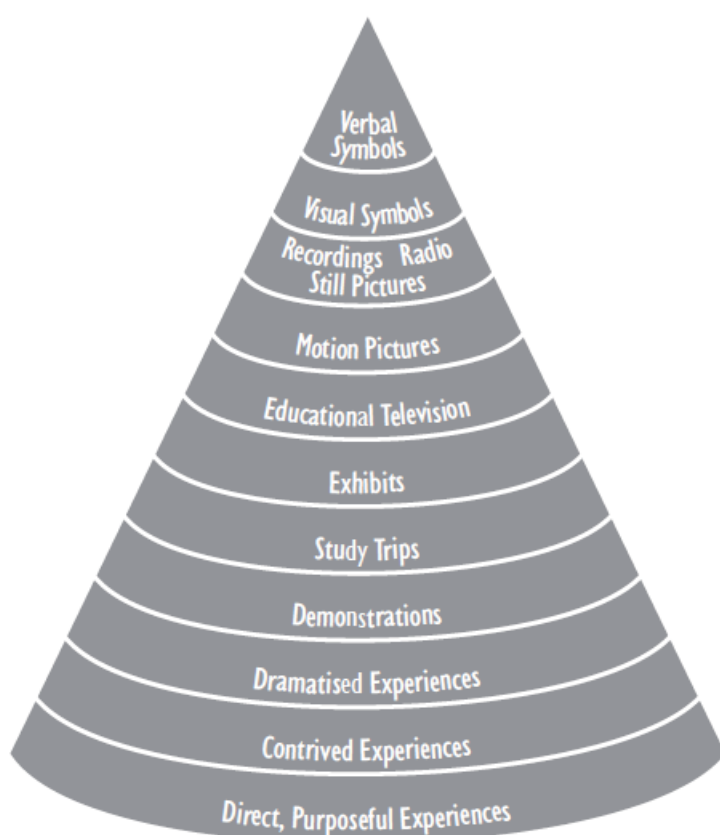
<sup>23</sup> (SKALKOVÁ, 2007: 146)

## 4 METODY VÝUKY

### 4.1 Představení metod výuky

Metody výuky patří mezi důležité kategorie obecné i oborové didaktiky. Jak začít toto téma než „klasickým“ schématem, které publikoval E. Dale, na Obr. 4.1 je v podobě jak bylo publikováno v roce 1969<sup>24</sup>, a je dalšími autory přebíráno a různě upravováno.

**Obr. 4.1** Výuková pyramida (Kužel učení, Daleův kužel učení)



Poprvé jej E. Dale představil ale už v roce 1945. Zachycuje vztah mezi zvolenou metou výuky a efektivitou, kterou přináší. Největší efektivita, představovaná základnou kužele, je spojena s reálnými zážitky a prožíváním studentů, ve směru vzhůru toto ubývá a student se stává spíše pozorovatel reality okolo sebe.

Toto zobrazení se v různých podobách, například v takové jako je na Obr. 4.2, objevuje v pedagogické literatuře.

---

<sup>24</sup> DALE, Edgar. *Audiovisual Methods in Teaching*. 3rd Edition. New York: The Dryden Press, 1969. 719 s. ISBN 0039100545, 9780039100544, str. 107.

Obr. 4.2 Výuková pyramida – jedna z možných interpretací<sup>25</sup>



Metody výuky jsou nedílnou součástí didaktického procesu, který lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$V = f(C, U, \check{Z}, S, VM, M)^{26}$$

kde

- V – výstupy výukového procesu (vědomosti, dovednosti, návyky, postoje, schopnosti),
- C – správně stanovené výukové cíle,
- U – učivo technických předmětů,
- Ž – žáci/studenti, kteří se učí příslušnému technickému (technickým) předmětu,
- S – sociální prostředí, v němž se studenti vzdělávají,
- **VM – metody práce učitele a žáka, jak se studenti učí a učitel vyučuje (zdůraznění této části výrazu vzhledem k zaměření práce),**
- M – didaktické prostředky ve výuce technických předmětů.

<sup>25</sup> zdroj obrázku: <http://slideplayer.cz/slide/2519453/> [citováno 2016-02-17]

<sup>26</sup> Melezinek, Asztalos – citováno dle (PECINA – SVOBODA, 2014: 28)

## 4.2 Pojem metoda výuky

V nejobecnějším pojetí můžeme pojem metoda chápat jako cestu k cíli, *výukovou metodu* pak jako cestu k dosažení stanoveného *výukového cíle*<sup>27</sup>. Jedná se tedy o vědomý proces, který pedagog aplikuje k dosažení výchovně vzdělávacího cíle.

Metoda výuky je systematická a uspořádaná činnost učitele, který organizuje pomocí vhodných diagnostických prostředků poznávací a praktickou činnost žáků tak, aby se záměrně došlo k osvojení obsahu vzdělání<sup>28</sup>.

Metody výuky také můžeme uchopit jak z hlediska *forem*, tak z hlediska *prostředků*. Pokud máme na mysli *průběh vyučování*, jsou metody *formou*, v níž se podává obsah vzdělávání a výchovy, máme-li na mysli *vzdělávací cíl*, potom příslušné metody slouží jako *prostředek* práce učitele se žáky za účelem jeho splnění<sup>29</sup>.

Metody výuky jsou nejenom cestou, ale<sup>30</sup>:

- mají souvislost s obsahem výuky a jeho cílů,
- jejím důležitým posláním je zřetel na žákovo osamostatnění,
- zahrnují vztah mezi učitelem a žákem, jejich úspěšnou spolupráci.

Při respektování výše uvedených souvislostí se metoda výuky stává komplexně edukačním fenoménem, který je ovlivňován konkrétními mnohohvrstevnými cíli, vysoce variabilními podmínkami, použitými organizačními formami a prostředky, ale který hlavně odráží intencionální směřování interakční vazby učitel a žák<sup>31</sup>.

Pro efektivní řízení výuky je důležité dočasně vyčlenit výukovou metodu z kontextu složitých vazeb jako relativně samostatný edukační fenomén<sup>32</sup>. Výukové metody tvoří nosnou část komunikace učitele se žáky či komunikace mezi žáky. Bez odpovídajících metod nelze splnit cíl výuky ani dosáhnout stanovených výsledků výuky<sup>33</sup>.

Prostřednictvím metod se uskutečňuje vazba cíle a obsahu pedagogického procesu s jeho výsledkem, který je dán změnami ve vědomostech, dovednostech a postojích žáků. Stupeň korelace mezi cílem a výsledky ukazuje mimo jiné i účinnost použitých metod<sup>34</sup>.

L. Višňovský a V. Kačáni dále uvádějí<sup>35</sup> vývoj názorů na pojem a funkci metod, například to, že:

---

<sup>27</sup> (KALHOUS – OBST, 2009: 307)

<sup>28</sup> (VANĚČEK, 2016: 175)

<sup>29</sup> (ČADÍLEK – LOVEČEK, 2005: 42)

<sup>30</sup> (MAŇÁK – ŠVEC: 2003, 22-23)

<sup>31</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003, 23-24)

<sup>32</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 22)

<sup>33</sup> (VANĚČEK, 2016: 152)

<sup>34</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 187)

<sup>35</sup> (VIŠŇOVSKÝ-KAČÁNI, 2000: 91-92)

- J. A. Komenský charakterizuje metodu jako druh a způsob činnosti učitele a žáka,
- V. Václavík vidí v metodě vzor, postup, návod, pravidlo, které určuje kroky v práci,
- O. Chlup pokládá metodu za cílevědomý, promyšlený způsob anebo postup, který učitel neustále využívá.

### 4.3 Metody výuky z pohledu studentů

Na jednotlivé metody výuky se můžeme dívat i z pohledu jejich oblíbenosti u studentů. Například I. Švarcová uvádí níže uvedené rozdělení.

**Obr. 4.3** Jakému způsobu výuky dávají studenti přednost (údaje jsou v procentech)<sup>36</sup>

Styl (typ) výuky	Mají rádi	Nemají rádi	Nerozhodnutí
skupinová diskuse	80	4	17
divadlo	70	9	22
výtvarné práce	67	9	26
pokusy	61	11	28
alternativní možnost volby	61	4	33
počítače	59	22	20
zkoumání pocitů (empatie)	59	11	30
čtení literatury	57	9	35
praktické nápady	52	9	37
laboratorní práce	50	11	39
studium v knihovně	50	24	36
grafy, tabulky apod.	46	15	39
ruční práce	43	17	39
zahradnické práce	43	20	37
úkoly s otevřeným koncem	43	20	37
výroba předmětů	41	11	48
samostatná práce	41	26	33
vynalézání	39	20	41
vyhledávání informací	26	30	43
práce s přístroji	24	26	46
slohové práce	13	28	54
přednášky	11	70	19

### 4.4 Klasifikace metod výuky

Někteří autoři vnímají klasifikaci metod výuky jako stále otevřený problém<sup>37</sup> a často přejímají klasifikaci provedenou J. Maňákem<sup>38</sup>. Následující text představuje obvykle

<sup>36</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 204)

<sup>37</sup> (SKALKOVÁ, 2007: 184)

<sup>38</sup> Vedle (SKALKOVÁ: 2007) např. (ŠVARCOVÁ, 2008: 187-203)

používané třídění s tím, že některé z metod, které budou aplikovány v následujících částech práce jsou rozebírány podrobněji.

#### 4.4.1 Klasické metody výuky

Níže uvedené třídění zohledňuje didaktický aspekt jednotlivých metod, jedná se o metody používané jak v minulosti, tak v přítomnosti, zahrnují *metody slovní, názorově demonstrační a (dovednostně) praktické*.

#### METODY SLOVNÍ<sup>39</sup>

Tyto metody patří stále mezi nejrozšířenější, umožňují jak učitelům, tak studentům vyjádřit své názory, popisovat skutečnosti, diskutovat, argumentovat. Zdrojem je mluvené nebo zapsané slovo.

- **MONOLOGICKÁ**

Zdrojem poznatku je vyjádření učitele, patří sem *vyprávění, vysvětlování, dokazování, přednáška, výklad, instruktáž*. Rozlišení těchto metod je možné z hlediska jejich racionality a emocionality.

Zatímco *vyprávění* neklade takové nároky na myšlení a přitažlivým způsobem předá to, co by studenti museli zjišťovat dlouhodobým pozorováním a zkoumáním. Přestože se jedná o monologickou metodu, tj. primárně jednostranné předávání informací, tak není vyloučeno dotaz ze strany studentů, žádost o upřesnění atd. Naopak, taková to reakce je pro učitele užitečnou zpětnou vazbou. Dobrý vypravěč dokáže dlouhodobě udržet pozornost, pracuje s emocemi, nenásilným způsobem zdůrazní klíčové myšlenky, které v průběhu vyprávění může zmínit i opakovaně. Vyprávění podporuje atraktivnost výuky, může sloužit jako vhodné uvolnění.

Metoda vyprávění... „přesto více než jiné slovní metody si zachovává intimnější vztah mezi vypravěčem a posluchačem a taktéž emocionální náboj společného prožívání příběhu“<sup>40</sup>.

Naopak *přednáška/výklad*, která je charakteristická pro vyšší vzdělávání, klade důraz na logicky uspořádané myšlenkové postupy. Také se vyjadřuje delším časovým projevem. Přednáška/výklad neumožňuje diferenciaci (tj. všichni postupují stejným tempem). Pro udržení pozornosti je ze strany přednášejícího nutná správná práce s hlasem, tempo řeči a používání nonverbální komunikace (gesta, mimika). Pokud je tato metoda použita na střední škole je nutné dát pozor na přiměřenou délku a vyvarovat se jednotvárnosti. Vyžaduje delší soustředění a koncentraci (vhodná pro starší žáky a studenty) a je nejnáročnější ze všech slovních metod<sup>41</sup>.

---

<sup>39</sup> (VANĚČEK, 2016: 155–162), (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 53-75), (KALHOUS – OBST, 2009: 317 a násl.), (TUREK, 2016: 246 a násl.), (ŠVARCOVÁ, 2008: 190 a násl.)

<sup>40</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 54)

<sup>41</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 191)

G. Petty<sup>42</sup> předkládá následující popis zkušeného učitele (řečníka): „... nesedí za katedrou, ale stojí těsně u studentů ... pohybuje se po třídě, sleduje zrakem celý prostor a kontaktuje žáky očima ... často značně změní výšku i sílu hlasu ... gestikuluje ... mění výraz obličeje. Pokud se studenti začnou bavit, přejde k nim, chvíli u nich postojí a tím je umlčí“.

Při **vysvětlování a dokazování** je nutné nezatížit studenty přílišnými detaily, tj. že by ze strany vyučujícího byla nad míru uplatněna jeho odbornost. Opačným extrémem by bylo přílišné zjednodušení navíc podpořené příklady, které budou probouzet více otázek než odpovědí.

- **METODY PRÁCE S TEXTOVÝM MATERIÁLEM**

Zahrnuje **práci s učebnicí, odbornou literaturou** atd. tedy zdrojem a nosičem informace je „tištěný“ materiál. Obvykle se chápe jako metoda výuky založená na zpracování textových informací, jejichž využití směřuje k osvojení nových poznatků, jejich rozšíření a prohloubení. Jak uvádí J. Skalková<sup>43</sup>, je i přes stoupající význam nových audiovizuálních didaktických prostředků práce s textem stále jedním z hlavních prostředků vzdělávání.

- **DIALOGICKÁ METODA**

Do této oblasti spadá například *rozhovor, resp. řízený rozhovor, diskuze, dramatizace, panelová diskuze, beseda, brainstorming, brainwriting, sokratovská metoda, signalizované odpovědi*. Na rozdíl od metody monologické tak zahrnuje minimálně dvě strany.

Z dialogických metod se ve školní praxi nejčastěji užívá rozhovor, dialog a metoda řízeného rozhovoru, méně často panelová diskuze a brainstorming<sup>44</sup>.

Při **rozhovoru** je vhodné postupovat dle následujících kroků, jak je uvádí I. Turek<sup>45</sup>:

1/ *Vzbudit zájem.*

Zájem studentů by měl být motivován pozitivně, upoutání opakovanými frázemi typu „dávejte pozor“ nemusí být až tak účinné.

2/ *Zadat otázky celé skupině žáků.*

Pokud by učitel postupovat opačně tj. nejprve by vyvolat konkrétního žáka a až poté položil otázku, tak by dosáhl pouze toho, že ostatní nebudou jeho projevu věnovat odpovídající pozornost. Je vhodné, pokud jsou otázky připraveny dopředu, do jednoho logického celku.

3/ *Dát čas na přemýšlení.*

---

<sup>42</sup> (PETTY, 2009: 167)

<sup>43</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 193)

<sup>44</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 191)

<sup>45</sup> (TUREK, 2016: 158)



Příliš krátký čas a tlak na bleskovou odpověď vede jen k tomu, že student odpoví první věc, která jej napadne a rezignuje na to, aby se nad problematikou zamyslel.

#### *4/ Odpověď na otázku.*

Té předchází vyvolání konkrétního studenta, jeho výběr je proveden s ohledem na jeho znalosti, měl by být prostý osobních sympatií/antipatií učitele, ani by neměli být vyvoláváni například jen nejbližší sedící studenti.

#### *4a/ Reakce na případnou chybnou odpověď.*

*Reakce vyžaduje od učitele takt, neměla by odpovídajícího dehonestovat a tím demotivovat další. Je chybou, pokud opravu provede sám učitel a nedá možnost dalším.*

#### *5/ Hodnocení odpovědi zpětná vazba.*

U otázek, na které studenti odpovídají, se obvykle nepředpokládá, že by odpovědi měli být časově náročné. Otázky mohou být často zaměřeny jen na zapamatování a hlubší porozumění. Na rozdíl od běžně chápaného významu slova rozhovor, jakožto vzájemné výměny informací, se v tomto případě jedná spíše o jednostranný rozhovor, který je citlivým způsobem usměrňován ze strany učitele s ohledem na vyučovací cíle.

Otázky mohou být různého druhu, například je lze rozdělit na otázky<sup>46</sup>:

- *Reproduktivní (uzavřené)* – reprodukce faktů, zpravidla jedna možná odpověď.
- *Aplikační* – vyžadují analýzu, porovnání, uvažování.
- *Produktivní* – široké, otevřené otázky, na které není jen jedna odpověď.
- *Hodnotící* – vyžadují úsudek, názor, hodnocení, jsou otevřené.
- *Organizační* – netýkají učiva, ale organizačních či administrativních stránek vyučování.

**Diskuze** znamená volně plynoucí konverzaci, někteří učitelé používají krátké spontánní diskuze jako přirozené rozšíření techniky kladení otázek<sup>47</sup>. Pro diskuzi a její správné vedení platí následující zásady<sup>48</sup>:

- Zapojuje studenty do procvičování kognitivních dovedností vyššího řádu (názory, postoje, hodnoty).
- Studenti reagují ochotněji, pokud jsou chváleni a neverbálně povzbuzováni (například očním kontaktem).
- Použitím diskuze učitel ukazuje, že si váží názoru studentů.
- Na závěr by měl učitel shrnout obsah diskuze, popř. jej studentům nadiktovat.

---

<sup>46</sup> (GAVORA, 2005: 82-83)

<sup>47</sup> (PETTY, 2009: 219)

<sup>48</sup> (PETTY, 2009: 226)



Diskuze je hlavně způsob výměny názorů a neměla by probíhat pouze směrem k učiteli, ale i mezi žáky. Učitel by ji měl umět moderovat, shrnuje řečené, snaží se vystihnout zajímavé momenty a nahazuje udičku k dalším reakcím<sup>49</sup>.

Další možností jsou například **signalizované odpovědi**, jde o jednoduchý způsob, jak ověřit, že studenti rozumějí, spočívá ve vyslovení výroku s tím, aby každý individuálně signalizovali souhlas či nesouhlas<sup>50</sup>.

**Sokratovská metoda** je založena na 3 postupných krocích: nastolení problému nejčastěji formou otázky, která směřuje k definování, následuje použití otázek a argumentů, kterými studenti definici zkoumají, testují, kritizují, nakonec není nutné v závěru dojít k absolutnímu řešení, či závěru nebo definitivnímu potvrzení<sup>51</sup>.

## **METODY NÁZOROVĚ DEMONSTRAČNÍ<sup>52</sup>**

Tyto metody jsou založeny především na pozorovací činnosti žáků. Působí na rozvoj paměti, rozvíjejí poznávací aktivity, spojují poznané skutečnosti s reálnou životní praxí a mohou silně působit na rozvoj emocí.

Zahrnují:

- **POZOROVÁNÍ**
- **PŘEDVÁDĚNÍ**
- **DEMONSTRAČNÍ POKUS**
- **DEMONSTRACE OBRAZOVÝCH POMŮCEK**
- **PROJEKCE STATICKÁ A DYNAMICKÁ**

## **METODY PRAKTICKÉ ČINNOSTI ŽÁKŮ<sup>53</sup>**

Cílem je osvojení si dispozic ke správnému, přesnému a pohotovému vykonávání určitých činností. V některých případech se prováděné činnosti mohou na základě mnohonásobného cvičení zautomatizovat.

- **NÁCVIK POHYBOVÝCH A PRACOVNÍCH DOVEDNOSTÍ**
- **ŽÁKOVSKÉ POKUSY**
- **ŘEŠENÍ ÚLOH**
- **PRACOVNÍ ČINNOSTI**
- **GRAFICKÉ A VÝTVARNÉ PRÁCE**

---

<sup>49</sup> (ČAPEK, 2015: 278-279)

<sup>50</sup> (ČAPEK, 2015: 278-279)

<sup>51</sup> (ČAPEK, 2015: 281-282)

<sup>52</sup> (VANĚČEK, 2016: 163–167), (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 76), (KALHOUS – OBST, 2009: 322), (VALIŠOVÁ, 2014: 205-207)

<sup>53</sup> (VANĚČEK, 2016: 168-174), (ŠVARCOVÁ, 2008: 195 a násl.), (VALIŠOVÁ, 2014: 205-207)

#### 4.4.2 Metody z hlediska aktivity a činnosti<sup>54</sup>

Toto členění vychází z psychologického aspektu a rozlišuje:

- **METODY SDĚLOVACÍ**
- **METODY SAMOSTATNÉ PRÁCE ŽÁKŮ**
- **METODY BADATELSKÉ, VÝZKUMNÉ, PROBLÉMOVÉ**

#### 4.4.3 Metody z hlediska rozvíjení myšlenkových operací<sup>55</sup>

Mezi nejdůležitější metody z hlediska aspektu logického můžeme zařadit<sup>56</sup>:

- **METODA (POSTUP) SROVNÁVACÍ**

Podstatou je hledání analogických vztahů mezi různými objekty, jevy a procesy.

- **METODA (POSTUP) INDUKTIVNÍ**

Indukce vychází z latinského inductio = přenesení, zahrnuje myšlenkový postup, kdy se postupuje od zvláštního, speciálního k obecnému závěru. Takto získaný závěr ale není spolehlivý, protože pravdivost premis neznamena pravdivost závěru.

- **METODA (POSTUP) DEDUKTIVNÍ**

Vychází ze všeobecného principu či zákonitosti, ze kterého pak odvozuje jednotlivé konkrétní případy.

- **METODA (POSTUP) ANALYTICKO-SYNTETICKÝ**

Celk se rozdělí na části, kdy toto rozdělení umožní studovat podstatné vztahy, které se pak zahrnou do všeobecného pojmu, principu nebo metody atd.

#### 4.4.4 Metody z hlediska fází výchovně vzdělávacího procesu

Toto třídění se zaměřuje na hledisko procesuálního aspektu a rozlišuje:

- **METODY MOTIVAČNÍ**

Obvykle se motivační fáze zahrnuje na začátku hodiny, ale možná je i v jejích průběhu, cílem je připravit studenty na látku, která bude následovat, ale zejména v nich probudit zájem o probírané například tím, že si uvědomí, v čem je její přínos a s tímto závěrem se osobně ztotožní.

- **METODY EXPOZIČNÍ**

Tyto metody směřují k seznámení studentů s novým učivem.

- **METODY FIXAČNÍ**

---

<sup>54</sup> (KALHOUST – OBST, 2009: 314)

<sup>55</sup> (KALHOUST – OBST, 2009: 314), (VANĚČEK, 2016: 199 a násl.)

<sup>56</sup> (TUREK, 2014: 247), (VANĚČEK, 2016: 198 a násl.)

Směřují k uchopení a zafixování nově nabytých znalostí, na procvičení úkolů vztahujících se k nově nabytým znalostem.

- **METODY DIAGNOSTICKÉ**

Směřují ke zjištění míry osvojení si nově získaných znalostí, zahrnují zkoušení jak v ústní, tak písemné podobě.

Můžeme rozlišit *klasické diagnostické metody zjišťovací* (jako je ústní a písemná zkouška, didaktické testy) a *hodnotící* (hodnotí se úroveň přečtení textu, písemný projev, plynulost ústního projevu) a *výzkumné diagnostické metody*<sup>57</sup>.

- **METODY APLIKAČNÍ**

#### 4.4.5 Metody z hlediska výukových forem a prostředků

Třídění zohledňuje aspekt organizační a rozlišuje:

- **KOMBINACE METOD S VYUČOVACÍMI FORMAMI**
- **KOMBINACE METOD S VYUČOVACÍMI POMŮCKAMI**

#### 4.4.6 Metody aktivizující

Aktivizující metody zohledňují aspekt interaktivní a vymezují se jako postupy, které vedou výuku tak, aby se výchovně – vzdělávacích cílů dosahovalo hlavně na základě vlastní učební práce žáků, přičemž důraz se klade na myšlení a řešení problémů<sup>58</sup>.

Patří sem:

- **DISKUZNÍ METODY**

Navazuje na rozhovor, ale na rozdíl od něho jde o takovou formu komunikace mezi učitelem a žáky, při níž si vzájemně vyměňují názory na dané téma, na základě svých znalostí pro svá tvrzení uvádějí argumenty, a tím společně nacházejí řešení daného problému<sup>59</sup>. Diskuze se může uplatnit během přednášky/výkladu, na základě provedeného referátu, v malých skupinách, jako panelová diskuze atd.

Tato metoda u studentů rozvíjí schopnost aktivního a pohotového myšlení a zároveň podporuje i jejich schopnost vyjadřování, učí se reagovat na protikladné postoje, se kterými nesouhlasí, a naopak dostávají zpětnou vazbu na své názory.

- **HEURISTICKÉ METODY**

Název vychází z řeckého slova heuréka = našel jsem. Studenti se aktivně účastní na objasňování nových poznatků i metod práce. Neřeší ale samostatně celé úlohy, jen jejich části.

---

<sup>57</sup> (VIŠŇOVSKÝ – KAČÁNI, 2000: 93)

<sup>58</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 105)

<sup>59</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 108)

Heuristická metoda se uskutečňuje různými způsoby, například jako heuristický rozhovor nebo heuristický pokus. Při heuristickém rozhovoru vede učitel studenty vhodně volenými otázkami, které na sebe navazují k přemýšlení tak, aby dospívali k novým poznatkům. Jejich dosavadní znalosti jsou tak vhodně kombinovány a stavěny do nových souvislostí. Další možností uplatnění může být heuristický pokus, kdy studenti napodobují činnost experimentálního vědce<sup>60</sup>.

Tato metoda povyšuje úroveň osvojení dle Bloomovy taxonomie do roviny aplikace, jejímž charakteristickým psychickým procesem je řešení různých typů problémových úloh<sup>61</sup>.

Za nejefektivnější a nejpropracovanější heuristickou metodu je považována metoda **řešení problémů, problémová výuka**. Její ústřední kategorií je „problém“ jehož vymezení a pojetí určuje též jeho metodické ztvárnění<sup>62</sup>. Studentům je učivo předkládáno tak, aby mohli aktivním zkoumáním sami odkrývat souvislosti, vztahy, nacházeli řešení nebo se učili ze svých chyb<sup>63</sup>.

- **METODY ROZVÍJEJÍCÍ KRITICKÉ MYŠLENÍ**

Učitel, který trvá na přesnosti a rozumové kontrole všech postupů a metod, a který vše, čemu se studenti učí, ponechává neomezenému ověřování a kontrole, ve svých studentech vytváří tuto metodu přístupu ke skutečnosti jako dovednost i jako návyk<sup>64</sup>.

Kritické myšlení má dvě složky, jednak soubor dovedností umožňující rozlišit, vnímat a zpracovávat informace, tj. nejde o pouhý sběr informací, jednak zahrnuje stupeň jistoty se kterým nějaké tvrzení přijímáme, nebo odmítáme. Kritické myšlení vychází z koncepce konstruktivistické psychologie a pedagogiky, podle níž člověk při učení nepřebírá hotové poznatky, ale konstruuje je na základě svých dřívějších zkušeností a dříve osvojených znalostí<sup>65</sup>.

- **SITUAČNÍ METODY**

Podstatou je řešení problémových případů, které odrážejí nějakou reálnou událost, zobrazuje určitý komplex vztahů a okolností, je výrazem střetu různých zájmů<sup>66</sup>.

Je potřebné si uvědomit, že proces rozhodování není jen věcí nácviku a dovednosti, ale odrážejí se v něm mnohé vlivy a okolnosti, osobní povahové rysy, množství informací, způsob myšlení, rutina nebo úplná novost situace, tréma, stres atd.<sup>67</sup>

---

<sup>60</sup> (VANĚČEK, 2016: 191)

<sup>61</sup> (KALHOUS, 2009: 311)

<sup>62</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 114)

<sup>63</sup> (ČAPEK, 2015: 356-357)

<sup>64</sup> (SKALKOVÁ, 2008: 198)

<sup>65</sup> (MAŇÁK, ŠVEC, 2003: 159)

<sup>66</sup> (MAŇÁK, ŠVEC, 2003: 119)

<sup>67</sup> (KALHOUS, 2009: 325)

Řešení pak probíhá v následujících fázích<sup>68</sup>:

- 1/ Volba tématu, který je v souladu s cíli výuky a připraveností studentů.
- 2/ Seznámení s materiály, jedná se o nezbytná fakta, která jsou pro řešení nezbytná, část si mohou studenti opatřit sami.
- 3/ Vlastní studium případu, kdy učitel studenty uvede do problematiky, vytyčí cíle, poskytne rady.
- 4/ Návrhy řešení situace.

- **INSCENAČNÍ METODY (METODY HRANÍ ROLÍ)**

Inscenační metody jsou někdy označeny i jako dramatická výchova, hraní rolí, interakční hry atd. Sestávají ze simulace nějaké události, kdy se kombinuje hraní rolí a řešení problému.

Inscenační metody reagují na nedostatek situačních metod, kterým je jejich staticnost, kdy se popsaná situace nebo případ nemění i když se v diskuzi ukáže potřeba tyto měnit či transformovat<sup>69</sup>.

Tato metoda může mít řadu podob, jako je:

- 1/ *strukturovaná inscenace* (účastníci znají jen popis výchozí situace a aktéři navíc rámcovou charakteristiku role),
- 2/ *nestrukturovaná inscenace* (účastníci i aktéři znají pouze popis výchozí situace a inscenace se rozvíjí podle individuální strategie aktérů),
- 3/ *mnohostranná inscenace* (všichni účastníci jsou aktivními aktéry)<sup>70</sup>.

- **DIDAKTICKÉ HRY**

Prostřednictvím herních situací se dají se studenty řešit i složité úlohy, protože hra sama se stává silným motivačním činitelem, který mobilizuje jejich kognitivní potenciál, zejména při soutěžních hrách<sup>71</sup>.

- **METODA VÝZKUMNÁ (včetně PROJEKTOVÉ METODY)**

Zahrnuje metody, kdy studenti získávají zkušenosti na základě tvůrčí činnosti. Jak uvádí D. Vaněček<sup>72</sup>, je metoda je podmíněna těmito funkcemi:

- 1/ *Formuje rysy tvůrčí činnosti, žák dominuje, hraje hlavní roli.*
- 2/ *Organizuje tvůrčí osvojování poznatků.*
- 3/ *Zajišťuje osvojení metod vědeckého poznávání.*

---

<sup>68</sup> zpracováno dle (MAŇÁK, ŠVEC, 2003: 119-120) a upraveno

<sup>69</sup> (TUREK, 2014: 272-273)

<sup>70</sup> (KALHOUS, 2009: 325)

<sup>71</sup> (KALHOUS, 2009: 323-324)

<sup>72</sup> (VANĚČEK, 2016: 196)

#### *4/ Formuje zájmy a potřeby tvůrčí činnosti.*

Pod tuto metodu se přiřazuje také **projektová metoda**, která se uplatní jako práce týmu při řešení relativně rozsáhlého úkolu. Projekt lze vymezit jako komplexní praktickou úlohu (problém, téma) spojenou se životní realitou, kterou je nutné řešit teoretickou i praktickou činností, která vede k vytvoření adekvátního produktu<sup>73</sup>.

Projekt má obvykle následující průběh řešení<sup>74</sup>:

*1/ Stanovení cíle.*

*2/ Vytvoření plánu řešení.*

*3/ Realizace plánu.*

*4/ Vyhodnocení.*

#### **4.4.7 Metody podle obsahu vzdělávání**

- **METODA INFORMAČNĚ RECEPTIVNÍ** – učitel formou výkladu (souvislého nebo přerušovaného otázkami) předává odpovídající poznání, vysvětluje odpovídající souvislosti, což zahrnuje i poslech nahrávek nebo sledování videa. Učitel tedy studentům oznamuje informace v hotové podobě a ti tyto informace přijímají. Pomocí této metody se poznatky osvojují jen na úrovni zapamatování, případně porozumění. Metoda se realizuje v podobě monologu pedagoga – výkladem, přednáškou, metodami práce s textem atd.
- **METODA REPRODUKTIVNÍ**, při které učitel předkládá studentům cvičení k procvičení znalosti získané metodou informačně receptivní. Je vhodná na upevnění vědomostí, formování zručnosti a návyků podle vzoru, na rozvíjení paměti a reproduktivního myšlení. Při této metodě si studenti osvojují učivo na úrovni zapamatování a porozumění, ale typickou úroveň osvojení učiva je specifický transfer – používání, aplikace vědomostí v typických podmínkách, tj. ve stejných nebo podobných tém, v jakých byly získány, řešení typických školních úloh: studenti dokáží aplikovat vědomosti podle předloženého vzoru, řešit podobné úlohy<sup>75</sup>.
- **METODA PROBLÉMOVÉHO VÝKLADU** – viz výše.
- **METODA HEURISTICKÁ** – viz výše.
- **METODA VÝZKUMNÁ (ČÁSTEČNĚ BADATELSKÁ)** - viz výše.

#### **4.5 Volba metod výuky**

Sebedetailnější a sebesofistikovanější přehled výukových metod ještě neznamená, že k danému účelu budou vybírány ty nejvhodnější a nejefektivnější. Pestrá nabídka

---

<sup>73</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 168)

<sup>74</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 169)

<sup>75</sup> (TUREK, 2014: 251)

výukových metod nutně vede k jejich výběru pro aktuální cíle, který ovšem nemůže být prováděn z hlediska libovůle, ale musí vycházet z logiky věci a objektivních kritérií, k nim patří zejména cíl a obsah výuky a také žák<sup>76</sup>.

Tato kritéria mohou být nastolena například z těchto hledisek<sup>77</sup>:

1/ *Zákonitost výukového procesu.*

2/ *Cíle a úkoly výuky, vztahující se zejména k práci, interakci, jazyku.*

3/ *Obsah a metody daného oboru zprostředkovaného konkrétním vyučovacím předmětem.*

4/ *Úroveň fyzického a psychického rozvoje žáků, jejich připravenost zvládat požadavky učení.*

5/ *Zvláštnosti třídy, skupiny žáků, různá etnika, formální a neformální vztahy.*

6/ *Vnější podmínky výchovně-vzdělávací práce, například geografické prostředí, společenské prostředí, hluchost okolí, technické vybavení školy.*

7/ *Osobnost učitele, jeho odborná a metodická vybavenost, zkušenosti, pedagogické mistrovství atd.*

Další podstatné skutečnosti rozhodující o výběru konkrétní metody na základě formulace cíle je<sup>78</sup>:

- vztah metody a organizační formy,
- pro aktivizující metody to je také formulace otázky a učební úlohy,
- využití materiálových prostředků,
- optimální poměr reproduktivních a produktivních metod s ohledem na cíl a učivo,
- úvaha nad výchovnými a vzdělávacími efekty metod,
- vědomí, že v užití metody se v konkrétní učební situaci koncentruje jednota cílů, učiva, organizační formy, materiálních prostředků a činnosti žáka a učitele.

---

<sup>76</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 50)

<sup>77</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 50)

<sup>78</sup> (VALIŠOVÁ, 2014: 196)

## 5 KOMPLEXNÍ METODY VÝUKY

*Komplexní výukové metody* dále rozšiřují prostor výukových metod o prvky organizačních forem, didaktických prostředků a mnohem více než předchozí skupiny metod reflektují též celkové cíle výchovy a vzdělávání<sup>79</sup>.

Takto pojaté rozlišení na druhou stranu znamená, že jsou zde zahrnuty i výukové metody, které někteří autoři uvádějí v jiných souvislostech a spíše podřazují pod organizační formy vyučování<sup>80</sup>, například brainstorming jako jedna z dialogických metod, kritické myšlení jako příklad aktivizující metody atd.

Ve srovnání s „tradičními“ metodami výuky se jedná o složitější formy, které předpokládají různou, ale vždy ucelenou kombinaci a propojení několika základních prvků didaktického systému, jako jsou metody, organizační formy výuky, didaktické prostředky nebo životní situace<sup>81</sup>. Do tohoto výčtu jde zařadit různé výukové metody, tato volba ale není jednoznačná, například J. Maňák a V. Švec rozlišují níže uvedené<sup>82</sup>:

- **FRONTÁLNÍ VÝUKA**

Jako frontální výuka je označována práce žáků ve třídě s dominantním postavením učitele, který řídí, usměrňuje a kontroluje veškeré aktivity žáků, výuka se orientuje především na kognitivní procesy, hlavním cílem je, aby si studenti osvojili maximální rozsah poznatků<sup>83</sup>.

Úspěšnost této formy závisí především na osobnosti učitele a jeho schopnosti udržet studenty v aktivitě. Výhodou je, že látka je zprostředkována všem žákům současně, což může být ale na druhé straně i nevýhodou, protože není často možné brát takový ohled na individuální potřeby jednotlivců.

Od učitele se vyžaduje vysoká míra koncentrace, úsilí a pedagogické dovednosti. Aktivita žáků je soustředěna spíše na vnímání, než na aktivní činnost<sup>84</sup>.

- **SKUPINOVÁ A KOOPERATIVNÍ VÝUKA**

V rámci tohoto vyučování nepracuje student samostatně, ale je součástí skupiny (obvykle čtyř až sedmičlenné). Skupiny mohou být homogenní či heterogenní (vzhledem k věku, schopnostem, pohlaví atd.), stabilní či ad hoc ustanovené. Toto uspořádání posiluje zapojení všech studentů a jejich odpovědnost za společný

---

<sup>79</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 131)

<sup>80</sup> (VANĚČEK, 2016: 228 a násl.), (VALIŠOVÁ, 2014: 173 a násl.), (SKALKOVÁ, 2008: 166 a násl.), (KALHOUST-OBST, 2009: 293 a násl.)

<sup>81</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 131)

<sup>82</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 131)

<sup>83</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 133)

<sup>84</sup> (VANĚČEK, 2016: 232)



výsledek. Čím je skupina menší tím více činností provádí, bude obsahovat méně pasivních členů a bude se rychleji rozhodovat, na druhou stranu větší skupina má složitější způsob rozhodování a přijímání závěrů, ale vede k menšímu počtu skupin, tedy je snadnější pro učitele všechny obcházet a věnovat jim pozornost<sup>85</sup>.

Práce ve skupinách je aktivní. Umožňuje žákům, aby si procvičovali metody, pravidla a slovní zásobu, jimž se učí. Nesmělí žáci, kteří mají problém předstoupit před celou třídou se snadněji nechají motivovat k aktivitě ve skupině<sup>86</sup>.

Skupinová forma se vyznačuje spoluprací žáků při řešení obvykle náročnější úlohy, dělbu práce studentů při řešení úlohy, problému, sdílením názorů, zkušeností, je prosociální, tj. podporuje vzájemnou pomoc členů skupiny, posiluje odpovědnost za společný výsledek práce<sup>87</sup>. Je vhodná pro úlohu, které dělbu práce umožňují, pro složité úlohy a pro úlohy, které mají divergentní řešení<sup>88</sup>.

Tvorbu a složení skupin mohou ovlivnit další činitelé<sup>89</sup>:

- pedagogický záměr,
- časová náročnost,
- technologická nezbytnost.

Způsob, jakým je skupina sestavena může mít zásadní vliv, může se uplatnit hledisko<sup>90</sup>:

- náhody (nejméně pracné, ale v podstatě rezignující, seskupuje žáky jak sedí vedle sebe nebo použije losování),
- výkonu (například zda skupina bude obsahovat studenty různé či stejné výkonnosti,
- zájmu o zvolený úkol (vytvoření homogenní skupiny s vysokou motivací),
- přátelských vztahů (uplatňuje se zejména při dlouhodobějším fungování skupin s akcentem na kooperaci).

- **PARTNERSKÁ VÝUKA**

Při partnerské výuce jsou studenti rozděleny do dvoučlenných skupin – dyadických jednotek. Práce ve dvojicích se v tradičně, direktivně orientované frontální výuce využívá jen zřídka, ačkoliv jde o metodu, která nevyžaduje žádná náročná opatření ani dovednosti, ani nezatěžuje výuky zbytečnými prostoji, kdy by se studenti museli složitě přeskupovat. Podstatou je tedy spolupráce dvou studentů, nejčastěji z jedné lavice.

---

<sup>85</sup> (PETTY, 2009: 239)

<sup>86</sup> (PETTY, 2009: 228 a násl.)

<sup>87</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 138)

<sup>88</sup> (TUREK, 2014: 307)

<sup>89</sup> (VANĚČEK, 2016:231)

<sup>90</sup> (ŠVARCOVÁ, 2008: 174)

- **INDIVIDUÁLNÍ A INDIVIDUALIZOVANÁ VÝUKA, SAMOSTATNÁ PRÁCE ŽÁKŮ**

Je reakcí na to, že frontální výuka respektuje individuální potřeby jen ve velmi omezeném rozsahu. Samostatnou práci studentů chápeme jako takovou učební aktivitu, při níž studenti získávají poznatky vlastním úsilím, relativně nezávisle na cizí pomoci a vnějším vedením, a to zejména řešením problémů<sup>91</sup>.

Podle obsahu samostatné práce v rámci individuální formy student<sup>92</sup>:

- reprodukuje osvojené učivo nebo mechanickou práci podle naučeného vztahu,
- používá metodu analogie s postupy řešení, které si osvojil ve vyučovací hodině,
- uplatňuje tvůrčí přístup při aplikování získaných poznatků.

- **KRITICKÉ MYŠLENÍ**

Viz aktivizující metody v předchozí kapitole.

- **BRAINSTORMING**

Viz dialogické metody v předchozí kapitole.

- **PROJEKTOVÁ VÝUKA**

Viz aktivizující metody v předchozí kapitole.

- **E-LEARNING**

Jde o velice široký a zatím neustálený pojem, *e-learning v širším smyslu* se používá pro jakoukoliv výuku prováděnou pomocí moderních výpočetních prostředků, *e-learning v užším smyslu* je chápán zejména jako vzdělávání realizované prostřednictvím počítačových sítí (zejména internetu) a je zároveň vedeno tutorem (tj. nejedná se o samostudium)<sup>93</sup>.

- **VÝUKA PODPOROVANÁ POČÍTAČEM**

- **TELEVIZNÍ VÝUKA**

Obě dvě výše zmíněné metody obecně připomínají možnost využití jak televizního média (například školní vzdělávací film, který je spíše připomínkou dob minulých, kdy se třída místo vyučování účastnila takového vysílání), tak počítače (internet, výukový program apod.) pro potřeby výchovně vzdělávacího procesu.

---

<sup>91</sup> (MAŇÁK – ŠVEC, 2003: 153–154)

<sup>92</sup> (VANĚČEK, 2016: 230)

<sup>93</sup> (VANĚČEK, 2011: 29-30)

## 6 FORMOVÁNÍ ETICKÉHO VĚDOMÍ UČITELE ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

Podle etického kodexu FEANI<sup>94</sup> jsou zavázáni všichni inženýři zapsaní v registru EUR ING dodržovat následující principy<sup>95</sup>:

- mít na paměti význam vědy a techniky pro lidstvo,
- být si vědomi své společenské odpovědnosti při výkonu inženýrské profese,
- vykonávat své povolání v souladu s pravidly dobrých mravů a slušného chování a respektovat profesní práva a důstojnost všech, s nimiž spolupracují,
- řídit se etickým kodexem FEANI a dodržovat všechny závazky v něm obsažené.

Jak připomíná D. Dobrovská<sup>96</sup>, tak z kodexu FEANI vyplývá, „že požadavky na evropského inženýra nejsou omezeny na pouhý výkon jejich technické profese, ale že se od nich očekává i schopnost integrovat do technické činnosti i dimenze mimo technické.“

Tento kodex hovoří o etice osobnosti, profesionální etice a společenské odpovědnosti. Například hovoří o správném chápání technických řešení s ohledem na veřejný zájem, o odpovědnosti k přírodě, životnímu prostředí, bezpečnosti a zdraví.

Toto pojetí by měl mít vyučující, který je obvykle sám o sobě technikem, na mysli, ostatně plyne i z příslušných kurikulárních dokumentů, ale také by si měl být vědom toho, že technický pohled, který je pro učitele odborných technických předmětů primární může vést k určitému zkreslení, které by nevědomky přenášel na studenty.

Na jistý limit v odlišném chápání a vnímání techniků na jedné straně a humanitně vzdělaných pedagogů (tedy trochu odlišný příklad, než je diskutován výše, kdy má technik zprostředkovávat i jiné, než ryze technické informace a znalosti), kteří je vyučují oboru své specializace upozorňuje D. Dobrovská<sup>97</sup> následovně: „Slyšené je automaticky vnímáno jako osvojené a dosahování dalších rovin a stupňů poznání humanitních předmětů jako nadbytečné. Technik si často za celý kurz neuvědomí, že pojmosloví humanitních předmětů může být sémanticky posunuto a že vztahy mezi pojmy nemohou být znormovány tak, jak tomu je v technických vědách“.

---

<sup>94</sup> Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingenieurs

<sup>95</sup> viz <http://www.feani.cz/index.php/eticky-kodex> [citováno 2016-03-17]

<sup>96</sup> (DOBROVSKÁ, 2004: 117)

<sup>97</sup> (DOBROVSKÁ, 2004: 119)

# 7 KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY

## 7.1 Rámcový vzdělávací program

Cíle vzdělávání jsou, v souladu s § 4 školského zákona, rozpracovány do rámcových vzdělávacích programů, takových jako je například Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělávání 23-41-M/01, Strojírenství, který souvisí se zaměřením této práce.

S rámcovým vzdělávacím program souvisejí i kompetence, jejich získání a udržování není neměnné. Uvádí se tzv. poločas profesní kompetence, během něhož dochází k silnému opotřebení znalostí a zkušeností u jednotlivých povolání, se pohybuje od 3 do 20 let<sup>98</sup>. Pokud hovoříme o proměnlivosti vnějšího prostředí, tak se to jistě týká technických profesí a vzhledem k výše uvedenému časovému rozpětí se budeme spíše pohybovat na dolní časové hranici.

Rámcový vzdělávací program<sup>99</sup> uvádí klíčové a odborné kompetence, kterým přiřazuje následující obsah:

- *Klíčové kompetence*, mezi které řadí: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, komunikativní kompetence, personální a sociální kompetence, občanské kompetence a kulturní povědomí, kompetence k pracovnímu uplatnění a podnikatelským aktivitám, matematické kompetence, kompetence využívat prostředky informačních a komunikačních technologií a pracovat s informacemi.
- *Odborné kompetence*: navrhovat a konstruovat strojní součásti..., navrhovat způsoby, technická zařízení, nářadí, nástroje... a technologické podmínky k přeměně surovin, předvýrobků a polotovarů na strojírenské výrobky, navrhovat systémy péče o technický stav strojů a zařízení..., měřit základní technické veličiny, využívat prostředky informačních a komunikačních technologií..., dbát na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, usilovat o nejvyšší kvalitu..., jednat ekonomicky a v souladu se strategií udržitelného rozvoje.
- I. Turek ve výčtu kompetencí uvádí speciální druh, a to *kompetence v technice*<sup>100</sup>, které charakterizuje jako „uplatnění vědomostí a metodiky jako odpovědi na vnímané lidské touhy a potřeby..., zahrnují porozumění změnám způsobených lidskou činností a zodpovědnost občana jako jednotlivce“.

---

<sup>98</sup> (PETRUSEK, 1996: 818, heslo „potřeby vzdělávací“)

<sup>99</sup> Rámcovým vzdělávacím programem pro obor vzdělávání 23-41-M/01, Strojírenství. Str. 7 a násl.

<sup>100</sup> (TUREK, 2014: 210)

## 7.2 Školní vzdělávací program

Rámcovému vzdělávacímu programu, který má celostátní působnost, jsou podřízeny školní vzdělávací programy, které si školy přijímají samostatně s respektováním vymezení daných RVP. Tyto ŠVZ také zahrnují předmět Kontrola a měření, jehož součástí je také výuka metod NDT.

## 7.3 Vymezení rámce výuky nedestruktivních metod

Protože příprava učitele na výuku metod NDT, která je předmětem této práce, není určena pro konkrétní střední průmyslovou školu strojní, ale obecně, tak je nutné definovat její obvyklý rámec, v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro obor zdělávání 23-41-M/01, Strojírenství, ve kterém je vyučována.

Za tímto účelem byly formou dotazníku osloveny střední průmyslové školy strojní, výběr byl náhodný, vycházel z prvních deseti výsledků vyhledávače Google na zadaný dotaz "*kontrola a měření*" and "*23-41-M/01*"<sup>101</sup>. Mailem byly zaslány dotazy na prvních 10 takto nalezených škol, návratnost nebyla vysoká – 6 odpovědí –, nicméně umožnila potřebný rámec stanovit. Cílem dotazování bylo ověření toho, v jakém rozsahu výuka předmětu probíhá, kolik hodin je věnováno přímo metodám NDT, jaké metody NDT jsou vyučovány a zda je výuka doprovázena praktickým nácvikem.

Typický rozsah a obsah tohoto předmětu, zjištěný na základě výše zmíněného průzkumu, je následující:

- Předmět Kontrola a měření se vyučuje ve třetím a čtvrtém ročníku, v rozsahu 2 hodin týdně. Téma metod NDT je jedním z mnoha vyučovaných, obvykle mu je věnováno okolo 6 hodin (ale jsou zde velké rozdíly, na jedné z dotázaných škol není vyučováno, na jiné naopak v rozsahu 12 hodin).
- Nejčastěji jsou zastoupeny zkoušky kapilární, magnetické, ultrazvukové a radiografické (viz výčet provedený v následující kapitole), naopak na žádné z dotazovaných škol to nebyla metoda akustické emise<sup>102</sup>. Výuka je převážně teoretická, praktický nácvik je značně omezen, což je vzhledem k rozsahu výuky pochopitelné, navíc je to i otázka odpovídajícího technického vybavení, které nepatří mezi nejlevnější (jedna škola to řeší spoluprací se strojírenským podnikem, který ve městě sídlí).
- Praktická část se obvykle omezuje maximálně na vyhodnocování radiogramu nebo předvedení zkoušky ultrazvukem nebo na demonstraci kapilární zkoušky.

---

<sup>101</sup> Jedná se o číslo Rámcového vzdělávacího programu pro obor vzdělávání 23-41-M/01, Strojírenství

<sup>102</sup> Absence výuky akustické emise není nijak překvapivá, protože tato metoda žel není v ČR příliš rozšířená a řada učebnic zabývajících se metodami NDT ji často zmiňuje, pokud vůbec, jen okrajově.

# 8 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

## 8.1 Úvod do problematiky

V České republice působí v této oblasti řada vědeckých pracovišť, specializovaných firem a také u řady výrobců a provozovatelů mají tyto metody odpovídající postavení. Významným omezením dalšího rozvoje je skutečnost, že rozsah výuky těchto metod jak na středních, ale i vysokých školách, není příliš veliký, často jde spíše o okrajovou informaci, a tedy omezené znalosti, které si absolventi odnášejí. Hlavní brzdou současnosti se tak stává nedostatek odborníků, který je ovlivněn i tím, že výchova specialisty v oblasti metod NDT je dlouholetá záležitost<sup>103</sup> a dále nedochází k odpovídajícímu mezigeneračnímu předávání znalostí.

V této kapitole budou vedle výčtu metod NDT rozebrány i některé další oblasti, které by měli být v průběhu výkladu zmíněny. Tento přesah do souvisejících technických oblastí (provozní kontroly, jejich kvalifikace, kvalifikace pracovníků nebo pojmy související s radiografií, zejména s jejím bezpečným zajištěním), slouží jednak k jejich lepšímu uchopení a pochopení látky, ale může také působit motivačně a povzbudit zájem o tuto problematiku. Dále může posílit jednu ze složek autority učitele, protože přispěje k tomu, že její studenti budou vnímat jako odborníka v dané oblasti.

## 8.2 Výčet zahrnutých metod

Pokud hovoříme o metodách NDT je vhodné zahájit jejich výčtem, který je obsažen v této práci a uspořádán v Tab. 8.1. Posloupnost zde uvedených metod odpovídá tomu, jak je o nich uvažováno v dalších kapitolách, resp. jak jsou uvedeny v prezentaci, která je v Příloze 2.

Tento výčet je větší, než je vymezen obvyklý rámec výuky v podkapitole 7.3, ale je také omezen – vědomě nezahrnuje například zkoušku těsnosti a zkoušení magnetickými rozptylovými toky. Důvodem je, že rozsah 8 hodin, vymezený v rámci práce pro tuto problematiku, má své limity, a tedy není možné zahrnout všechny objektivně existující metody.

Na druhu stranu, je práce koncipována tak, že její výstup (ve formě prezentace) umožňuje případnému uživateli do její struktury jednoduše doplnit metody další, dle jeho uvážení, případně některou vyřadit a tím se přizpůsobit hodinovému rámci, který má reálně k dispozici.

Rozsah práce neumožňuje uvádět detailní technický popis těchto metod, tedy nad rámec výkladu učitele, jak je zachycen v prezentaci, ani to není vzhledem k jejímu zaměření potřebné.

---

<sup>103</sup> (MAZAL, 2011: 8)

**Tab. 8.1** Výčet nedestruktivních metod zahrnutých v této práci

zkratka	obvykle užívané označení v češtině...	...v angličtině
VT	zkouška vizuální	Visual Testing
PT	zkouška kapilární	Penetration Testing
MT	zkouška magnetickou metodou práškovou	Magnetic Testing
ET	zkouška vířivými proudy	Eddy Current Testing
RT	zkouška radiografická (prozářením)	Radiographic Testing
UT	zkouška ultrazvuková	Ultrasonic Testing
AE	zkouška měřením akustické emise	Acoustic Emission Testing

### 8.3 Kvalifikace pracovníků

Pracovníci, kteří vykonávají zkoušky některou z těchto metod, musí splňovat požadavky na stupeň kvalifikace odvozený od rozsahu a samostatnosti vykonávaných činností, někdy se označují pojmem „personální kvalifikace“.

Tyto stupně jsou celkem tři (v praxi se používá označení z anglického „level“) a jsou charakterizovány následovně<sup>104</sup>:

- *Pracovníci s kvalifikací Level I* jsou způsobilí provádět zkoušky a zaznamenávat výsledky zkoušek. Nejsou způsobilí vyhodnocovat výsledky zkoušek a podepisovat protokoly.
- *Pracovníci s kvalifikací Level II* mohou provádět a řídit NDT zkoušení podle NDT postupů, požadovaných norem a předpisů, jsou již odpovědní za vyhodnocení výsledků NDT zkoušek a mohou vypracovávat NDT instrukce pro provádění zkoušek.
- *Pracovníci s kvalifikací Level III* jsou způsobilí provádět a řídit NDT zkoušení podle požadovaných norem a předpisů, jsou odpovědní za vyhodnocení výsledků NDT zkoušek a mohou vypracovávat NDT postupy pro provádění zkoušek. Musí být schopni převzít odpovědnost za podřízené NDT pracovníky a vést je v jejich pracovní činnosti. Zároveň přebírají odpovědnost za NDT zkušební zařízení.

<sup>104</sup> viz např. <http://www.atg.cz/ndt-402> odkud je popis převzat a upraven

## 8.4 Pojem provozních kontrol

Metody NDT nejsou používány jen jako součást výrobního procesu, tj. k zajištění odpovídající kvality, ale jejich záběr je mnohem širší, jsou součástí plánů provozních kontrol provozovaných zařízení a technologických celků<sup>105</sup>. Cílem je zajistit bezpečný a ekonomický provoz formou kontroly stavu klíčových komponent.

Použité metody NDT, jejich rozsah a četnost jsou určeny na základě<sup>106</sup>:

- jejich důležitosti pro bezpečnost provozovaného zařízení,
- požadované spolehlivosti,
- zhodnocení možné degradace při provozu a charakteristik stárnutí,
- provozních zkušeností,
- doporučení výrobců a dodavatelů zařízení.

## 8.5 Kvalifikace nedestruktivních metod

O kvalifikaci se hovoří nejen v souvislosti s lidskými zdroji, ale tento pojem je uplatňován i vzhledem k jednotlivým metodám NDT, v rámci jejich vhodného začlenění do plánu provozních kontrol.

Kvalifikací provozních kontrol se rozumí systematické vyhodnocování všemi dostupnými metodami s cílem spolehlivě potvrdit, že zkušební systém nedestruktivního zkoušení je schopen splnit požadavky v reálných podmínkách provozních kontrol<sup>107</sup>.

Kvalifikace v tomto pojetí umožňuje, aby postup NDT zkoušky (výběr metody, parametry jejího provádění, rozsah a perioda atd.) zajistil, že kritické poškození (například trhлина určité velikosti) bude zjištěno v dostatečném předstihu, aby nedošlo k havárii daného zařízení či komponenty.

Při zpracování podkladů potřebných pro kvalifikaci provozních kontrol mohou být využity již rozpracované metodiky, jako je třeba metodika ENIQ<sup>108</sup>.

## 8.6 Radiografická zkouška a souvislosti

V souvislosti s tímto typem metody NDT je vhodné zmínit i pojmy, které souvisejí jednak s její podstatou, jednak s otázkou bezpečnosti a ochrany zdraví.

*Ionizující záření* je přenos energie v podobě částic nebo elektromagnetických vln vlnové délky nižší nebo rovnající se 100 nm s frekvencí vyšší nebo rovnající se  $3 \times 10^{15}$  Hz, který je schopen vytvářet ionty<sup>109</sup>.

---

<sup>105</sup> viz např. Příloha 1 odst. 1 písm. c) bod 3 z. č. 263/2016 Sb., atomový zákon

<sup>106</sup> (SÚJB, 2010: 12, odst. 4.32)

<sup>107</sup> (SÚJB, 2010: 17, odst. 4.57)

<sup>108</sup> The European Network for Inspection and Qualification (ENIQ)

<sup>109</sup> viz § 2 odst. 2 písm. a) z. č. 263/2016, atomový zákon



Dle zdroje ionizujícího záření se rozlišuje rentgenografie a gamagrafie, někdy jsou používány i urychlovače.

*Rentgenografie:* nejstarším zdrojem ionizujícího záření jsou rentgeny, kde záření vzniká v rentgence – vakuové trubici obsahující dvě elektrody katodu a anodu. Nevýhodou je relativně nízká energie rentgenového záření, která limituje tloušťku kontrolovaného materiálu. Výhodou z bezpečnostního hlediska je naopak to, že odpojením přístroje od zdroje energie je ukončena emise rentgenového záření.

*Urychlovače pro defektoskopii:* pro materiály velkých tlouštěk jsou někdy využívány urychlovače elektronů. Dříve to byly betatrony, nyní to jsou píše lineární urychlovače s nosnou vlnou produkující vysoce energetické brzdné záření.

*Gamagrafie:* zdrojem jsou umělé radioizotopy připravované v jaderných reaktorech, nejčastěji se jedná o  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{75}\text{Se}$  nebo  $^{137}\text{Cs}$ . Uzavřený zdroj ionizujícího záření je upevněn v nosiči zdroje v defektoskopickém krytu. Záření je emitováno ve všech směrech a kontinuálně. Používají se následující základní typy defektoskopických expozičních krytů:

- *Směrový expoziční kryt:* uzavřený zdroj ionizujícího záření je vysouván do pracovní polohy uvnitř pracovního krytu, tj. zdroj není nikdy vysouván mimo vlastní expoziční kryt.
- *Projekční typ krytu:* sestává z bloku stínícího materiálu s připojitelnou vnější výjezdovou koncovou, případně hadicí, do které se zdroj záření vysunuje ze stíněné, nepracovní polohy do pracovní pozice pomocí ovládacího zařízení.

Významným pojmem související s radiační ochranou je *princip ALARA* („as low as reasonably achievable“ – „tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout“) dle kterého je nutné zajistit radiační ochranu v míře, která sníží ozáření na rozumně dosažitelnou úroveň při uvážení všech ekonomických a společenských hledisek.

Protože se jedná o zdroje ionizujícího záření vyžaduje práce s nimi zvýšené bezpečnosti, včetně zajištění okolí pracoviště, kde zkoušky probíhají, aby do něj nevstupovali nepovolané osoby. Je vymezeno *kontrolovaného pásma*, kterým je prostor s kontrolovaným vstupem, v němž jsou zavedena zvláštní pravidla k zajištění radiační ochrany a předcházení šíření kontaminace<sup>110</sup>.

---

<sup>110</sup> viz § 60 odst.1 písm. d) zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon

## 9 VYMEZENÍ VÝUKOVÝCH CÍLŮ

Pro optimální vymezení vhodných metod výuky, respektive úvah nad výukovým procesem, budou v této kapitole vymezeny výukové cíle. Jejich stanovení vychází z obvyklého členění na *cíle kognitivní (poznávací)*, *cíle afektivní (hodnotové)* a *cíle psychomotorické (činnostní)*. Ve smyslu zaměření této práce jsou tedy jednotlivé cíle vymezeny pro teoretickou část výuky následovně:

### 9.1 Kognitivní cíle (Bloom)

Tyto cíle představují vědomosti, intelektuální znalosti a schopnosti, které si má student osvojit. Z hlediska Bloomovy taxonomie výukových cílů lze identifikovat následující úrovně s tím, že k dosažení vyšší úrovně je třeba zvládnout úrovně nižší, tj. předchozí.

- **ZAPAMATOVÁNÍ:** definuje/popíše proč se metody NDT používají, dokáže vyjmenovat jednotlivé metody NDT a provést jejich roztřídění.
- **POCHOPENÍ:** objasní principy jednotlivých metod, rozumí, v čem se liší jedna od druhé.
- **APLIKACE:** navrhne vhodnou metodu NDT dle typu vad, které mají být odhaleny, primárně jestli jde o vady povrchové nebo podpovrchové.
- **ANALÝZA:** rozliší, jak se metody NDT vzájemně doplňují, resp. pro jaké typy vad je použití některých metod zaměnitelné, třeba metody UZ a RT.
- **SYNTÉZA:** navrhuje vhodné metody NDT pro konkrétní aplikaci na daném zařízení či systému.
- **HODNOCENÍ:** chápe výhody správné aplikace metod NDT – malé náklady nyní, vyšší budoucí výhody (bezpečnost a spolehlivost zařízení, které příznivě působí i na ekonomickou stránku).

### 9.2 Afektivní cíle (Krathwohl)

- **PŘIJÍMÁNÍ/VNÍMÁNÍ/CITLIVOST:** sleduje výklad, ptá se, pokud nerozumí.
- **REAGOVÁNÍ na něj:** ochotně odpovídá na otázky/nastolené problémy, při práci ve skupině, je aktivní.
- **OCEŇOVÁNÍ/HODNOCENÍ:** oceňuje přínos metod NDT a jejich aplikace.
- **USPOŘÁDÁNÍ/SYSTEMATIZACE/INTEGRACE:** rozpoznává nutnost zajištění bezpečnosti (prevence) a její společenský a ekonomický přínos.
- **SEBEVYJÁDŘENÍ/ZVNITŘOVÁNÍ HODNOT V CHARAKTERU:** Ztotožnění se s myšlenkou, že vhodné použití metod NDT je nutné a že jejich zdánlivá úspora je často budoucí ztrátou.

### 9.3 Psychomotorické cíle (Dave)

V prostředí střední průmyslové školy si lze obtížně představit uplatnění těchto cílů v plném rozsahu, protože výuka metod NDT je zaměřena spíše teoreticky. Pro některé metody by mohlo být použita praktická demonstrace, kde by si studenti mohli vyzkoušet její aplikaci. Pokud škola nebude mít vlastní zařízení, například na ultrazvukové zkoušení, může být dostupný spíše jen nácvik penetrační zkoušky.

Přitom ale platí, že nedestruktivní zkoušení materiálů, respektive jeho zvládnutí, má své zákonitosti, kdy jsou z hlediska norem přesně definovány, jednotlivé úrovně odbornosti, které jsou rozděleny do 3 stupňů obtížnosti a již dosažení 1. stupně pro každou jednotlivou metodu představuje vzdělávání v rozsahu 16 až 40 hodin dle metody<sup>111</sup>. Z pohledu studenta střední průmyslové školy strojní a z hlediska psychomotorických cílů by šlo uvažovat jen o prvních dvou stupních v případě, že by teoretická část výuky byla doplněna praktickým cvičením v laboratoři. Na příkladu penetrační zkoušky by pak bylo možné rozlišit následující psychomotorické cíle:

- **IMITACE (nápodoba):** student aplikuje jednotlivé části penetrační zkoušky v požadovaném pořadí, tj. očištění součástky, nanesení penetrantu v dostatečném množství, očištění a nanesení vývojky.
- **MANIPULACE (praktická cvičení):** student je schopen aplikovat penetrační zkoušku samostatně na jednoduché součásti, tj. je schopen nanést penetrant a vývojku a dospět do stádia zobrazení případných vad, kdy je schopen identifikovat „podezřelá“ místa.

Následující stupně již nejsou dostupné, protože jejich zvládnutí vyžaduje řádově desítky hodin příslušného odborné kurzu, je možné je definovat následovně<sup>112</sup>:

- **ZPŘESŇOVÁNÍ:** Pracovníci s kvalifikací Level I, způsobilost provádět zkoušky a zaznamenávat výsledky zkoušek. Nemí způsobilí vyhodnocovat výsledky zkoušek a podepisovat protokoly.
- **KOORDINACE:** Pracovníci s kvalifikací Level II, způsobilost provádět a řídit NDT zkoušení podle NDT postupů, požadovaných norem a předpisů, jsou již odpovědní za vyhodnocení výsledků NDT zkoušek a mohou vypracovávat NDT instrukce pro provádění zkoušek.
- **AUTOMATIZACE:** Pracovníci s kvalifikací Level III, způsobilost provádět a řídit NDT zkoušení podle požadovaných norem a předpisů, jsou odpovědní za vyhodnocení výsledků NDT zkoušek a mohou vypracovávat NDT postupy pro provádění zkoušek. Schopnost převzít odpovědnost za podřízené NDT pracovníky a vést je v jejich pracovní činnosti.

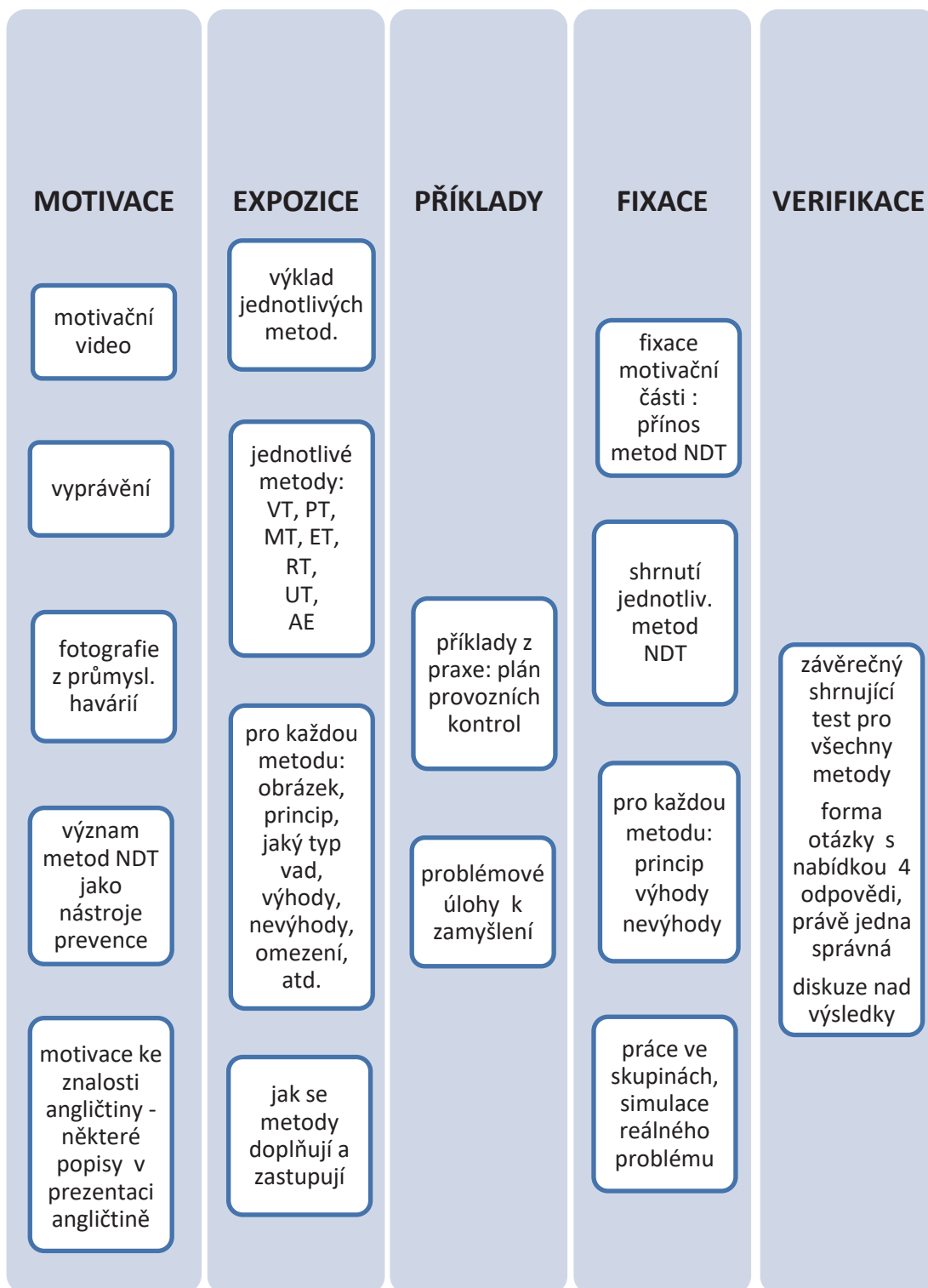
---

<sup>111</sup> viz např. <https://www.tuv-nord.com/cz/cs/certifikace-pracovniku-ndt/metody-697.htm>

<sup>112</sup> zpracováno s využitím informací z [www.atg.cz](http://www.atg.cz)

# 10 STRUKTURA VYUČOVACÍ HODINY

## 10.1 Mentální mapa



## 10.2 Posloupnost vyučovacích hodin

Tématu metod NDT je celkem věnováno 8 hodin, rozsah vychází z výčtu dle tab. 8.1, jejich rozdělení lze vymezit jako „1+4+1+1“. Tento rozsah je stanoven autorem práce a je v souladu s průzkumem představeným v podkapitole 7.3.

- *Hodina č. 1* je úvodem do téma, motivuje k celému tématu, představuje související oblasti a dává výčet metod NDT a jejich základní rozdělení.
- *Hodiny č. 2, 3, 4, 5 a 6* se již postupně věnují jednotlivým metodám NDT (hodina č. 2 VT a PT, hodina č. 3 MG a ET, hodina č. 4 RT, hodina č. 5 UT, hodina č. 6 AE).
- *Hodina č. 7* zahrnuje závěrečný test a diskuzi nad jeho výsledky.
- *Hodina č. 8* je založena na práci ve skupinách, na aplikaci získaných znalostí.

**Tab. 10.1** Struktura vyučovací hodiny č. 1

ČAS (min)	Σ (min)	FÁZE	VYUČOVACÍ METODA	SOCIÁLNÍ FORMA
3	3	ORGANIZAČNÍ zápisy do třídní knihy a na tabuli	X	učitel
6	9	MOTIVACE představení nového tématu (tj. celého osmi hodinového bloku)	MONOLOGICKÁ vyprávění	učitel
6	15	DISKUZE diskuze nad závěry motivační části	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
18	33	EXPOZIČNÍ výklad nového učiva, základní přehled metod	MONOLOGICKÁ výklad (prezentace, video, přerušováno otázkami)	učitel (studenti)
5	38	FIXAČNÍ upevňování shrnutí	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
3	41	FIXAČNÍ zadání problému k zamyšlení na další hodinu	MONOLOGICKÁ vysvětlování	učitel
3	44	ZHODNOCENÍ průběhu hodiny	MONOLOGICKÁ	učitel
1	45	ZÁVĚR	X	učitel

**Tab. 10.2** Struktura vyučovací hodiny č. 2, 3, 4, 5 a 6

ČAS (min)	Σ (min)	FÁZE	VYUČOVACÍ METODA	SOCIÁLNÍ FORMA
3	3	ORGANIZAČNÍ zápisy do třídní knihy a na tabuli	X	učitel
5	8	OPAKOVÁNÍ minulé hodiny včetně zadaného problému	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
4	12	MOTIVACE představení tématu dané hodiny	MONOLOGICKÁ vyprávění	učitel
3	15	DISKUZE diskuze nad závěry motivační části	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
19	34	EXPOZIČNÍ výklad nového učiva, jednotlivých metod NDT (viz Příloha 2)	MONOLOGICKÁ výklad (prezentace, video, přerušováno otázkami)	učitel (studenti)
4	38	FIXAČNÍ procvičení nové látky	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
4	42	FIXAČNÍ zadání problému k zamyšlení na další hodinu	MONOLOGICKÁ instruktáž	učitel
2	44	ZHODNOCENÍ průběhu hodiny	MONOLOGICKÁ vysvětlování	učitel
1	45	ZÁVĚR	X	učitel

*Poznámka k Tab. 10.2: Jak je uvedeno na počátku této podkapitoly, tak se tyto hodiny posupně věnují jednotlivým metodám NDT, přičemž platí, že první dvě hodiny vždy obsahují výklad 2 metod (zvláště ta, která představuje MG a ET metody je z hlediska množství látky asi nejvíce kritická z časového hlediska), zbylé vyučovací hodiny už zahrnují vždy jen jednu metodu.*

**Tab. 10.3** Struktura vyučovací hodiny č. 7

ČAS (min)	Σ (min)	FÁZE	VYUČOVACÍ METODA	SOCIÁLNÍ FORMA
3	3	ORGANIZAČNÍ zápisy do třídní knihy a na tabuli	X	učitel
5	8	MOTIVAČNÍ	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel
20	28	VERIFIKAČNÍ vlastní test (viz Příloha 1)	X	studenti
13	41	SPRÁVNÉ VÝSLEDKY diskuze nad závěry	DIALOGICKÁ diskuze	učitel studenti
3	44	ZHODNOCENÍ průběhu hodin	MONOLOGICKÁ	učitel
1	45	ZÁVĚR	X	učitel

**Tab. 10.4** Struktura vyučovací hodiny č. 8

ČAS (min)	Σ (min)	FÁZE	VYUČOVACÍ METODA	SOCIÁLNÍ FORMA
3	3	ORGANIZAČNÍ zápisy do třídní knihy a na tabuli	X	učitel
7	10	MOTIVAČNÍ představení následné skupinové práce	MONOLOGICKÁ vyprávění	učitel
20	30	PRÁCE VE SKUPINÁCH	DIALOGICKÁ diskuzní skupiny, situační metoda	studenti
10	40	DISKUZE VÝSLEDKŮ (práce ve skupinách)	DIALOGICKÁ řízený rozhovor	učitel studenti
4	44	ZHODNOCENÍ CELKU (všech 8 hodin)	MONOLOGICKÁ	učitel
1	45	ZÁVĚR	X	učitel

# 11 POUŽITÉ METODY VÝUKY

Na základě rozboru z teoretické části tato kapitola definuje konkrétní metody výuky vzhledem k vyučované problematice.

## 11.1 Vyprávění

Metody NDT jsou obecně aplikovány za účelem prevence, tj. k tomu, aby zabránily výrobě nekvalitního polotovaru či výrobku, a později jako metody v rámci provozních kontrol. Proto může být vhodná motivace opřena o stručnou zmínku o nějaké průmyslové havárii (podpořenou obrázkem, sérií obrázků, krátkým videem). Spolu s krátkým vyprávěním o souvislostech vzniku a o jeho následcích může vzbudit živý zájem<sup>113</sup>. Obdobným způsobem mohou být zahajovány i hodiny, na kterých budou postupně představovány jednotlivé metody NDT.

Účelem není rozvíjet laciné „hororové“ scénáře, ale spíše připomenout, že technik může svým odpovědným přístupem podpořit preventivní opatření a tím omezit možné následky – ztráty na lidských životech a životním prostředí nebo ztráty ekonomické.

## 11.2 Výklad

Jestliže je výklad<sup>114</sup> na jednu stranu rychlé a adresné zprostředkování, tak na druhou stranu vyžaduje delší soustředění a koncentraci. Pro střední školu by bylo, na rozdíl od univerzitního vzdělávání, neúnosné, aby výklad zabral většinu hodiny.

Nicméně i při takto zkráceném výkladu je velmi obtížné udržet odpovídající pozornost. Aby byla omezena pasivita studentů, tj. aby nebyli jen nezúčastněnými příjemci, je nutné jejich zájem podpořit následujícími způsoby: dát výkladu problémový charakter, klást řečnické otázky, vložit zajímavé vyprávění nebo krátké video, předvést názorné pomůcky, uplatnit vhodnou techniku vyjadřování a projevu.

## 11.3 Práce ve skupinách

Jak bylo rozebráno v předchozích kapitolách, klasická výuka v laboratořích, kde by si studenti osvojovali jednotlivé metody, není možná vzhledem k rozsahu výuky na jedné straně a času, který by byl například na vyzkoušení některé z metod potřebný. Také je zde nutné zmínit určitá omezení vzhledem k technickému vybavení, které

---

<sup>113</sup> Toto je i vlastní zkušenost autora práce z absolvované pedagogické praxe, kdy výuka na téma „nosníky a jejich zatížení“ byla uvedena v médiích a na sociálních sítích v té době komunikovaným zřícením střechy sportovní haly v České Třebové v závěru ledna tohoto roku.

<sup>114</sup> Přednáška a výklad jsou do jisté míry synonyma, a tak jsou používány v odborné literatuře. V této práci bude použit pojem „výklad“, který odpovídá středoškolskému pojetí. „Přednáška“ spíše evokuje univerzitní vzdělávání.



je obvykle k dispozici. Přesto je možné provést praktický nácvik, který přispěje k zafixování předložené látky a poukáže na její praktickou hodnotu.

Tento způsob má demonstrovat, že metody NDT nelze spojovat pouze s výrobou polotovárů a výrobků, ale že jejich aplikace jde dále a dotýká se provozních kontrol a diagnostiky, které jsou na technologických celcích prováděny. Jako část celku, na které bude demonstrace prováděna, je možné uvažovat například tlakovou nádobu se spojovacím potrubím.

Studenti jsou rozděleni do několika skupin, každá z nich představuje jeden podnik, kde je toto zařízení provozováno. V souladu s teoretickými závěry pro použití situační metody je postupováno následovně:

Každá skupina bude uvažovat nad možnými defekty, které by se na daném zařízení mohly objevit, a sestaví si odpovídající plán kontrol. K tomu využije poznatky získané v rámci tohoto předmětu o jednotlivých metodách NDT, jaký typ defektů a za jakých podmínek jsou schopny detekovat.

Tato úloha nemá jednoznačné řešení, což není způsobeno jen jejím stručným zadáním, kdy by pro komplexní posouzení nutné znát řadu dalších parametrů. Úloha odráží reálnou situaci, kdy jsou obdobná zařízení v různých podnicích kontrolována a diagnostikována různě a vzájemná výměna těchto znalostí vede k postupnému zlepšování vlastního přístupu.

Tato hodina by měla přispět i k tomu, aby si studenti připomněli myšlenky uvedené v podkapitolách 8.4 a 8.5, které se zabývají provozními kontrolami, a uvědomili si, co všechno ovlivňuje jejich použití.

## **11.4 Řízený rozhovor**

O tuto metodu bude jednak opřeno opakování na začátku hodiny a jednak bude v omezené míře použita v diskuzi nad závěry motivační části a dále v průběhu expoziční části – v rámci výkladu.

Použití řízeného rozhovoru po úvodní motivační části, která bude mít formu vyprávění, půjde o získání zpětné vazby, tj. do jaké míry jsou studenti tématem zaujati, jakým způsobem o něm smýšlejí. Obdobně v rámci opakování minulé hodiny, které je realizováno tak, že na konci hodiny je dána atypická problémová úloha, jejíž řešení je na začátku následující hodiny rozebráno – viz následující podkapitolu.

V průběhu expoziční části se řízený rozhovor zaměřuje k dané metodě NDT, například úvahou nad její fyzikální podstatou, otázkou, jaký typ defektu je schopna detekovat, jaké jsou její výhody a nevýhody, jak se uplatňuje v průmyslové praxi. Obdobný průběh bude mít i fixační část hodiny.

## 11.5 Problémová úloha

Většina hodin (hodiny představující jednotlivé metody NDT) bude zakončena zadáním problému na další hodinu, půjde například o atypické využití dané metody, resp. její uplatnění na praktickou oblast běžného, tj. mimoškolního života. Diskuze nad výsledky, která proběhne na počátku následující hodiny, poslouží jednak k opakování látky a jednak může přirozeně přejít do motivační části předcházející výkladu další metody NDT.

## 11.6 Využití názvů a textů v anglickém jazyce

Některé texty budou uváděny v anglickém jazyce, čímž studenti dostanou možnost si je osvojit. Například v prezentaci bude uváděn název metody NDT jak v českém, tak anglickém jazyce nebo popis některých slidů bude též uveden v anglickém jazyce. Alespoň tento minimální a neformální způsob může studentům pomoci rozšířit jejich slovní zásobu o technické výrazy. Zdá se totiž, že výuka cizího jazyka, což je primárně angličtina, v rozsahu, v jakém na střední škole často probíhá, se technické angličtině ne vždy věnuje<sup>115</sup>.

## 11.7 Použité technické prostředky na podporu výuky

Pro doplnění výše představeného ještě malá poznámka k potřebnému technickému vybavení. Vzhledem k tomu, že se práce zaměřuje na teoretickou část výuky a není určena pro konkrétní školu, je jako s jediným prostředkem uvažováno se zpětným projektořem (a tedy i počítačem) a klasickou tabulí a křídou (resp. jejich ekvivalentem v modernější podobě). Tyto prostředky umožní zprostředkovat prezentaci k tématu a promítnout motivační obrázky či videa.

Protože učitel nemůže být staticky „připoután“ za katedrou u počítače, je nutný také bezdrátový prezentér.

---

<sup>115</sup> Jedná se o osobní zkušenosti autora práce z pedagogické praxe získané v rámci neformálního rozhovoru se studenty, které vyučoval.

## 12 PODKLAD PRO EXPOZIČNÍ ČÁST

V této kapitole je rozebrána struktura prezentace, o kterou se opírá vlastní výklad, který je hlavní použitou metodou výuky (respektive u většiny vyučovacích hodin v rámci vymezeného osmi hodinového bloku).

Kompletní prezentace je uvedena v Příloze 2 této práce, která je provedena v barvě. Níže jsou komentovány jen její vybrané slidy, které jsou v tištěné verzi práce z úsporných důvodů jen černobílé, s cílem upozornit na významné detaily, které by měly být během výkladu vysvětleny nebo zdůrazněny.

Co se týká zdrojů jednotlivých dále použitých obrázků a schémat, tak jsou uvedeny v závěru práce v kapitole 15 Seznam obrázků a jsou také uvedeny v elektronické podobě prezentace formou poznámky pro přednášejícího.

### 12.1 Úvod do tématu

První hodina je zaměřena na úvod do tématu, tj. celého osmi hodinového bloku. V rámci této první hodiny poté následuje rozdělení jednotlivých metod NDT a rozbor souvisejících oblastí, jak jsou představeny v kapitole 8.

Slide na obr. 12.1.1 je příkladem motivace k tématu. Diskuzi se studenty může rozproudit otázka na možné příčiny havárie s tím, že ji vyučující začne směřovat na příčiny související s tématem – nesprávně prováděné kontroly nebo vady materiálů z výroby. Diskuze může být ze strany učitele směřována k otázce odpovědnosti technika a možným následkům, pokud nedělá svoji práci důsledně.

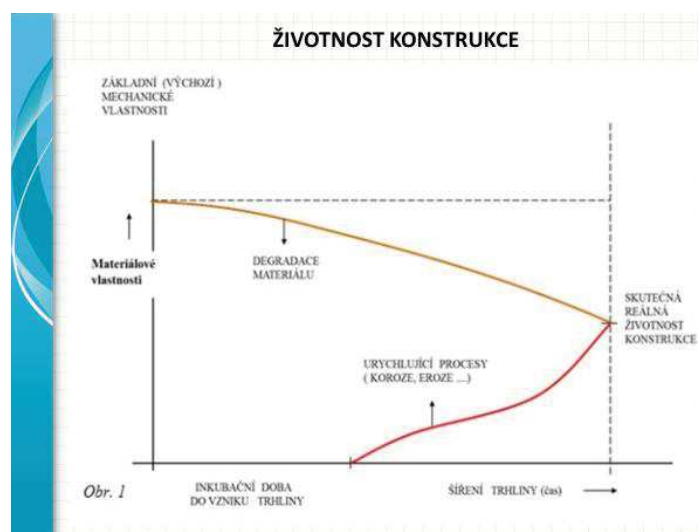
**Obr. 12.1.1** Příklad „motivačního“ obrázku k řízenému rozhovoru



Slide na obr. 12.1.2 připomíná, že s přibývajícím časem (dobou provozu), respektive zvyšujícím se počtem jiných degradačních mechanismů (například počtu tlakových nebo teplotních cyklů), dochází k postupnému zhoršování mechanických vlastností materiálu, a tedy ke zvýšené pravděpodobnosti výskytu nových defektů nebo rozvoji těch, které jsou přítomny už z výroby.

Toto představení by mělo u studentů podpořit vědomí, že frekvence provádění zkoušek NDT musí zohlednit i tuto skutečnost, resp. úvahy nad významem sledování zbytkové životnosti zařízení a technologických celků a modifikací plánu provozních kontrol dle nově získaných poznatků.

**Obr. 12.1.2** Postupná degradace konstrukce



V následujících podkapitolách následují jednotlivé metody NDT, které jsou součástí výkladu v rámci druhé až šesté hodiny, se zdůrazněním hledisek, které je vhodné vzít v úvahu.

## 12.2 Zkouška vizuální

Vzhledem k rozsahu zde rozebíraných metod NDT, není prostor věnovaný této metodě příliš detailní, tedy jde spíše o triviální pokyn „pořádně se dívej“ s tím, že metody se rozlišují na přímé a nepřímé, tj. podle toho, zda je nebo není přerušena vizuální dráha mezi okem a výrobkem. Na druhou stranu se jedná o nejstarší typ zkoušky, která je často uplatněna jako primární a na kterou poté navazují další metody.

Výklad této metody lze tak doplnit nenásilnou motivací ke znalosti angličtiny třeba níže uvedeným slidem, který dává přehled jednotlivých pomůcek a přístrojů, které se při zkoušce obvykle používají a jeho popis je výhradně v angličtině.

**Obr. 12.2.1** Přístroje pro vizuální zkoušky

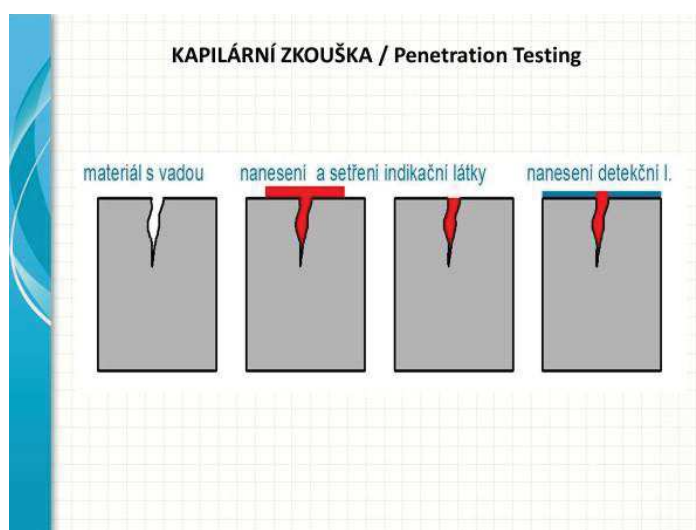


### 12.3 Zkouška kapilární

Stejně jako u ostatních metod NDT je vhodné zařadit obrázek, například takový jako je slide na obr. 12.3.1, který přehledně přestaví princip, resp. postup zkoušky.

Z tohoto je zřejmé, proč metoda detekuje jen povrchové defekty nebo ty, které jsou s povrchem propojeny.

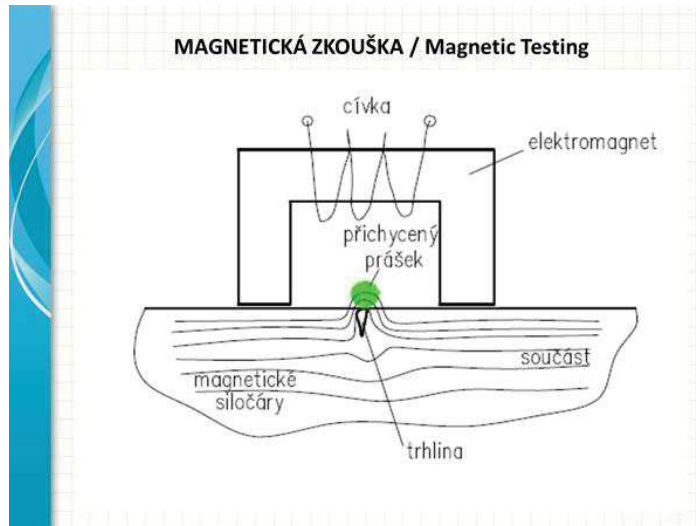
**Obr. 12.3.1** Princip kapilární zkoušky



## 12.4 Magnetická zkouška prášková

Také pro tuto metodu je podstatný slide, jak je uveden na obr. 12.4.1, představující přehledným způsobem její princip.

**Obr. 12.4.1** Princip magnetické zkoušky práškové



Na obr. 12.4.2 je pak uveden praktický výsledek této zkoušky, který zároveň připomíná jednu její variantu, kdy je k detekci použitý roztok magnetického prášku, který je fluorescenční a případné defekty jsou zviditelněny při prohlížení pod ultrafialovým světlem.

**Obr. 12.4.2** Magnetická zkouška prášková (fluorescenční)





## 12.5 Zkouška vířivými proudy

Obdobně jako ostatní metody i tato v prezentaci obsahuje slide, který vysvětluje její princip (zde uveden není). Slide na obr. 12.5.1 je ukázkou praktického provádění zkoušky. Nedílnou součástí výuky, ke které tento slide přispívá, je podnítit studenty, aby přemýšleli, zda by tímto směrem mohly vést úvahy o jejich budoucím povolání.

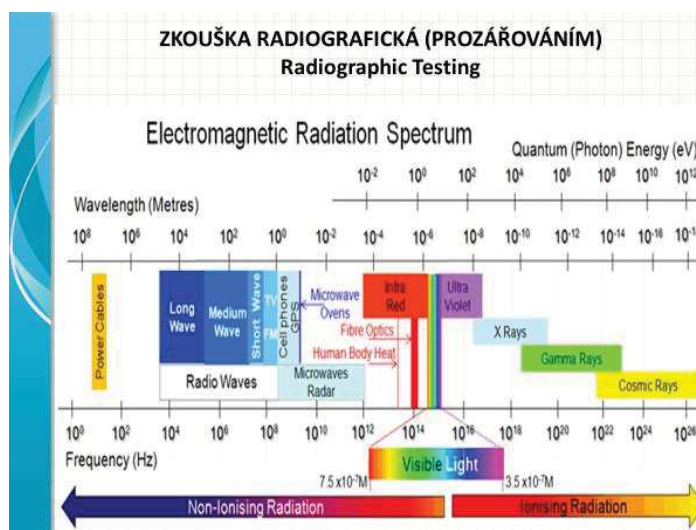
*Obr. 12.5.1 Zkouška výměníku vířivými proudy*



## 12.6 Zkouška radiografická

Významným rysem této metody NDT je, že využívá ionizující záření, proto je z v této souvislosti zásadní zdůraznit problematiku ochrany pracovníků, obyvatelstva a životního prostředí. Teoretický základ je představen v podkapitole 8.6.

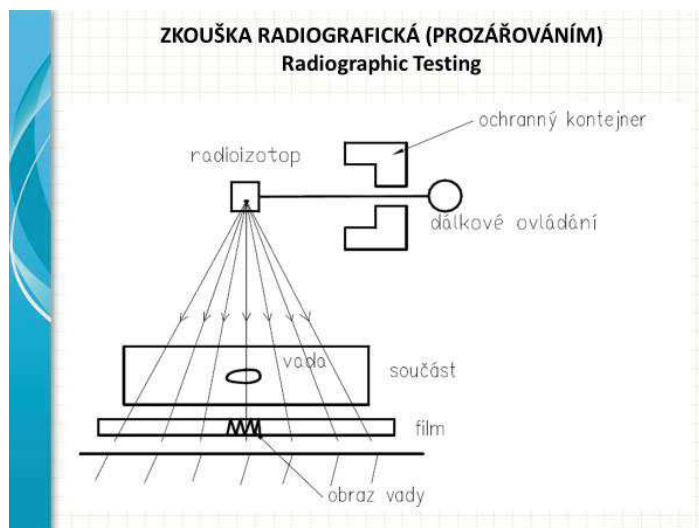
*Obr. 12.6.1 Elektromagnetické spektrum*



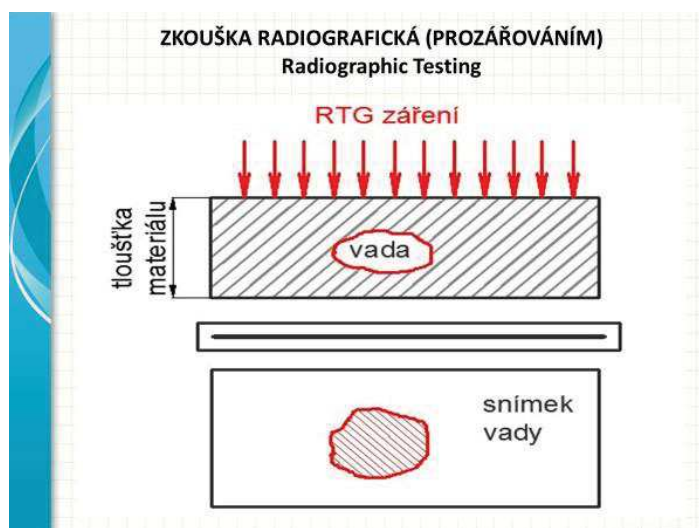
Slide na obr. 12.6.1 demonstruje rozlišení elektromagnetického spektra. Jednak je připomínkou k dalším metodám NDT (VT, včetně využití ultrafialové části spektra a UZ), jednak rozlišuje hranici mezi neionizujícím a ionizujícím zářením, včetně rentgenového (starší název je „záření X“) a gama zářením.

Slidy na obr. 12.6.2 a 12.6.3 znázorňují vlastní zkoušku. První je zároveň připomínkou, že zdroj gama záření musí být uchováván v ochranném kontejneru, ze kterého je vyjmut jen na vlastní expozici. Druhý pak představuje způsob záznamu výsledků a vede k diskuzi k průkaznosti metody, tj. jaké typy vad a v jaké poloze vůči zdroji ionizujícího záření mohou být detekovány a proč.

**Obr. 12.6.2** Schéma uspořádání zkoušky



**Obr. 12.6.3** Zobrazení defektu

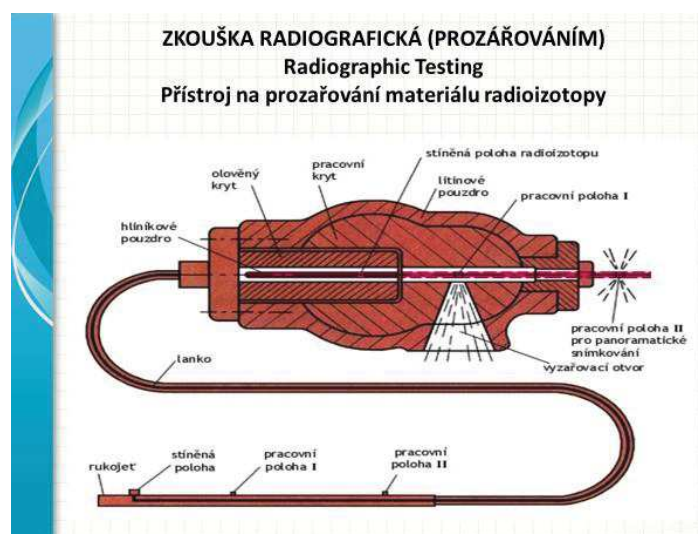




Slide na obr. 12.6.4 do jisté míry navazuje na obr. 12.6.2, dává konkrétní představu o tom, jakým způsobem je zkonstruován přístroj na prozařování materiálu radioizotopy.

Výklad jeho konstrukce by měl opět upozornit, že radioizotop je trvalým zdrojem ionizujícího záření a je nutné jeho bezpečné uchování mimo zkoušku včetně jeho přepravy a také bezpečný provoz (například vymezení kontrolovaného pásma) při vlastní zkoušce.

**Obr. 12.6.4** Přístroj na prozařování materiálu radioizotopy

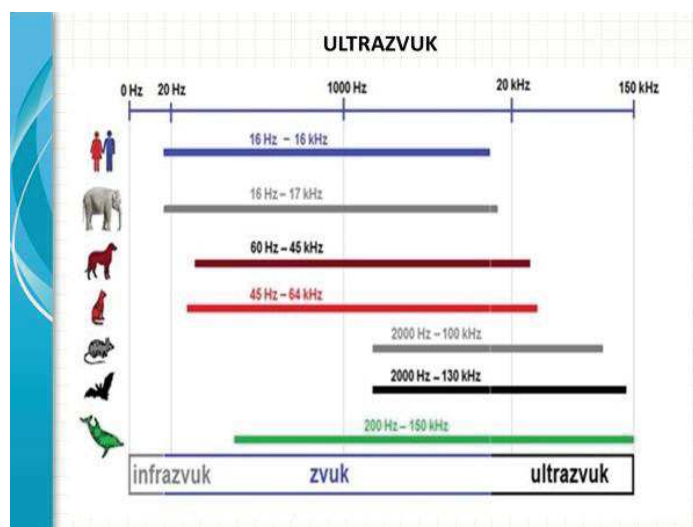


## 12.7 Zkouška ultrazvuková

Jak bude zmíněno i v následující části, tak výklad principu této metody se dá vhodně provázat s metodou měření AE se kterou má řadu společných charakteristických rysů.

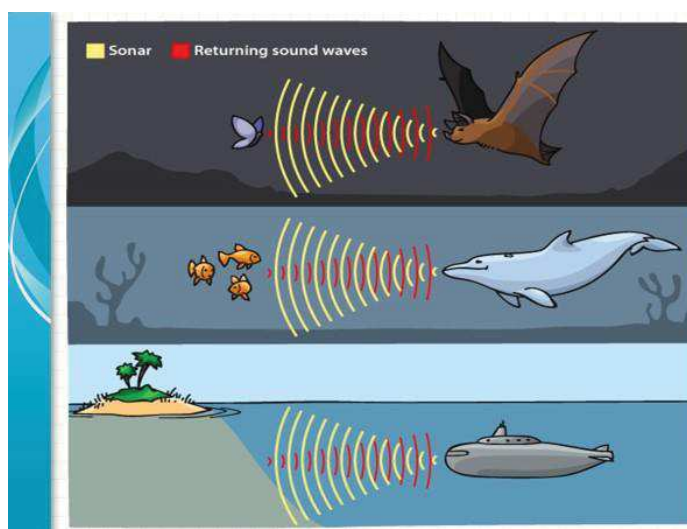
Slide na obr. 12.7.1 připomíná, že ultrazvukové spektrum využívá i řada živočichů, nicméně ultrazvukové metody v technické praxi používají sondy v pásmu řadově MHz (typicky 0,1 až 30 MHz, ale i více), tedy výrazně nad spodní hranicí ultrazvuku, kterou je 20 kHz.

**Obr. 12.7.1** Spodní hranice UZ spektra je 20 kHz



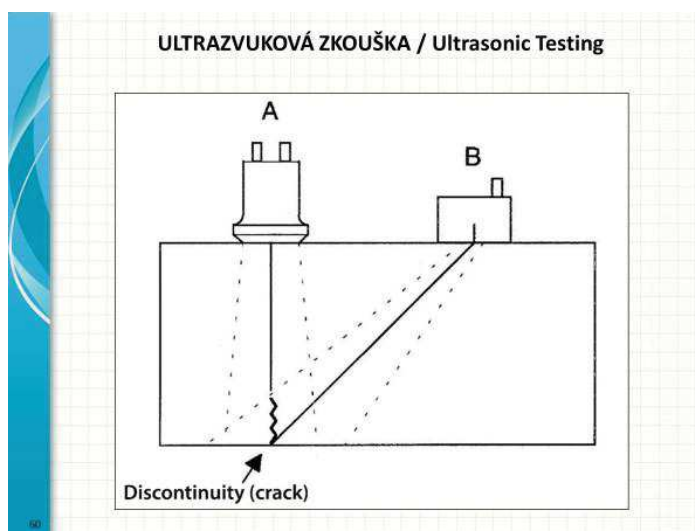
Slide, na obr. 12.7.2, doplňuje ten předchozí, jednak jasně demonstruje jeho podstatu (vyslaný ultrazvukový svazek se na překážce odráží a může být zpětně zachycen), jednak porovnáním s tím, co je známé ze života živočichů demonstruje, že řada technických postupů je jen napodobením (někdy ne příliš dokonalým) toho, co existuje okolo nás v přírodě.

**Obr. 12.7.2** „Přírodní“ a „technické“ využití ultrazvuku



Na slide na obr. 12.7.3 je uveden příklad problémové úlohy k řízenému rozhovoru, tento demonstruje možnost detekce z hlediska různých typů ultrazvukových sond (přímé a úhlové), které jsou pro zkoušku použity a rozměru a polohy defektu.

**Obr. 12.7.3** Příklad problémové úlohy



## 12.8 Zkouška měřením akustické emise

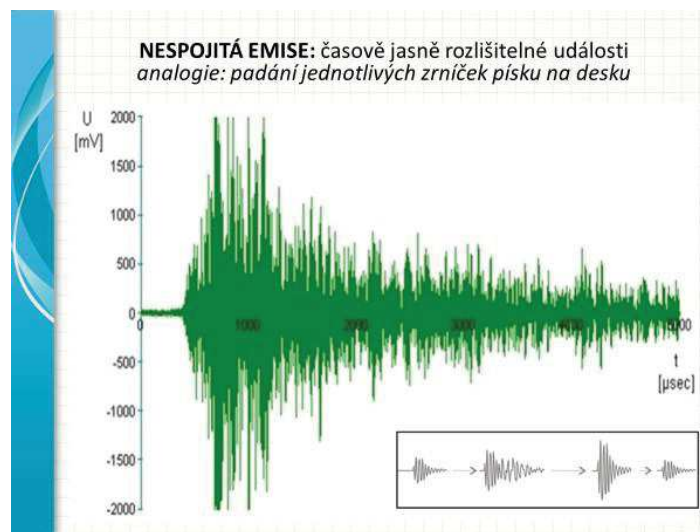
Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak na rozdíl od UZ zkoušek, které jsou vyučovány prakticky vždy, zkouška měření AE naopak nikdy. To není ideální stav, protože se jedná o metodu, která má v některé ze svých podob (měření defektů nebo měření úniků) přes svoji složitost své místo a pro posouzení celkového stavu je často nezastupitelná

Jako úvodní informace, která vymezení hlavní rozdíl mezi zkouškou UZ a AE, lze opět použít slide na obr. 12.7.2 s úvahou, že zatímco všechny objekty (dva „živé“ a jeden „neživý“) aktivně vysílají UZ svazek, který odražený od překážky následně přijímají zpět, tak metoda AE naopak pouze přijímá signál, který emituje stimulovaný defekt v materiálu nebo únik. Paralela je taková, že ponorka, která vysílá a přijímá signál (UZ metoda) může být díky této aktivitě monitorována jiným zařízením (AE metoda), které je schopné detekovat její aktivitu bez toho, že by samo bylo zdrojem vysílání.

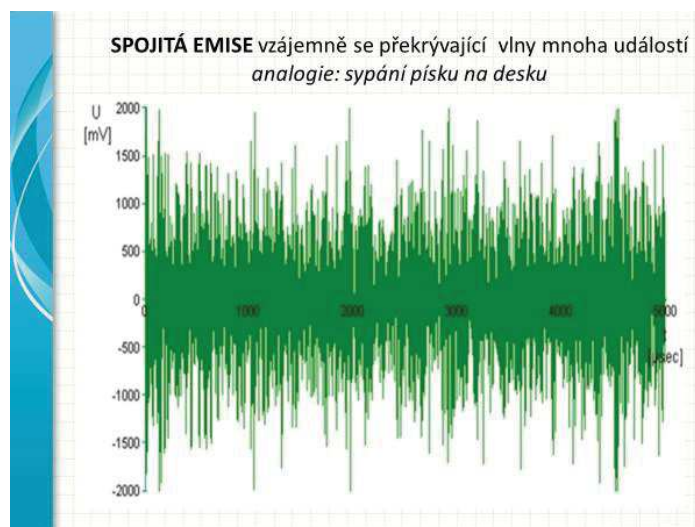
Prezentace také zohledňuje to, že metoda měření AE se obvykle využívá jednak na detekci defektů v materiálech a konstrukcích a jednak na měření úniků z tlakových systémů. Tomu odpovídá i připomínka toho jaké druhy signálů je možné v takových případech zaznamenat – viz slidy na obr. 12.8.1 a 12.8.2.

Pro větší názornost může vyučující jejich rozdíl demonstrovat i velmi jednoduchým, ale názorným způsobem – přetržením listu papíru, kdy spojitá emise AE je představovaná jeho přetržením jedním tahem, kdyto nespojitá emise AE trháním po malých úsecích, mezi který dělá přestávky.

**Obr. 12.8.1** AE – nespojitá emise

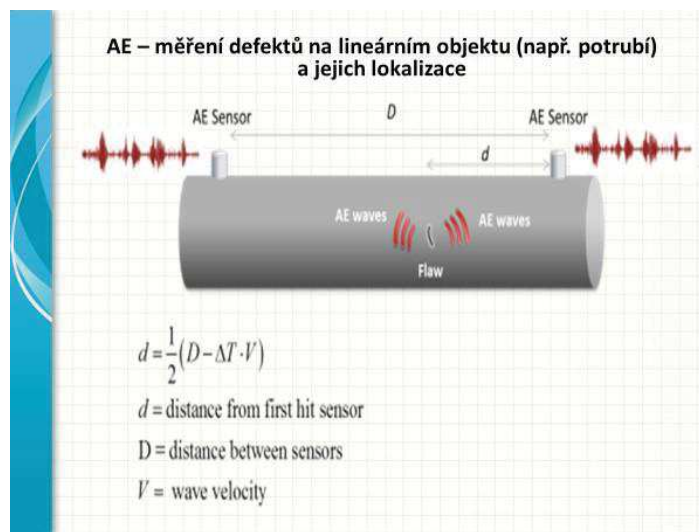


**Obr. 12.8.2** AE – spojitá emise



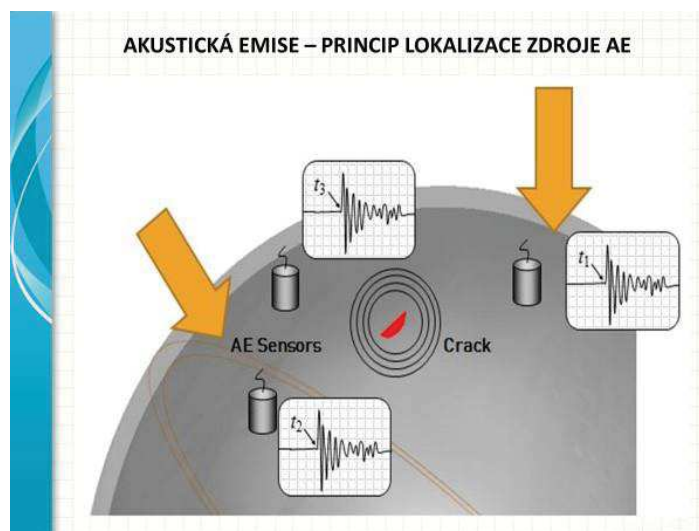
Slide na obr. 12.8.3 ukazuje, že metoda AE je komplexní v tom smyslu, že dává informaci o celkovém stavu konstrukce. Také umožňuje hodnotit třeba potrubí, která není zcela přístupná, protože je zakryto izolací nebo zakopáno v zemi, když stačí pouze zpřístupnit měřící místa.

**Obr. 12.8.3** AE – lokalizace defektů na lineárním objektu (např. potrubí) a jejich lokalizace



To je patrná i z dalšího slidu na obr. 12.8.4, resp. dalších uvedených již jen v prezentaci, kde je demonstrována možnost použití metody AE na 3D tělese, například na tlakové nádobě, ke komplexnímu monitorování jejího stavu.

**Obr. 12.8.4** AE – lokalizace defektů na 3D objektu



## 13 ZÁVĚR

Tato práce – *Nedestruktivní zkoušení materiálu: příprava učitele střední technické školy z pohledu vybraných metod výuky* – se zaměřuje, jak už z jejího názvu částečně vyplývá, na problematiku teoretické části vyučování nedestruktivního zkoušení materiálů na střední průmyslové škole v rámci předmětu Kontrola a měření.

Vhodný výběr metod výuky souvisí s cílem, ke kterému se má vyučování ubírat. Danou problematiku nelze omezit na prostý výklad představující jednotlivé nedestruktivní zkoušky, často redukovaný jen na představu, že jde o aplikaci kontrol v rámci výrobního procesu, ale je nutné jít dále.

Práce diskutuje nutnost předložit tuto oblast v širším rámci, tj. nedestruktivní zkoušení materiálu nejen jako kontrolní operace v rámci výroby, ale také poukázat na jeho význam v rámci prováděných provozních kontrol na průmyslových a technologických celcích k zajištění odpovídající provozní spolehlivosti a bezpečnosti ve smyslu ochrany osob a životního prostředí.

Teoretická část práce, v souladu s jejím zaměřením, vymezuje odpovídající teoretická východiska, rozebírá jednotlivé metody výuky, ale i další relevantní oblasti, jak jsou uváděny v odborné literatuře. Práce dále představuje související odborně technické pojmy, kterými je vhodné vyučování podpořit a uvést tak problematiku do širších souvislostí, které na straně studentů podpoří pochopení, ale i význam a přínos této oblasti, resp. slouží ke zvýšení odborných kompetencí učitele a posílení jeho autority.

Výstupem práce je příprava učitele na vyučování nedestruktivního zkoušení materiálu v rámci předmětu Kontrola a měření, který je součástí Rámcového vzdělávacího programu pro obor vzdělávání 23-41-M/01, Strojírenství. Jedná se o přípravu na teoretickou část vyučování, která je vzhledem k vymezenému počtu hodin, a naopak časové náročnosti případného praktického nácviku jednotlivých zkoušek, dominantní, ne-li jediná.

Příprava učitele není určena pro konkrétní střední průmyslovou školu, proto byl v rámci práce na základě průzkumu identifikován obvyklý rozsah a obsah, v jakém je daná problematika vyučována. Příprava učitele je dále koncipována formou, která případnému uživateli umožňuje snadné doplnění nebo redukci rozsahu v závislosti na počtu hodin, které má k dispozici. Její využití je ale širší, může být například podkladem pro podnikové vzdělávání.

Co se týká rozsahu vyučovaných nedestruktivních zkoušek, je patrné, že ne všechny objektivně používané zkoušky jsou na středních školách zmíněny. Takto je například vynecháno měření akustické emise, které může být, jak ukazuje tato práce, vhodně propojeno s výkladem ultrazvukového zkoušení a navíc podporuje úvahy nad

nutností komplexního přístupu při provádění provozních kontrol, který by si studenti měli také osvojit. Často jsou opomíjeny i vizuální zkoušky, snad pro jejich zdánlivou triviálnost, čímž je opět potlačován komplexní pohled na celou problematiku.

Základní použitou metodou je výklad, kterému je dán problémový charakter, je doplněn například vyprávěním a řízeným rozhovorem s cílem podpořit aktivní participaci studentů. Rozpracované struktury jednotlivých vyučovacích hodin uvádějí další metody výuky.

Na základě závěrů v této části je zpracována prezentace na podporu vlastního výkladu, ale i dalších částí hodiny (je součástí přílohy této práce), která vychází z jednotlivých dříve diskutovaných metod výuky. Práce dále rozebírá obsah této prezentace, ukazuje na které podstatné skutečnosti se v jejím průběhu zaměřit, v jakých vzájemných souvislostech jednotlivé nedestruktivní zkoušky představit. Dále je pro ověření získaných znalostí v průběhu předposlední hodiny zpracován test, který je ve formě výběru z variant.

Poslední hodina je založena na práci ve skupinách. Ta je vedena tak, aby si studenti v rámci navrhovaného plánu provozních kontrol a následné diskuze nad dílčími závěry skupin uvědomili, že aplikace jednotlivých nedestruktivních zkoušek nemá jednoznačné řešení, a připomněli si, jak se vzájemně doplňují. Klade si ale vyšší cíle, a to posílit vědomí, že jejich správná aplikace nesouvisí pouze s jejich teoretickými východisky, ale je provázána s informacemi, které je pro jejich správnou aplikaci nutné získat z vnějšího prostředí, například doporučení výrobců jednotlivých komponent technologického celku nebo znalosti převzaté od provozovatelů obdobných zařízení a technologií.



# 14 SUMMARY

## **NONDESTRUCTIVE MATERIAL TESTING: PREPARATIONS OF SECONDARY TECHNICAL SCHOOL TEACHER FROM THE PERSPECTIVE OF SELECTED TEACHING METHODS**

The appropriate selection of teaching methods is associated with the desired objective. The topic cannot be limited to mere presentation of individual nondestructive tests which are often perceived only as inspection methods to be used during the manufacturing process; however, it is necessary to explain more.

The work discusses the necessity to present this topic in a broad context, i.e. nondestructive material testing not only as an inspection operation in the manufacturing process but also the importance of nondestructive testing during in-service inspection of industrial and technology units to ensure their appropriate operating availability and safety with regard to protection of persons and the environment.

The theoretical part of the work, in agreement with its focus, defines the employed theoretical basis, analyzes individual teaching methods and other relevant areas, as described in specialized literature. The work also presents related professional technical concepts to support the teaching and thus to bring the topic into a broader context; in this way students can better understand the topic and also its importance and benefits, i.e. it improves professional competencies of the teacher and supports his authority.

The output of the work is a training program for teaching of nondestructive material testing in the subject "Inspection and measuring" which is a part of the Framework educational program for the study line 23-41-M/01, Mechanical Engineering. The teacher preparation covers the classroom part which is the dominating and often the only way to teach this topic due to a limited number of lessons and due to potentially time-consuming hands-on training of the individual tests.

The teacher preparation has not been designed for one specific secondary technical school and therefore it has been conducted a survey to identify the usual scope and content of the lessons dealing with this topic. The teacher preparation has been developed in a form that allows to extend or to reduce its scope, depending on the number of teaching lessons available. However, the program may be also used for training of workers in companies.

When it comes to the scope of teaching of nondestructive testing it turns out that not all methods that are actually used in practice are taught at secondary schools. For example, measuring of acoustic emissions is left out which might be, as



documented by this work, conveniently linked with explanation of ultrasonic testing and, moreover, it highlights the necessity of a comprehensive approach to in-service inspections which should be embraced by the students. Also visual tests are often neglected, perhaps for their seeming triviality, which again suppresses the comprehensive approach to this area.

The basic approach starts with an explanation of each testing method in the form of a problem, complemented e.g. with a story or structured interview to support pro-active participation of the students. The elaborated structures of individual lessons present additional teaching methods.

Based on the outcomes of this part of the work it has been prepared a presentation supporting the initial explanation of the method and also other parts of the lesson (see the annexes hereto) which is based on individual previously discussed teaching methods. The work also analyzes content of the presentation, identifies some significant points to focus on and also mutual relations in which the individual nondestructive tests can be presented. For the last but one lesson it has been also prepared a multiple-choice test to check the acquired knowledge.

During the last lesson the students work in groups. They are supposed to propose a plan of in-service inspections and, subsequently, to discuss partial conclusions of the groups in order to understand that application of individual nondestructive tests does not have one definite solution and to remind to them that they mutually complement one another. However, there is also a higher objective – to strengthen the awareness that correct application of the methods is not associated only with their theoretical grounds but it must involve additional information that needs to be obtained from the external environment, e.g. recommendations provided by manufacturers of the individual components of technology units or knowledge obtained from operators of other similar equipment and technology.

# 15 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

## 15.1 Literatura pedagogická

ČADÍLEK, Miroslav a LOVEČEK, Aleš. *Didaktika odborných předmětů*. Brno: Masarykova univerzita, 2005. [online]. [citováno 2016-02-17]. Dostupné z <http://boss.ped.muni.cz/vyuka/material/puvodni/skripta/dop/didodbpr.pdf>

ČAPEK, Robert. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnotících metod. Vydání 1*. Praha: Grada, 2015. 604 s., 16 nečíslovaných stran obrázkových příloh. Pedagogika. ISBN 978-80-247-3450-7.

DOBROVSKÁ, Dana. *Pedagogická a psychologická příprava učitelů odborných předmětů*. Praha: ISV, 2004. 196 s. Psychologie. ISBN 80-86642-33-X.

GAVORA, Peter. *Učitel a žáci v komunikaci*. Brno: Paido, 2005. 165 s. ISBN 80-7315-104-9.

KALHOUS, Zdeněk a kol. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. 447 s. ISBN 978-80-7367-571-4.

MAŇÁK, Josef a ŠVEC, Vlastimil. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. 219 s. ISBN 80-7315-039-5.

MAREŠ, Jiří. *Pedagogická psychologie*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2013. 702 s. ISBN 978-80-262-0174-8.

PECINA, Pavel, SVOBODA, Ivo. *Vybrané otázky didaktik odborných technických předmětů: přístupy k vymezení a strukturaci didaktiky technických předmětů jako vědecké a studijní disciplíny*. Lifelong Learning – celoživotní vzdělávání, 2014, roč. 4, č. 1, s. 23–44. [online]. [citováno 2016-04-04]. Dostupné z <http://lifelonglearning.mendelu.cz/wcd/w-rek-lifelong/11401/lifele2014040123.pdf>

PECINA, Pavel., SVOBODA, Petr. *Pojetí a struktura didaktiky technických odborných předmětů pro střední odborné školy*. Lifelong Learning – celoživotní vzdělávání, 2013, roč. 3, č. 2, příloha, s. 131–141. [online]. [citováno 2016-04-04]. Dostupné z <http://jtie.upol.cz/pdfs/jti/2013/02/10.pdf>

PETTY, Geoffrey. *Moderní vyučování*. Překlad Jiří Foltýn. 6., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Portál, 2013. 562 s. ISBN 978-80-262-0367-4

PRŮCHA, Jan, ed. *Pedagogická encyklopedie*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2009. 935 s. ISBN 978-80-7367-546-2.

PRŮCHA, Jan, WALTEROVÁ, Eliška a MAREŠ, Jiří. *Pedagogický slovník*. 7., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2013. 395 s. ISBN 978-80-262-0403-9.

ROHLÍKOVÁ, Lucie a VEJVODOVÁ, Jana. *Vyučovací metody na vysoké škole: praktický průvodce výukou v prezenční i distanční formě studia*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 281 s. ISBN 978-80-247-4152-9.

SEMRÁD, Jiří, ŠKRABAL, Milan. *Jak dál v dalším vzdělávání učitelů odborného školství?* In. KOHNOVÁ, Jana (ed.). Sborník příspěvků z konference, Profesní rozvoj učitelů. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Praha: 2012. Str. 109–115.

SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika: Vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. 2., rozš. a aktualiz. vyd., Praha: Grada, 2007. 322 s. ISBN 978-80-247-1821-7.

SITNÁ, Dagmar. *Metody aktivního vyučování: spolupráce žáků ve skupinách*. vyd. 2. Praha: Portál, 2013. 150 s. ISBN 978-80-262-0404-6.

ŠVARCOVÁ-SLABINOVÁ, Iva. *Základy pedagogiky*. 2., upr. a rozš. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2008. 315 s. ISBN 978-80-7080-690-6.

TUREK, Ivan. *Didaktika*. 3., přepracované a doplněné vyd. Bratislava: Wolters Kluwer, 2014. 618 s. ISBN 978-80-8168-004-5.

VALIŠOVÁ, Alena, KASÍKOVÁ, Hana a BUREŠ, Miroslav. *Pedagogika pro učitele*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2011. 456 s. Pedagogika. ISBN 978-80-247-3357-9.

VANĚČEK, David a kol. *Didaktika technických odborných předmětů*. 1. vydání. Praha: ČVUT v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05991-3.

VANĚČEK, David. *Elektronické vzdělávání*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. 213 s. ISBN 978-80-01-04952-5.

VIŠŇOVSKÝ, Ludovít, KAČÁNI, Vladislav a kol. *Základy školskej pedagogiky*. 1. vydání. Bratislava: IRIS, 2000. ISBN 80-89018-25-4.

ZORMANOVÁ, Lucie. *Výukové metody v pedagogice*. vyd. 1. Praha: Grada, 2012. 160 s. pedagogika. ISBN 978-80-247-4100-0.

## 15.2 Literatura technická

BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní znaleství*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. 242 s. ISBN 978-80-7204-704-8.

BUMBÁLEK, Leoš a kol. *Kontrola a měření: pro SPŠ strojní*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2009. 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.

KLENER, Vladislav, ed. *Principy a praxe radiační ochrany*. Vyd. 1. Praha: SÚJB, 2010. 619 s. ISBN 80-238-3703-6.

MAZAL, Pavel. *Metody nedestruktivního zkoušení*. TechMagazín roč. 08/2011. Str. 8 [online]. [citováno 2016-02-15]. Dostupné z [http://www.techmagazin.cz/ke\\_stazeni/ndt/ndt1.pdf](http://www.techmagazin.cz/ke_stazeni/ndt/ndt1.pdf)

SÚJB. *Metodika kvalifikace provozních prohlídek hlavních komponent primárních okruhů JE typu VVER*. Praha: SÚJB, 1998. 24 s. ISBN 80-7073-072-2

SÚJB. *Údržba, provozní kontroly a funkční zkoušky: bezpečnostní návod JB- 1.9*. Praha: SÚJB, 2010. 23 s. [online]. [citováno 2016-03-13]. Dostupné z [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2\\_K\\_final\\_udrzba\\_PUBLIKACE.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/G2_K_final_udrzba_PUBLIKACE.pdf)

TICHÝ, Milík. *Ovládání rizika: analýza a management*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2006. xxvi, 396 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.

TICHÝ, Milík a VALENTOVÁ, Mila. *Expertí a expertízy*. Praha: Linde, 2011. 287 s. ISBN 978-80-7201-823-9.

VĚCHET, Mojmír et al. *Defektoskopie v otázkách a odpovědích*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. 323 s. ISBN 80-03-00100-5.

### 15.3 Další literatura

BECK, Ulrich. *Riziková společnost: na cestě k jiné moderně*. Překlad Otakar Vochoč. 2. vyd. Praha: Sociologické nakladatelství, 2011. 431 s. Post; sv. 9. ISBN 978-80-7419-047-6.

KELLER, Jan, TVRDÝ, Lubor. *Vzdělanostní společnost?: chrám, výtah a pojišťovna*. Vyd. 1. Praha: Sociologické nakladatelství, 2008. 183 s. Studie; sv. 49. ISBN 978-80-86429-78-6.

PATTERSON, Gavin. *What children need to know about tech*. 2016. [online]. [citováno 2016-04-04]. Dostupné z <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-children-need-to-know-about-tech>

PETRUSEK, Miloslav, MAŘÍKOVÁ, Hana a VODÁKOVÁ, Alena. *Velký sociologický slovník*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 1996. 2 sv. ISBN 80-7184-311-3.

VESELÝ, Arnošt, ed., NEKOLA, Martin, ed. a DRHOVÁ, Zuzana. *Analýza a tvorba veřejných politik: přístupy, metody a praxe*. Vyd. 1. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2007. 407 s. Studijní texty; sv. 40. ISBN 978-80-86429-75-5.

### 15.4 Veřejně politické dokumenty

*Rámcovým vzdělávacím programem pro obor zemědělství 23-41-M/01, Strojírenství*. Vydalo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy dne 28. 6. 2007, č. j. 12 698/2007-23.

## 15.5 Výukové materiály nedestruktivních metod

PROCHÁZKA, Karel. *Defektoskopie I*. Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, 201/2012 [online]. [citováno 2016-04-10]. Dostupné z [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablony/KOM\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_J-05-31.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-31.pdf)

PROCHÁZKA, Karel. *Defektoskopie II*. Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, 201/2012 [online]. [citováno 2016-04-10]. Dostupné z [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablony/KOM\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_J-05-32.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-32.pdf)

PŘÍBÁŇ, Miroslav. *Akustická emise (AE) - teorie a praxe provozních kontrol konstrukcí*. 2012. [online]. [citováno 2016-04-04]. Dostupné z [http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_06\\_1205.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1205.pdf)

BLAHUTA, Ladislav. *Nedestruktivní zkoušky svarů*. Střední škola, Havířov-Šumbark [online]. [citováno 2016-04-07]. Dostupné z [http://www.outech-havirov.cz/skola/files/eu\\_penize\\_skolam/dum/zks\\_mag/vy\\_32\\_inovace\\_h16-1.pdf](http://www.outech-havirov.cz/skola/files/eu_penize_skolam/dum/zks_mag/vy_32_inovace_h16-1.pdf)

## 15.6 Internetové zdroje

<a href="http://www.atg.cz">www.atg.cz</a>	firma ATG, s.r.o.
<a href="http://www.decra.cz">www.decra.cz</a>	firma DEKRA CZ a.s.
<a href="http://ec.europa.eu/education/">http://ec.europa.eu/education/</a>	Evropské komise
<a href="http://www.bvd-ndt.cz/cz/virivky.php">http://www.bvd-ndt.cz/cz/virivky.php</a>	Zkušební laboratoř Jiří Brus – BVD
<a href="http://sajetc.com/about-us/">http://sajetc.com/about-us/</a>	SAJ Industrial & Inspection Company

## 15.7 Právní předpisy

z. č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon)

z. č. 263/2016 Sb., atomový zákon

# 16 SEZNAM OBRÁZKŮ

*Pokud není uvedeno přímo v textu práce, je dále identifikován i zdroj použitého obrázku (typicky pro uváděné vybrané slidy z prezentace v Příloze 2).*

**Obr. 3.1** *Systém kurikulárních dokumentů*

**Obr. 4.1** *Výuková pyramida*

**Obr. 4.2** *Výuková pyramida – jedna z možných interpretací*

**Obr. 4.3** *Jakému způsobu výuky dávají studenti přednost*

**Obr. 12.1.1** Příklad „motivačního“ obrázku

zdroj: <http://keywordsuggest.org/gallery/1343382.html>

[citováno 2016-04-10]

**Obr. 12.1.2** Postupná degradace konstrukce

zdroj: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1821>

[citováno 2016-03-13]

**Obr. 12.2.1** Přístroje pro vizuální zkoušky

zdroj: <https://www.slideshare.net/shahinmanjur/presentation-on-non-destructive-testing>

[citováno 2016-04-20]

**Obr. 12.3.1** Princip kapilární zkoušky

zdroj: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2056](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2056)

[citováno 2016-03-13]

**Obr. 12.4.1** Princip magnetické zkoušky prášková

zdroj: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2056](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2056)

[citováno 2016-03-13]

**Obr. 12.4.2** Magnetická zkouška prášková (fluorescenční)

zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Defektoskopie>

[citováno 2016-03-13]

**Obr. 12.5.1** Zkouška výměníku vířivými proudy

zdroj: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2008/12/04/1038594/ConcoEddyCurrentServices.jpg>

[citováno 2016-04-16]

**Obr. 12.6.1** Elektromagnetické spektrum

zdroj: <http://www.mpoweruk.com/radio.htm>

[citováno 2016-04-15]

**Obr. 12.6.2** Schéma uspořádání zkoušky

zdroj: [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablony/KOM\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_J-05-31.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-31.pdf)

[citováno 2016-03-22]

**Obr. 12.6.3** Zobrazení defektu

zdroj: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2056](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2056)

[citováno 2016-03-22]

**Obr. 12.6.4** Přístroj na prozařování materiálu radioizotopy

zdroj:

[https://www.google.cz/search?q=radiografick%C3%A1+zkou%C5%A1ka&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi86ZP-irPTAhXBshQKHdD9DMwQ\\_AUIBigB&biw=1920&bih=963#imgsrc=fm7TDNA7iI701M:&spf=191](https://www.google.cz/search?q=radiografick%C3%A1+zkou%C5%A1ka&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi86ZP-irPTAhXBshQKHdD9DMwQ_AUIBigB&biw=1920&bih=963#imgsrc=fm7TDNA7iI701M:&spf=191)

[citováno 2016-03-22]

**Obr. 12.7.1** Spodní hranice UZ spektra je 20 kHz

zdroj: <http://www.psihratky.cz/hracky-pro-psy/eshop/2-1-ROZVIJIME-MYSL/24-2-DALSI/5/2071-Ultrazvukova-pistalka-velka>  
[citováno 2016-04-10]

**Obr. 12.7.2** Obecný princip zkoušky ultrazvukem

zdroj: <https://askabiologist.asu.edu/echolocation>  
[citováno 2016-03-20]

**Obr. 12.7.3** Příklad problémové úlohy

zdroj: [http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/\\_sablony/KOM\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_J-05-32.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-32.pdf)  
[citováno 2016-03-24]

**Obr. 12.8.1** AE – nespojitá emise

zdroj: <http://www.techmagazin.cz/85>  
[citováno 2016-03-20]

**Obr. 12.8.2** AE – spojitá emise

zdroj: <http://www.techmagazin.cz/85>  
[citováno 2016-03-20]

**Obr. 12.8.3** AE – lokalizace defektů na lineárním objektu

zdroj: [http://www.idinspections.com/?page\\_id=126](http://www.idinspections.com/?page_id=126)  
[citováno 2016-03-20]

**Obr. 12.8.4** AE – lokalizace defektů na 3D objektu

zdroj: [http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_06\\_1205.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1205.pdf)  
[citováno 2016-03-20]

## 17 SEZNAM TABULEK

**Tab. 8.1** Výčet nedestruktivních metod zahrnutých v této práci

**Tab. 10.1** Struktura vyučovací hodiny č. 1

**Tab. 10.2** Struktura vyučovací hodiny č. 2, 3, 4, 5 a 6

**Tab. 10.3** Struktura vyučovací hodiny č. 7

**Tab. 10.4** Struktura vyučovací hodiny č. 8

## 18 SEZNAM PŘÍLOH

**Příloha 1** – Závěrečný test

**Příloha 2** – Prezentace pro výuku

## 18.1 Příloha 1 - Závěrečný test

V této příloze je představen závěrečný test pro ověření získaných znalostí, který bude předložen v rámci předposlední hodiny. Je ve formě výběru z variant.

ZADÁNÍ	VARIANTY	Klíč
Metody NDT umožňují	A/ zkoušky výrobků bez demontáže B/ zkoušek materiál bez porušení C/ zkoušky materiálových vlastností D/ zkoušky chemických vlastností materiálu	<b>B</b>
Metodou NDT není	A/ zkouška ultrazvukem B/ vizuální zkouška C/ zkouška tvrdosti D/ zkouška ultrazvukem a vizuální zkouška	<b>C</b>
Ultrazvuk je vlnění o frekvenci	A/ větší než 20 kHz B/ menší než 20 kHz C/ 20 kHz D/ menší než 20 Hz	<b>A</b>
Vířivé proudy lze použít	A/ pro měření tloušťky materiálu B/ měření vodivosti C/ pro měření tloušťky materiálu a měření vodivosti D/ neplatí žádná z možností	<b>C</b>
Kapilární zkoušky detekují	A/ trhliny povrchové B/ trhliny spojené s povrchem C/ vnitřní vady typu vměstek D/ trhliny povrchové a trhliny spojené s povrchem	<b>D</b>
Radiografická metoda	A/ zaznamenává výsledek na film B/ zobrazuje výsledek v reálném čase C/ zaznamená rychlost šíření ultrazvukové vlny D/ detekuje jen povrchové vady	<b>A</b>
Magnetická metoda	A/ zaznamená vady na povrchu a těsně pod ním B/ zaznamená vady na povrchu a těsně pod ním, pokud jsou s povrchem přímo spojeny C/ zaznamená pouze povrchové vady D/ zaznamená jen trhliny kolmé k povrchu materiálu	<b>A</b>



ZADÁNÍ	VARIANTY	Klíč
Zkoušky ultrazvukem nevyžívají metodu	A/ rezonanční B/ akustickou C/ průchodovou D/ rezonanční ani průchodovou	<b>B</b>
Principem metody akustické emise je	A/detekce emitovaného ionizujícího záření B/ detekce povrchových mechanických vln C/ detekce změn magnetického pole D/ žádná z variant uvedených výše	<b>B</b>
Při ultrazvukové průchodové metodě se používají:	A/ možné jsou všechny níže uvedené varianty B/ jedna ultrazvuková sonda (pracující střídavě jako vysílač a přijímač), C/ dvě ultrazvukové sondy (vysílač a přijímač), které se umísťují kolmo na sebe na kolmých stěnách zkoušeného materiálu D/ dvě ultrazvukové sondy (vysílač a přijímač), které se umísťují souose na protilehlých stěnách zkoušeného materiálu	<b>D</b>

## **18.2 Příloha 2 - Prezentace pro výuku**

Součástí této přílohy je prezentace v PowerPointu, která pokrývá problematiku nedestruktivního zkoušení materiálu představenou v této práci.

V tištěné verzi práci je z úsporných důvodů vytištěna formou více slidů na jednu stranu.

Její plnohodnotná verze v programu PowerPoint je součástí elektronické verze této práce nebo je možné si ji vyžádat na emailové adrese: *ucitelTOM@email.cz*.

**PŘÍLOHA 2 BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

KADEŘÁBEK, Tomáš. Nedestruktivní zkoušení materiálu: příprava učitele střední technické školy z pohledu vybraných metod výuky. Praha: ČVUT 2017. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.

podklad pro teoretickou část výuky

# NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU

**ÚVOD DO PROBLEMATIKY**

## NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

hodina č. 1

2

☹ ☹ ☹

3

**ŽIVOTNOST KONSTRUKCE (1/2)**

ZÁKLADNÍ (VÝCHOZÍ) MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Obr. 1

4

**ŽIVOTNOST KONSTRUKCE (2/2)**

5

**ROZHODNUTÍ O POUŽITÍ NDT METOD**

- Použité NDT metody, jejich rozsah a četnost jsou určeny na základě
  - jejich důležitosti pro bezpečnost provozovaného zařízení,
  - požadované spolehlivosti,
  - zhodnocení možné degradace při provozu a charakteristik stárnutí,
  - provozních zkušeností,
  - doporučení výrobců a dodavatelů zařízení.

6

### KVALIFIKACE NDT METOD

- Kvalifikací NDT metod se prokazuje že daná metoda je schopna splnit požadavky v reálných podmínkách provozních kontrol.
- **postup NDT zkoušky** (např. výběr metody, parametry jejího provádění, rozsah a perioda),
- **musí zajistit, že kritické poškození** (například trhlina určité velikosti),
- **bude zjištěno včas**, aby nedošlo k havarii daného zařízení či komponenty.

7

### VÝČET NDT METOD

zkratka	obvykle užívané označení v češtině...	...v angličtině
VT	zkouška vizuální	Visual Testing
PT	zkouška kapilární	Penetration Testing
MT	zkouška magnetickou metodou práškovou	Magnetic Testing
ET	zkouška vířivými proudy	Eddy Current Testing
RT	zkouška radiografická (prozářením)	Radiographic Testing
UT	zkouška ultrazvuková	Ultrasonic Testing
AE	zkouška měřením akustické emise	Acoustic Emission Testing

8

### ROZDĚLENÍ NDT METOD DLE POLOHY VADY

**POVRCHOVÉ VADY:**

- zkouška vizuální
- zkouška kapilární
- zkouška vířivými proudy
- zkouška magnetickou metodou

**VNITŘNÍ VADY:**

- zkouška ultrazvuk
- zkouška radiografická
- zkouška vířivými proudy (vady blízko povrchu)
- zkouška magnetickou metodou (vady blízko povrchu)
- (zkouška kapilární – jen vady spojené s povrchem)

9

### PERSONÁLNÍ KVALIFIKACE pro provádění NDT kontrol

- **Pracovníci s kvalifikací Level I**  
jsou způsobilí provádět zkoušky a zaznamenávat výsledky zkoušek. Nejsou způsobilí vyhodnocovat výsledky zkoušek a podepisovat protokoly.
- **Pracovníci s kvalifikací Level II**  
+ jsou již odpovědní za vyhodnocení výsledků NDT zkoušek a mohou vypracovávat NDT instrukce pro provádění zkoušek.
- **Pracovníci s kvalifikací Level III**  
+ mohou vypracovávat NDT postupy pro provádění zkoušek. Musí být schopni převzít odpovědnost za podřízené NDT pracovníky a vést je v jejich pracovní činnosti. Zároveň přebírají odpovědnost za NDT zkušební zařízení.

10

### PERSONÁLNÍ KVALIFIKACE



NDT technolog (30.-40.000 Kč)

**Náplň práce:**

Atomový zákon? ISO 9001? Kurz vizuální kontroly sváru? Tak pokud Vám všechno tohle alespoň něco málo říká, tak bych Vás moc ráda poznala. Zašlete mi své CV a získáte tak zajímavou práci v úspěšné firmě a krátkový plat se spoustou benefitů.

- odhalování vad nedestructivním zkoušením
- práce na základě měřitelných a fyzikálních jevů
- uplatňování atomového zákona v praxi
- kontrola dle standardu ISO 9001
- práce se zdroji záření
- provádění analýzy výskytu vad
- statistické vyhodnocování zkoušek

**Požadujeme:**

- min. středoškolské vzdělání technického směru
- certifikát MT, RT, UT, PT level II dle EN
- kurz vizuální kontroly sváru
- orientace v Atomovém zákoně, ISO 9001, EN 287-1 a EN 1418
- znalost zdrojů záření
- zkušenost s analýzou rizik
- schopnost statistického vyhodnocování zkoušek

**Nabízíme:**

- 5 týdnů dovolené
- hrazené jazykové kurzy
- hrazenou certifikaci level III a další vzdělávání
- dotované stravování
- výkonné bonusy
- využívání mobilního telefonu i pro soukromé účely, vč. výhodných tarifů pro rodinu

11

### VIZUÁLNÍ ZKOUŠKA / Visual Testing KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing

## NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

hodina č. 2

12

**VIZUÁLNÍ ZKOUŠKA / Visual Testing**

- je založeno na vizuálním hodnocení zkoušeného výrobku.
- nejstarší metodu hodnocení výrobků podle předem daných kritérií.
- vizuální zkoušky lze rozdělit na **přímé** a **nepřímé**.
- **Přímá vizuální zkouška** je taková, při které není přerušena optická dráha mezi okem a výrobkem.
- **Nepřímá vizuální zkouška** používá videospolečnosti, přístroje s optickými vlákny a podobně.

13

**VIZUÁLNÍ ZKOUŠKA / Visual Testing**

SAJ  
www.sajtc.com

**Visual Testing Equipments**

Fig: Videoscope      Fig: Advanced Videoscope      Fig: Boreoscopes

Fig: Microscope      Fig: Magnifying glass

14

**VIZUÁLNÍ ZKOUŠKA / Visual Testing**

15

**KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing**

- pro zjišťování **pouze povrchových vad**, které musí být na povrchu otevřené,
- například vlasových trhlin ve svařech,
- pro kovové i nekovové materiály, které **nesmí být porézní**.

**• POSTUP:**

- Součást se nastříká nezasychající barvou (**penetrant**), která nasákne do trhlin, pak se přebytek barvy očistí.
- Součást postříkáme takzvanou **vývojkou**, např. bílou křídovitou barvou nebo fluorescenční barvou.
- Do této barvy pak vsáknou barvivo z trhlin a tím je zviditelní.

**• Je jednoduchá a levná, dá se použít i na rozměrných součástech.**

16

**KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing**  
princíp zkoušky

materiál s vadou      nanosení a setření indikační látky      nanosení detekční l.

17

**KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing**

18





**KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing**  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ**

BYLO BY MOŽNÉ  
 PRO PENETRAČNÍ ZKOUŠKU  
 POUŽÍT  
 PETROLEJ a KŘÍDU?

20

**MAGNETICKÁ ZKOUŠKA / Magnetic Testing**  
**ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing**

**NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ**  
 hodina č. 3

21

**KAPILÁRNÍ ZKOUŠKA / Penetration Testing**  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ - ŘEŠENÍ**

BYLO BY MOŽNÉ PRO PENETRAČNÍ ZKOUŠKU POUŽÍT PETROL  
 A KŘÍDU?

**Petrolejová zkouška**

- už v 19. století,
- součást se natřela petrolejem, který se nechal určitou dobu působit,
- po odstranění přebytečného petroleje se pak na předmět naprášila rozemletá křída – vady byly indikovány petrolejovými skvrnami.

22

**MAGNETICKÁ ZKOUŠKA / Magnetic Testing**

- Pro zjišťování **povrchových vad** nebo **vad ležících blízko pod povrchem**.
- Pouze u součástí, které **jsou feromagnetické**, tedy pro slitiny železa.
- Součást se umístí v magnetickém poli, obvykle jako součást jádra elektromagnetu.
- V místě povrchových vad magnetické siločáry vystupují na povrch součásti.
- Součást poléváme roztokem, ve kterém je rozptýlený jemný železný prášek.
- V místech vad materiálu, tedy v místech vystupujících siločar se prášek na povrchu uchytí a vytvoří obraz trhliny.

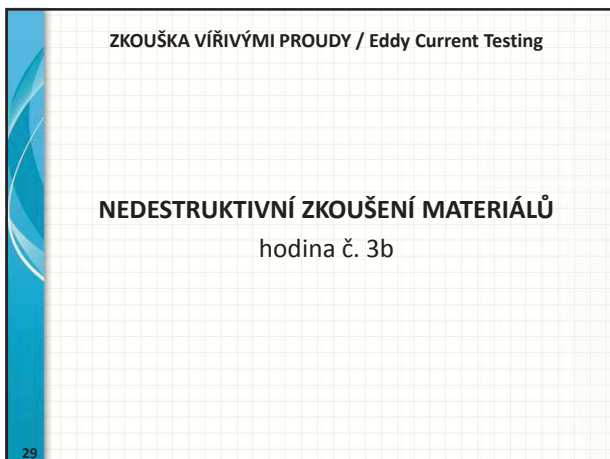
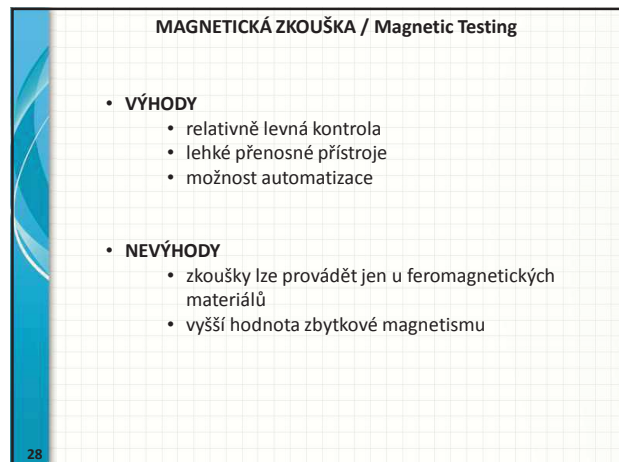
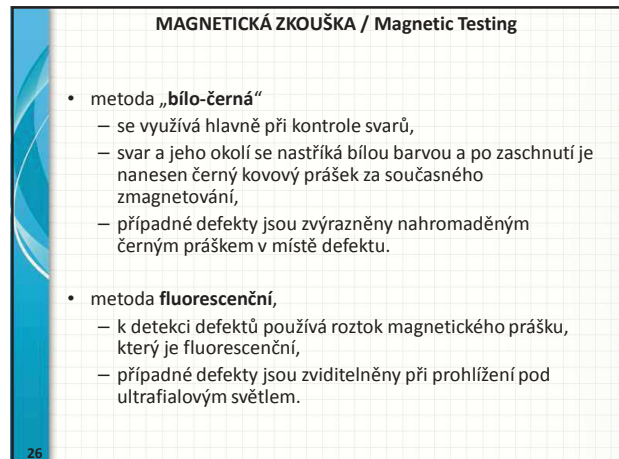
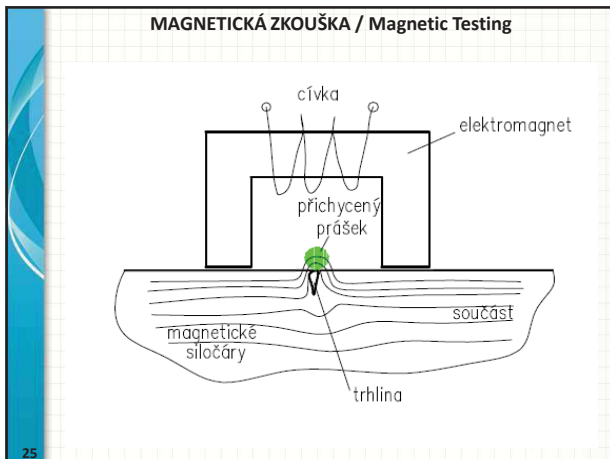
23

**MAGNETICKÁ ZKOUŠKA / Magnetic Testing**

**Postup zkoušky:**

- ve zkoušeném předmětu se vytvoří magnetické pole,
- siločáry se v místech trhlin vytlačí na povrch,
- částičky Fe se uchytí na povrchu pouze v místech, kde jsou trhliny,
- tak vznikne viditelný obraz vady,
- po zkoušce musíme součást odmagnetizovat.

24



ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing

31

ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing

- VYUŽITÍ
  - trhliny, povrchové praskliny
  - měření tloušťky stěn
  - měření naplátování feromagnetických vrstev
  - kontrola povrchových vrstev kovů
  - kontrola záměn materiálů
  - kontrola mechanického napětí
  - třídění materiály na základě chemického složení nebo tepelného zpracování

32

ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing

33

ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing

34

ZKOUŠKA VÍŘIVÝMI PROUDY / Eddy Current Testing

- VÝHODY
  - relativně levná kontrola
  - lehké přenosné přístroje
  - možnost automatizace
  - odpadá potřeba úpravy povrchu před zkouškou
  - bezkontaktní metoda
- NEVÝHODY
  - nelze indikovat vady hluboko pod povrchem zkoušené součásti
  - velmi citlivá na rozměry zkoušené součásti

35

MAGNETICKÁ ZKOUŠKA / Magnetic Testing

**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ**

JE MOŽNÉ  
MAGNETICKOU ZKOUŠKOU  
ODHALIT NÁSLEDUJÍCÍ:

Vsazení části motorové stěny z jiného vozidla  
s tovární ražbou VIN kódu?

36



**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

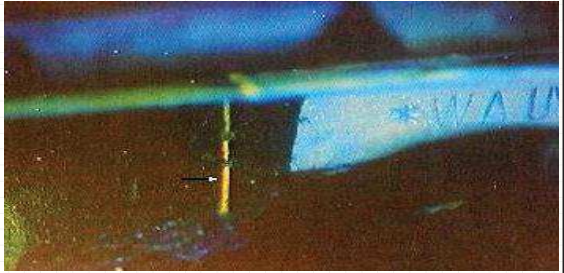
**NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ**  
hodina č. 4

37

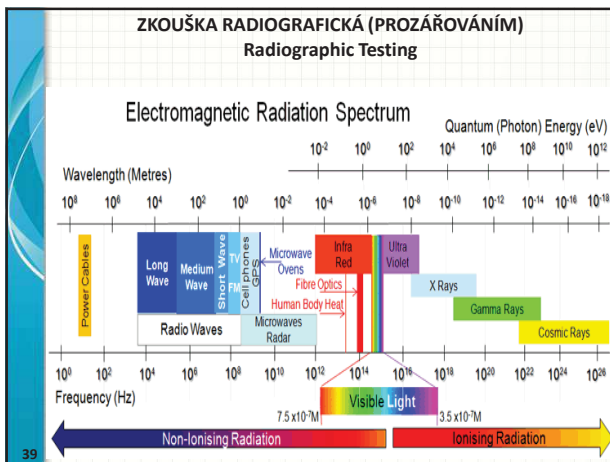
**MAGNETICKÁ ZKOUŠKA / Magnetic Testing**  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ - REŠENÍ**

JE MOŽNÉ MAGNETICKOU ZKOUŠKOU ODHALIT vsazení části motorové stěny z jiného vozidla s tovární ražbou VIN kódu?

ANO - zjištění místa vevaření pomocí MT, použití UV světla



38



**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

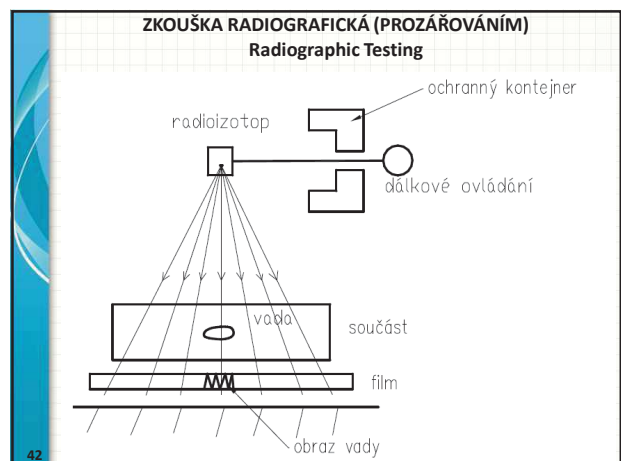
- druhy záření: **rentgenové a gama záření**,
- primárně určena pro zjišťování **objemových defektů** v materiálech,
- princip prozařování je založen na průchodu rentgenového nebo gama záření materiálem,
- v místě, kde se nachází **defekt**, nebo kde je síla materiálu menší, dochází k **menšímu zeslabení záření**,
- na použitém detektoru je zachycen tento rozdíl a následně je zobrazen.

40

**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

- **zdroje rentgenového záření:**
  - **rentgenové lampy** s různými výkony a rozměry ohniska,
  - (čím menší ohnisko, tím lepší obraz a tím větší pravděpodobnost zachycení i těch nejmenších detailů.
- **zdroje gama záření:**
  - různé **gama zářiče** o různé aktivitě,
  - nejběžněji jsou používány zdroje jako je Iridium - **Ir192**, Selen - **Se75** nebo Kobalt - **Co60**,
  - radioaktivní zdroje záření, je zapotřebí při práci s těmito zdroji dbát zvýšené bezpečnosti,
  - zabezpečení se odborně říká **kontrolované pásmo** a jeho vymezení je vyžadováno zákonem.

41



**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

RTG záření

tloušťka materiálu

vada

snímek vady

43

**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

- hlavní výhodou **izotopových zářičů** je jejich **mobilita**
- **rentgenové lampy** jsou na rozdíl od krytů s izotopy **podstatně těžší**, jejich využití přímo v provozech je podstatně nemožné.

- při práci s izotopem je důležité vymezení **kontrolovaného pásma**, kdy je nutné dbát na to, aby se do blízkosti zářiče nedostaly žádné osoby.
- **dozimetr** – měří dávky ionizujícího záření

**KONTROLOVANÉ PÁSMO**  
se zdroji ionizujícího záření  
Nepovolaným vstup zakázán!

44

**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing  
Přístroj na prozařování materiálu radioizotopy

olověný kryt, pracovní kryt, stíněná poloha radioizotopu, litinové pouzdro, pracovní poloha I, hliníkové pouzdro, lanko, pracovní poloha II pro panoramatické snímkování, vyzařovací otvor, rukojet', stíněná poloha, pracovní poloha I, pracovní poloha II

45

**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

46

**ZKOUŠKA RADIOGRAFICKÁ (PROZÁŘOVÁNÍM)**  
Radiographic Testing

**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ**

- ionizující záření je pro živý organismus nebezpečné
- **JE MOŽNÉ JEJ POUŽÍT JAKO „DEZINFEKCI“ K HUBENÍ DŘEVOKAZNÉHO HMYZU V NÁBYTKU?**

<p><b>Anobium a Ernobius (červonci)</b> V 3-5 týdnů L 2,7 roku K 3 týdny D 4 týdny</p>	<p><b>Xestobium (amerlič bodový)</b> V 2 týdny L 4,5 roku K 7 měsíců D 2 měsíce</p>
<p><b>Lycetus (hraboblaž)</b> V 1 týden L 10 měsíců K 2 týdny D 4 týdny</p>	<p><b>Hylotrupes Bajulus (tesařík)</b> V 3 týdny L 2-12 roků K 3 týdny D 4 měsíce</p>

47

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA/Ultrasonic Testing**

**NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ**  
hodina č. 5

48





**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**

- Ultrazvukové metody využívá skutečnosti, že **pevné materiály** (kovové i nekovové) jsou **dobrymi vodiči zvukových vln**.
- Ultrazvukové vlny vyslané do materiálu **se odrážejí od každého rozhraní**, a tedy i od vnitřních vad (nehomogenit).
- Čím vyšší je frekvence vlnění, tím menší vady je možno detekovat.
- Pro zkoušení se obvykle využívají frekvence **od 0,5 MHz do 20 MHz**.

55

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**

- Používají se **dvě metody**:
  - **Průchodová** – přijímač mám na druhé straně materiálu než vysílač ultrazvuku. Z množství přijatého ultrazvuku poznáme velikost vady;
  - **odrazová** – přijímač i vysílač máme oba na stejné straně materiálu. Ultrazvuk odražený od vady přijde do přijímače dříve a projeví se na obrazovce přístroje.

56

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**  
**ODRAZOVÁ METODA**

57

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**  
**ODRAZOVÁ METODA**  
**tandemové uspořádání**

58

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**  
**PRŮCHODOVÁ METODA**

59

**ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing**

60

ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ**

JE MOŽNÉ MĚŘIT UZ STAV KMENE STROMU ?  
 JAK SE BUDE LIŠIT „ZDRAVÝ“ A „SHNILÝ“ KMEN?

61

ZKOUŠKA MĚŘENÍM AKUSTICKÁ EMISE  
 Acoustic Emission Testing

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ  
 hodina č. 6

62

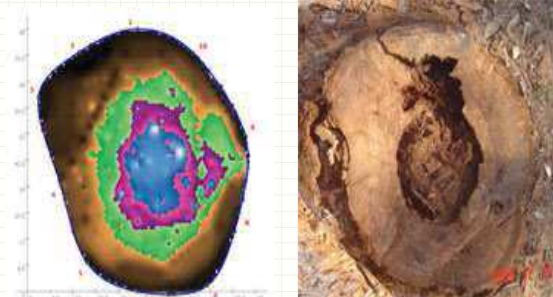
ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ - ŘEŠENÍ**



je možné měřit uz stav kmene stromu ?  
 jak se bude lišit „zdravý“ a „shnilý“?

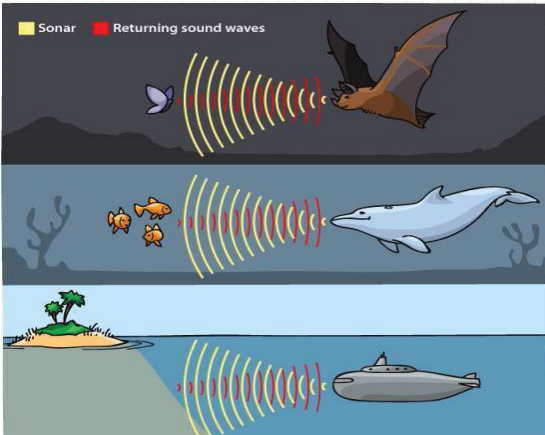
63

ULTRAZVUKOVÁ ZKOUŠKA / Ultrasonic Testing  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ - ŘEŠENÍ**



64

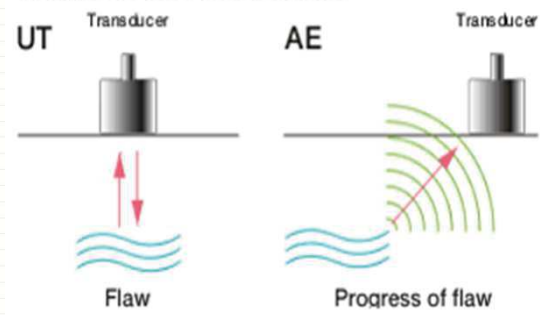
■ Sonar ■ Returning sound waves



65

porovnání metod: AKUSTICKÁ EMISE v. ULTRAZVUK

A comparison of UT and AE methods

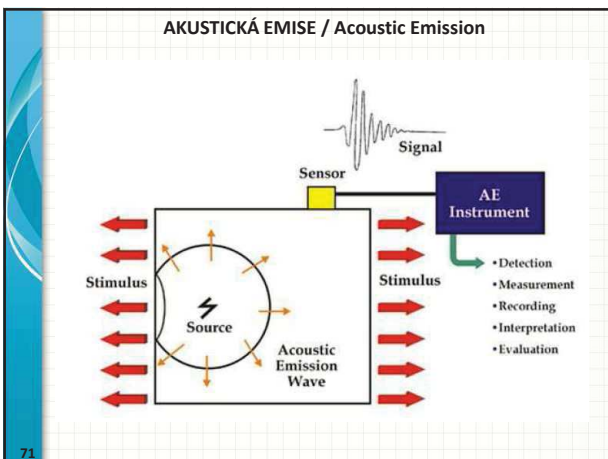
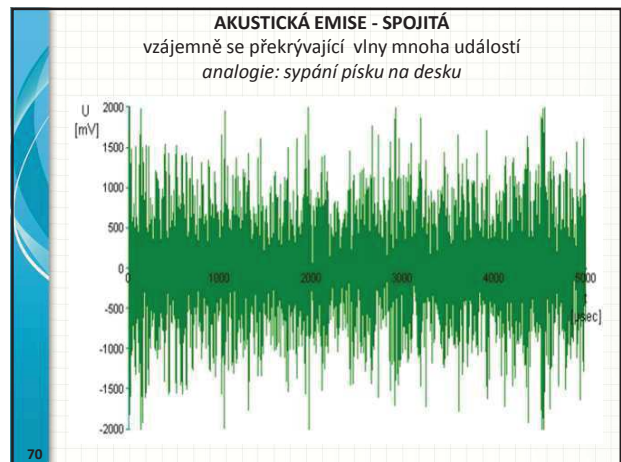
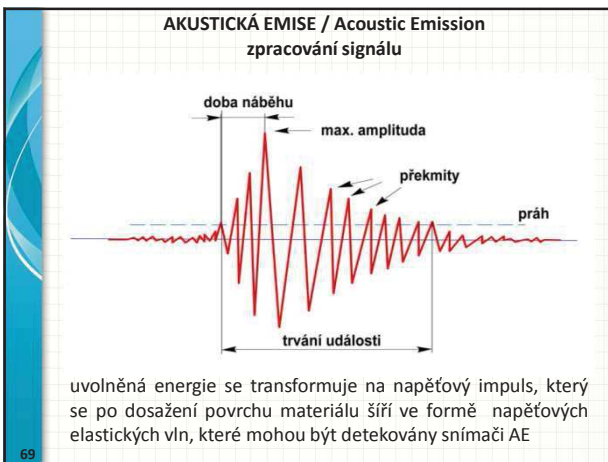
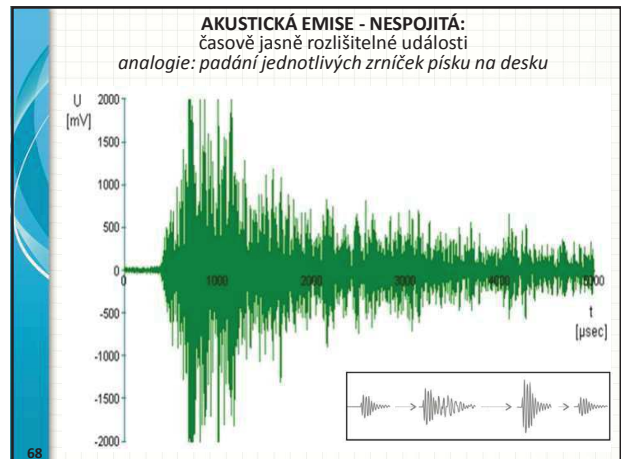


66

### AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission

- **Fyzikální jev**, kdy v určitých lokalitách materiálu dochází v důsledku **procesů stimulovaných** vnějšími nebo vnitřními silami k **uvolňování** části materiálem **akumulované energie**.
- Tato uvolněná energie se transformuje na **napěťový impuls**, který se po dosažení povrchu materiálu šíří ve formě **napěťových elastických vln**, které mohou být **detekovány snímači akustické emise**.

67



- ### AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission OBLASTI POUŽITÍ
- TRHLINY (kritická místa):**
- ocelové/betonové konstrukce, mosty...
  - tlakové potrubní, tlakové nádoby, zásobníky...
- ÚNIKY**
- únik průchozí trhlinou
  - podcházení armatur
- energetika, plynárenství, petrochemie, vodárenství ...
- 72

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
KLASIFIKACE ZDROJŮ**

- Např.: ČSN EN 14584 uvádí následnou třístupňovou klasifikaci zdrojů:
  - 1 – Nevýznamný zdroj Další postup:** Žádná činnost není nutná, zdroj se zahrne do protokolu pro porovnání s následnou zkouškou.
  - 2 – Aktivní zdroj Další postup:** pokud zdroje souvisí se specifickými částmi tlakového zařízení **doporučuje se** další NDT (např. svarové spoje, přivařované části).
  - 3 – Kriticky aktivní zdroj Další postup:** před uvedením tlakového zařízení do provozu **musí být provedeno** další vyhodnocení pomocí vhodné NDT.

73

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
PRINCIP LOKALIZACE ZDROJE AE (1/2)**

74

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
PRINCIP LOKALIZACE ZDROJE AE (2/2)**

75

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
PRINCIP LOKALIZACE ZDROJE AE na 3D TĚLESE**

76

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
výhody**

- +1) Metoda AE je metoda integrální, objemová, neinvazivní.** Detekuje rozvoj procesů „na dálku“, (typicky několika metrů) současně z celé monitorované oblasti konstrukce osazené snímači, včetně procesů z míst nepřístupných či nákladně zpřístupnitelných. Síť snímačů umožňuje více či méně přesnou lokalizaci detekovaného procesu.
- +2) Metoda AE umožňuje on-line monitorování konstrukce za provozu** (bez nutnosti odstavení konstrukce z provozu).
- +3) Metoda AE detekuje proces porušení a monitoruje jeho rozvoj v reálných podmínkách zatížení**, při skutečné velikosti a orientaci defektu, s přítomností defektu **detekuje též přítomnost podmínek pro jeho rozvoj**.

77

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission  
nevýhody**

- 1) Metoda AE odhaluje porušení pouze v jeho průběhu.** Pokud k rozvoji porušení dojde a my jej nezaregistrujeme, pak je to stav nevratný. Zkoušku nelze opakovat a výsledky lze ověřit jen jinou NDT metodou.
- 2) Metoda AE není univerzální.** Ne všechny mechanismy porušení (*intenzita signálu procesu*) jsou na všech konstrukcích (*podmínky akustického rušení*) metodou AE detekovatelné. Metodu AE nelze aplikovat kdykoliv.
- 3) Správné nasazení metody a vyhodnocení závěrů z výsledků měření není jednoduché.**

78



**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission**  
měření defektů na lineárním objektu (potrubí) a jejich lokalizace

$$d = \frac{1}{2}(D - \Delta T \cdot V)$$

$d$  = distance from first hit sensor  
 $D$  = distance between sensors  
 $V$  = wave velocity

79

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission**  
měření defektů na 3D objektu (např. zásobník) a jejich lokalizace

80

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission**  
měření defektů nebo úniků na špatně přístupném objektu (např. zaizolované nebo zakopaně potrubí)

81

**VZTAH AKUSTICKÁ EMISE a „TYPICKÝCH“ NDT METOD**

- Schopnost metody AE detekovat přítomnost a aktivitu defektů řadí metodu AE mezi NDT defektoskopické metody.
- Řada principiálních rozdílů mezi metodou AE a typickými NDT metodami.
- **Typické NDT metody** charakterizují **stav** – výskyt porušení či defektu. Pracují s cílem vhodného „**zviditelnění**“ přítomnosti defektu. Typické NDT metody vyhledávají přítomnost a charakterizují velikost, resp. orientaci defektů.
- **Metoda AE** detekuje a charakterizuje **rozvoj procesu**. Pracuje s cílem „**odposlechu**“ akustické aktivity emitované procesy probíhajícími v materiálu (plastické deformace, iniciace a rozvoje porušení, svírání a rozevírání trhlin, únik média přes průchozí trhlinu). Metoda AE detekuje, lokalizuje a hodnotí aktivitu porušení a defektů **přávě a pouze v jejich průběhu**.

82

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission**  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ (1/2)**

1) Jak může AE vhodně doplnit ohybovou zkoušku?, na co může dát odpověď?

83

**AKUSTICKÁ EMISE / Acoustic Emission**  
**TÉMA K ZAMYŠLENÍ NA PŘÍŠTĚ (2/2)**

$$d = \frac{1}{2}(D - \Delta T \cdot V)$$

$d$  = distance from first hit sensor  
 $D$  = distance between sensors  
 $V$  = wave velocity

2) Jak byl odvozen vzorec pro výpočet vzdálenosti „d“ zdroje od snímače?

*poznámka:  $\Delta T$  = rozdíl mezi časem kdy akustická vlna dosáhne druhý (vzdálenější) snímač a časem kdy dosáhne první (bližší) snímač.*

84



PÍSEMNÝ TEST

**NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ**  
hodina č. 7

85

+ vhodná, +/- méně vhodná, +p pro vady ve směru ozařování, <span style="color: red;">x nevhodná</span>	RG	UT	MG	EC	PT
Povrchové vlasové trhliny	x	x	+	+	+
Vnitřní vlasové trhliny	x	+/-	+	+	x
Povrchové trhliny	+p	+/-	+	+	+
Vnitřní trhliny	+p	+	x	x	x
Staženiny a bubliny	+	+/-	x	x	x
Struskové vměstky	+	+/-	x	x	x
Zdvojeniny	x	+	x	x	x

86

😊😊😊😊😊



87

