

# **Studie využití vysokofrekvenčního záření na maligní mammakarcinom**

A Study of the Use of High-frequency Radiation on Malignant  
Mammakarcinom

Lucie Mališková

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie MALÍŠKOVÁ**  
Osobní číslo: **A10565**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Studie využití vysokofrekvenčního záření na maligní  
mammakarcinom**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou šíření elektromagnetických vln a jejich aplikačními možnostmi v oblasti jejich vlivu na mammakarcinom biologického materiálu.
2. V teoretické části uveďte přehlednou formou druhy radioterapie a jejich vliv na karcinogenní tkáň.
3. Praktickou část zaměřte na provedení a návrh metodiky měření s využitím vysokofrekvenčního generátoru, provedení experimentální části měření na biologickém laboratorním materiálu.
4. Provedte verifikaci a validaci naměřených hodnot.
5. Uveďte nové trendy v dané oblasti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. VRBA, Jan. Lékařské aplikace mikrovlnné techniky. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 168 s. ISBN 80-01-02705-8.
2. VRBA, Jan. Aplikace mikrovlnné techniky. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 147 s. ISBN 80-01-02294-3.
3. MAZÁNEK, Miloš a Pavel PECHAČ. Šíření elektromagnetických vln a antény. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 259 s. ISBN 8001030326.
4. VORLÍČEK, Jiří, Jitka ABRAHÁMOVÁ a Hilda VORLÍČKOVÁ. Klinická onkologie pro sestry. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, 448 s. ISBN 978-80-247-3742-3.
5. ABRAHÁMOVÁ, Jitka. Co byste měli vědět o rakovině prsu. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009. 143 s. Doktor radí. ISBN 978-80-247-3063-9.
6. ABRAHÁMOVÁ, Jitka a DUŠEK, Ladislav. Možnosti včasného záchytu rakoviny prsu. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 227 s. ISBN 80-247-0499-4.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ján Ivanka

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2013

Ve Zlíně dne 25. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
ředitel ústavu

## ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce ve své literární rešerši prezentuje problematiku šíření vysokofrekvenčních elektromagnetických vln a jejich vliv na biologickou tkáň. Teoretická část práce přehlednou formou prezentuje vznik elektromagnetického pole a interakci s biologickou tkání. Teoretická část práce také zahrnuje problematiku spojenou s maligním rakovinovým onemocněním prsu, metody vyšetření a současné možnosti léčby.

Experimentální část popisuje metodiku a postup měření na biologickém laboratorním materiálu s využitím vysokofrekvenčního generátoru. Závěr experimentální části práce obsahuje verifikace a validaci naměřených hodnot.

Klíčová slova:

Elektromagnetické pole, vysokofrekvenční záření, zhoubný nádor, karcinom prsu,

## ABSTRACT

This bachelor thesis presents the problem of spread of high-frequency electromagnetic waves and their effects on biological tissue in its literature review. The theoretical part describes by a clear form an electromagnetic field and interactions with biological tissues. The theoretical part also deals with malignant breast disease, methods of analysis and actual opportunities of treatment.

The experimental part describes the methodology and measuring the biological laboratory material with using high-frequency generator. Conclusion of the experimental part includes the verification and validation of the measured values.

Keywords:

Electromagnetic field, high-frequency radiation, malignant tumor, breast cancer

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala panu Ing. Jánovi Ivankovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi při konzultacích věnoval.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VYSOKOFREKVENČNÍ ZÁŘENÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 VZNIK A ŠÍŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN .....	11
1.1.1 Vznik elektromagnetických vln .....	11
1.1.2 Druhy šíření vln.....	12
1.1.3 Frekvenční pásma.....	13
1.2 MIKROVLNNÉ TECHNIKY .....	14
1.2.1 Lékařské aplikace mikrovlnné techniky.....	15
1.3 INTERAKCE ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE S BIOLOGICKOU TKÁNÍ .....	16
<b>2 MAMMAKARCINOM</b> .....	<b>16</b>
2.1 KARCINOM .....	17
2.2 ANATOMIE PRSU .....	17
2.2.1 Lymfatické cévy.....	18
2.3 VÝVOJ PRSU .....	19
2.4 EPIDEMIOLOGIE.....	19
2.5 ETIOPATOGENEZE A RIZIKOVÉ FAKTORY .....	22
2.5.1 Věk v době menarche a menopauza .....	22
2.5.2 Rodinná historie .....	22
2.5.3 Benigní onemocnění prsu.....	23
2.5.4 Radiace .....	23
2.5.5 Životní styl .....	23
2.5.6 Antikoncepce.....	24
2.5.7 Hormonální substituční léčba v menopauze .....	24
2.6 KLINICKÉ VYŠETŘENÍ .....	24
2.7 ZOBRAZOVACÍ METODY .....	24
2.7.1 Mamografie .....	25
2.7.1.1 Princip mamografu .....	25
2.7.2 Ultrazvukové vyšetření .....	26
2.7.3 Duktografie .....	27
2.7.4 Bioptické vyšetřovací metody.....	27
2.7.5 Laboratorní metody .....	27
2.8 SOUČASNÉ MOŽNOSTI LÉČBY KARCINOMU PRSU .....	27
2.8.1 Chirurgická léčba .....	28
2.8.2 Radioterapie .....	28
2.8.3 Chemoterapie .....	29
2.8.4 Hormonální terapie.....	29
2.8.5 Biologická léčba.....	30
<b>II EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>3 MIKROSKOPICKÉ KVALIFIKACE KARCINOMU PRSU</b> .....	<b>32</b>
3.1 RAKOVINNÁ TKÁŇ.....	32
<b>4 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ</b> .....	<b>35</b>

---

4.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ.....	36
<b>5</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ NA BIOLOGICKÉM MATERIÁLU.....</b>	<b>38</b>
5.1	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ - BIOLOGICKÝ VZOREK 1.....	38
5.2	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ - BIOLOGICKÝ VZOREK 2.....	40
5.3	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ - BIOLOGICKÝ VZOREK 3.....	42
5.4	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ - BIOLOGICKÝ VZOREK 4.....	44
5.5	VERIFIKACE NAMĚŘENÝCH DAT.....	45
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>55</b>



## ÚVOD

V současné době existuje řada hypotéz týkajících se vlivu elektromagnetického pole (dále jen EM pole) na živé organismy, tedy především na člověka, a to v důsledku rozvoje technologií. Lidé mají stále obavy, že mohou být vystaveni nežádoucímu EM záření, což by mohlo mít nepříznivý vliv na jejich zdraví. EM záření může být skutečně nebezpečné v případě, že dojde k překročení určité hranice, týká se to například rentgenového záření nebo radioaktivního záření, zde může dojít k ničení buněk. Přesto je toto záření potřebné a využívá se ve prospěch člověka, například k léčbě nádorových onemocnění. Zde se EM záření využívá k tzv. radioterapii, která má za cíl odstranit zbylé nádorové buňky nebo se využívá předoperačně ke zmenšení nádoru před odstraněním. Uvedená problematika je předmětem této bakalářské práce, která je složena z teoretické a experimentální části.

Teoretická část této bakalářské práce popisuje vznik a šíření EM vln, interakci EM pole s biologickou tkání a aplikace mikrovlnné techniky v lékařství. Dále se teoretická část věnuje malignímu nádorového onemocnění prsu, jež je nejčastějším rakovinné onemocnění u žen. Díky grafickému zobrazení epidemiologie můžeme porovnat incidenci a mortalitu od roku 1977 až 2010. Zmíněné jsou zobrazovací metody pro vyšetření a současné možnosti léčby, které jsou nejčastěji využívány.

Cílem experimentální části bakalářské práce je provést měření na biologickém laboratorním materiálu, který obsahuje rakovinnou tkáň. K měření je třeba zajištění vhodného pracoviště s potřebným vybavením pro realizaci experimentu a naměření dat, dále navrhnout metodiku měření s využitím vysokofrekvenčního generátoru. Během měření pozorujeme působení vysokofrekvenčního záření na rakovinnou tkáň, pozorujeme veškeré změny, které nastávají v důsledku zvyšování frekvence či výkonu ozařování. Díky vhodnému mikroskopickému zařízení je možnost pořízení fotodokumentace a porovnání jednotlivých změn na rakovinné tkáni. Cílem tohoto měření je především posoudit jaký vliv EM záření a zda je schopné zastavit či eliminovat rozsah karcinomu v organismu.

Závěrečná část je věnována výsledkům a zhodnocení provedeného experimentálního měření. Uvedeny jsou nové trendy v oblasti této problematiky.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

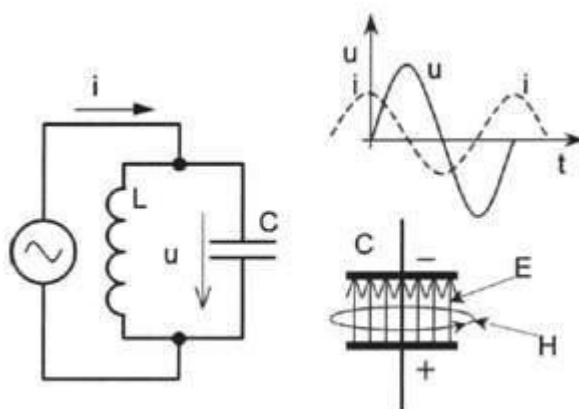
# 1 VYSOKOFREKVENČNÍ ZÁŘENÍ

## 1.1 Vznik a šíření elektromagnetických vln

Vysokofrekvenční energie je vytvořena vysílači, který ji následně přenáší na antény, poté je vyzařována do prostoru v podobě elektromagnetického pole. V případě, že se vlny šíří v homogenním prostředí, tak jejich rychlost je 300 000 km/s přímočaře a do všech směrů. V běžném prostředí na elektromagnetické vlny (dále jen EMV) mají vliv překážky, které způsobují odrazy a lomy v šíření. Zemská atmosféra tyto vlny tlumí nebo je dokáže také odrazit zpět k povrchu, ale tento jev je závislý především na vlnové délce a vrstvě, jež vlnu propustí či pohltí. Obecně platí, že čím je vlna delší, tím se snadněji ohýbá a naopak, kratší vlny se dobře šíří jen na krátké vzdálenosti. [1]

### 1.1.1 Vznik elektromagnetických vln

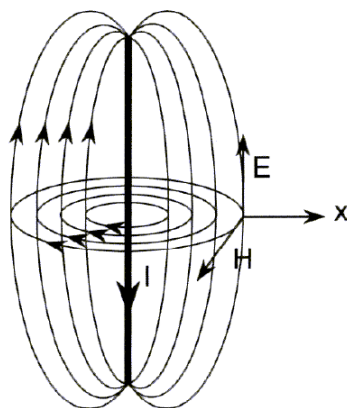
Základem pro vznik EMV je rezonanční obvod složený z cívky a kondenzátoru, napájený vysokofrekvenčním generátorem. Elektrické pole rezonančního obvodu působí jen v prostoru mezi deskami kondenzátoru. [2]



Obr. 1 Vznik a šíření elektromagnetických vln [2]

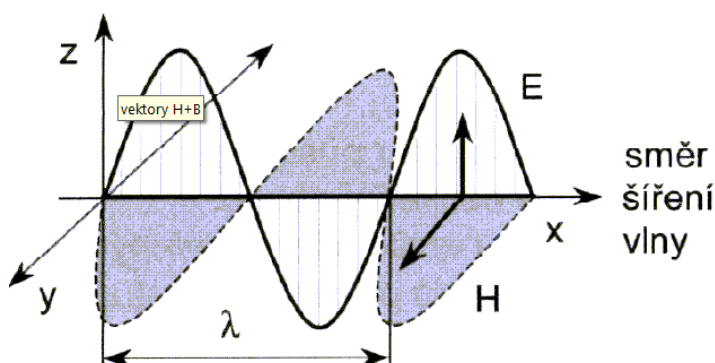
Budeme-li desky kondenzátoru postupně rozevírat, bude část EMV pole opouštět prostor mezi deskami, nastane vyzařování EMV energie do okolního prostoru. Vzniká tzv. otevřený oscilační obvod neboli dipól.

Obecně kolem každého vodiče, kterým protéká elektrický proud, vzniká elektromagnetické pole. [2]



Obr. 2 Vznik EM pole [2]

Tvar elektrického a magnetického pole otevřeného oscilačního obvodu ukazuje následující obrázek.



Obr. 3 Směr šíření elektromagnetické vlny [2]

Obě dvě složky elektromagnetické vlny, elektrické pole  $E$  a magnetické pole  $H$ , jsou vektory kolmé na sebe a zároveň na směr šíření. Mají v každém bodě prostoru stejnou fázi. EMV se šíří ve vakuu nebo ve vzduchu rychlostí světla. Charakteristickou veličinou je tzv. vlnová délka ( $\lambda$ ), která je dána vzdáleností dvou sousedních bodů, kde má EMV stejnou fázi. [2]

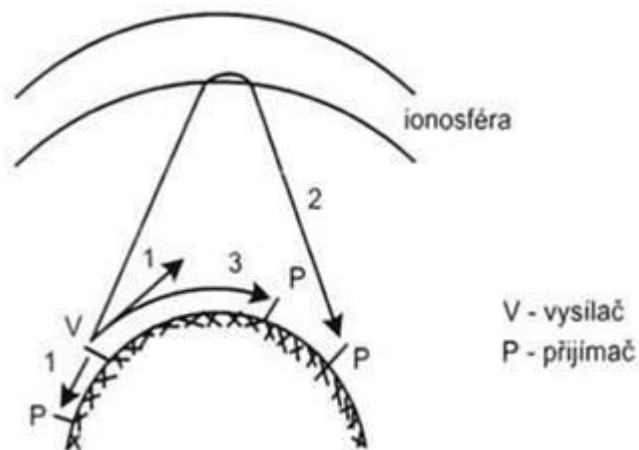
### 1.1.2 Druhy šíření vln

V následujících řádcích části práce jsou rozděleny vlny na přízemní, přímé, troposférické a ionosférické.

- **Přízemní vlna** se šíří v těsné blízkosti nad povrchem země. Její šíření ovlivňuje do

značné míry nejen tvar zemského povrchu, ale i jeho vodivost. Má velký útlum u pásem velmi krátkých vln (VKV) - spojení pouze na přímou viditelnost, nebo odrazem od elektrických vodivých předmětů.

- **Přímá vlna** se šíří izotropním homogenním prostředím přímočaře. Pro spojení je typické spojení na opticky přímou viditelnost a na vysokých frekvencích.
- **Prostorová vlna** část záření odráží zpět k zemi. Způsobují to hlavně teplotní rozdíly v těchto výškách, kdy rozhraní mezi teplým a studeným vzduchem vytvoří ideální podmínky pro vlny.
- **Prostorová vlna ionosférická** způsobuje odraz vlny od některé z jejích vrstev. Odraz a jak síla tlumení vlny, závisí na kmitočtu a současném stavu ionosféry.
- **Troposférická vlna** využívá rozptylu na nehomogenita v zemské atmosféře. [2][3]



Obr. 4 Zobrazení šíření jednotlivých vln [2]

Popis k Obr. 4:

- 1- přímá prostorová vlna, neohýbá se a šíří se jen na přímou viditelnost
- 2- ionosférická prostorová vlna, šíří se prostorem mezi zemí a ionosférou
- 3- povrchová vlna, ohýbá se podle povrchu země

### 1.1.3 Frekvenční pásma

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé frekvenční pásma elektromagnetických vln, jejich označení a vlnová délka. Toto rozdělení je doporučeno IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). [3][4]

Tabulka 1 Rozdělení frekvenčních pásem dle IEEE

Zkratka	Frekvence	Vlnová délka	Český název	Anglický název
<b>ELF</b>	3mHz - 3kHz	1000 km - 100 km	Extrémně dlouhé vlny	Extremely Low Frequency
<b>VLF</b>	3kHz - 30kHz	100 km - 10 km	Velmi dlouhé vlny	Very Low Frequency
<b>LF</b>	30kHz - 300kHz	10 km - 1 km	Dlouhé vlny (DV)	Low Frequency
<b>MF</b>	300kHz - 3MHz	1 km - 100 m	Střední vlny (SV)	Medium Frequency
<b>HF</b>	3MHz - 30MHz	100 m - 10 m	Krátké vlny (KV)	High Frequency
<b>VHF</b>	30MHz - 300MHz	10 m - 1 m	Velmi krátké vlny (VKV)	Very High Frequency
<b>UHF</b>	300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	Ultra krátké vlny (UKV)	Ultra High Frequency
<b>SHF</b>	3GHz - 30GHz	10 cm - 1 cm	Mikrovlny	Super High Frequency
<b>EHF</b>	30 GHz - 300GHz	1 cm - 1 mm	Mikrovlny (mm vlny)	Extremely High Frequency

Je znám i další systém pro označení kmitočtových pásem, které je doporučuje taktéž IEEE.

Tabulka 2 Označení kmitočtových pásem

Označení pásma	Frekvence	Vlnová délka
<b>P</b>	0,23 - 1 GHz	130 - 30 cm
<b>L</b>	1 - 2 GHz	30 - 15 cm
<b>S</b>	2 - 4 GHz	15 - 7,5 cm
<b>C</b>	4 - 8 GHz	7,5 - 3,75 cm
<b>X</b>	8 - 12,5 GHz	3,75 - 2,4 cm
<b>Ku</b>	12,5 - 18 GHz	2,4 - 1,67 cm
<b>K</b>	18 - 26,5 GHz	1,67 - 1,13 cm
<b>Ka</b>	26,5 - 40 GHz	1,13 - 0,75 cm

## 1.2 Mikrovlnné techniky

Uplatnění mikrovlnné techniky je v různých oblastech lidských aktivit, ať už se jedná o využití v průmyslu, dopravě, výzkumu, v domácnostech, ale také v lékařství. Nové technologie využívající mikrovlnné principy hrají v oblasti moderní medicíny stále významnější roli. Jedná se především o magnetickou rezonanci (MR), elektrokardiogram (EKG), elektroencefalogram (EEG), hypertermie (HT), termoterapie, termoablace. Tyto

technologie využívající elektromagnetické (EM) pole mají potenciál přinést spousty významných objevů do terapie i diagnostiky v budoucnosti. [5]

### 1.2.1 Lékařské aplikace mikrovlnné techniky

Elektromagnetické pole a jeho působení na člověka, v podstatě na všechny živé organismy obecně je vděčným předmětem různých diskusí. V dnešní době se spolu s rozvojem technologií zvyšují obavy mnoha lidí z toho, že by pole elektrické, pole magnetické nebo pole elektromagnetické mohlo mít nepříznivé účinky na zdraví člověka.

Dále je důležité rozdělení EM pole na ionizující a neionizující. Biologické účinky ionizujícího EM pole, nejznámější například jako záření Roentgenovo nebo radioaktivní. Jedná se o skutečně nebezpečné záření a to z důvodů, že jeho energie při překročení určité meze, může ničit buňky živých systémů. Člověk se proti němu musí chránit, ale přesto se dá ionizující EM pole využít ve prospěch člověka a to především při léčbě nádorových onemocnění pomocí tzv. radioterapie. [6]

V případě EM pole neionizujícího, které se dále rozděluje podle biologických účinků na tepelné a netepelné. Toto rozdělení je ale možné jen v teoretické rovině, v reálné praxi jsou tyto dva typy účinků EM pole prakticky neoddelitelné. Tepelné účinky EM pole jsou již velmi dobře zmapovány a velmi využívány v medicíně pro různé terapeutické aplikace v onkologii, kardiologii, urologii, chirurgii, nebo také fyzioterapii. [6]

Tato práce je zaměřena na maligní nádorové onemocnění, jejich charakteristickým prvkem je rychlý růst a infiltrativně se šíří do okolí. Zde mají schopnost začít vytvářet metastázy, což jsou druhotné ložiska nádorových buněk. V tomto případě, jestliže se včas nezačne s léčbou, mohou tyto nádorové buňky způsobit smrt organismu. Nádorový růst se z morfologického hlediska projevuje:

- **růst expanzivní** – mechanický útlak okolí a pokračující atrofii do okolních tkání,
- **růst infiltrativní** – nádorové buňky se začnou vytvářet mezi buňkami okolních tkání,
- **růst invazivní** – typický růst zhoubného nádoru. Dochází k růstu nádorových buněk přímo do buněk okolních tkání, které jsou následně poškozeny a zničeny. [7]

### 1.3 Interakce elektromagnetického pole s biologickou tkání

Vysokofrekvenční elektromagnetické pole je schopné proniknout do lidského těla a v něm se šíří formou elektromagnetické vlny. Této vlně se biologická tkáň chová jako ztrátové dielektrikum. V případě kdy biologickou tkání prochází elektromagnetické energie, dochází k jejímu absorbování a v oblasti kde je tkáň ozařována dojde ke zvyšování teploty. Zvýšení teploty však závisí na mnoha faktorech, např.:

- typu elektromagnetické vlny,
- frekvenci elektromagnetické vlny,
- rozložení biologické tkáně,
- dielektrickém a tepelném parametru jednotlivých typů tkání. [8]

Následující a především experimentální část se bude konkrétně zabývat vlivem vysokofrekvenčního záření na maligní mammakarcinom (rakovinné onemocnění prsu).



## 2 MAMMAKARCINOM

### 2.1 Karcinom

Jedná se o závažné onemocnění buněk tvořící orgány a tkáně v těle. Buňky v různých částech těla se mohou lišit, avšak většina z nich roste a dále se dělí stejným způsobem. Dělení buněk probíhá uspořádaně, ale dojde-li při tomto procesu k problémům a se buňky dělí dále, začne se vytvářet nádor. Vzniklé nádory můžeme rozdělit na:

- **Benigní** – nezhoubný nádor, zde nedochází k rozšiřování buněk do dalších částí těla, proto nejsou rakovinné. Mohou však růst v místě vzniku a tím tlačit na okolní orgány, ale díky jeho nerozšiřitelnosti je tento nádor snadno operovatelný.
- **Maligní** – zhoubný nádor vzniká z rakovinných buněk, které se začnou rozšiřovat do okolních tkání a orgánů. K šíření dochází v důsledku odtrhnutí částí od primárního nádoru a dále se šíří krví nebo lymfatickým systémem a dále tak tvoří další malé nádory tzv. metastázy. [9]

Dále se bude práce věnovat především oblasti maligního nádorového onemocnění prsu. V následujících řádcích, bych chtěla přiblížit anatomii samotného prsu. Také pomocí obrázku znázornit jeho strukturu a důležité prvky, které se v něm nachází.

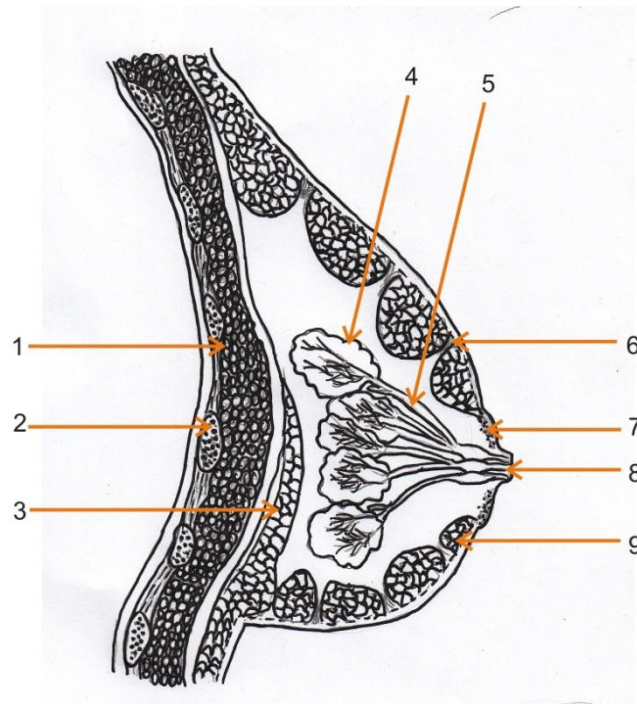
### 2.2 Anatomie prsu

#### Mléčné žlázy

Základním prvkem je lobulus neboli lalůček, které se skládají z acinů. Lobuly tvoří segmenty a subsegmenty. Drénovány jsou terminálními a posléze subsegmentálními a segmentálními dukty, které spojují v mlékovody ústící v bradavce. [10]

#### Tuková a vazivová tkán

Prostor mezi lalůčky a okolo mléčných žláz je vyplněno tukovou a vazivovou tkání. Tím je převážně tvořen objem nekojícího prsu. [10]



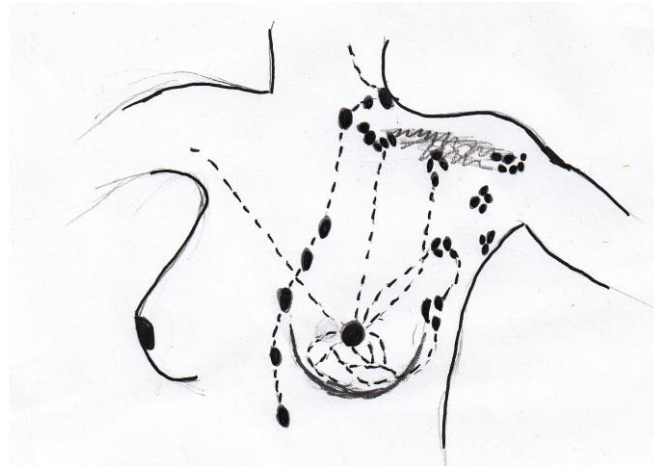
Obr. 5 Anatomie mléčné žlázy

Popisek k Obr. 5:

- 1 – sval,
- 2 – žebro,
- 3 – tuk,
- 4 – mléčný lalok skládající se z jednotlivých lalůčků,
- 5 – segmentální duktus,
- 6 – vazivo,
- 7 – dvorec,
- 8 – bradavka, vyústění mlékovodů,
- 9 – lalůček tuku [3]

### 2.2.1 Lymfatické cévy

Lymfatické cévy jsou důležité k zásobování mléčných žláz. Míza proudící cévami se v mízních uzlinách filtruje. Mízní uzliny jsou rozmístěny v podpaží, mezi žebry, pod a nad klíční kostí. [10]



Obr. 6 Lymfatické mízní žlázy

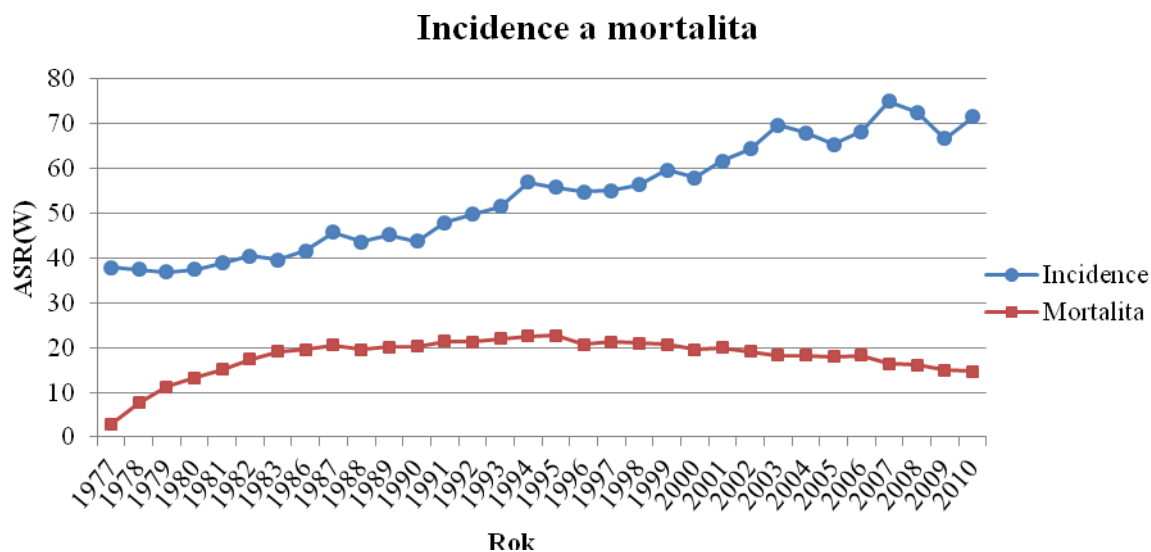
### 2.3 Vývoj prsu

V průběhu života procházejí prsa změnami. Tyto změny jsou především podmíněny hormony a výrazné změny jsou znatelné v období:

- Puberta – dochází k růstu, větvení ductů a zvětšení objemu tkáně
- Těhotenství – žláznatá část výrazně zmohtní a tvoří převážnou část prsu
- Po skončení kojení – zmohtnutí žláznaté části postupně ustupuje a tím dochází k opětovnému zmenšování, pojivová tkáň je nyní převážnou částí prsu
- Po přechodu – počet lalůčků se snižuje markantním způsobem, redukce vazivové tkáně, která se postupně nahrazuje tukem. [10]

### 2.4 Epidemiologie

Karcinom prsu je nejčastějším zhoubným nádorem u žen. Na celém světě se ročně zjišťuje více než 580 000 dalších případů onemocnění touto chorobou. [7]

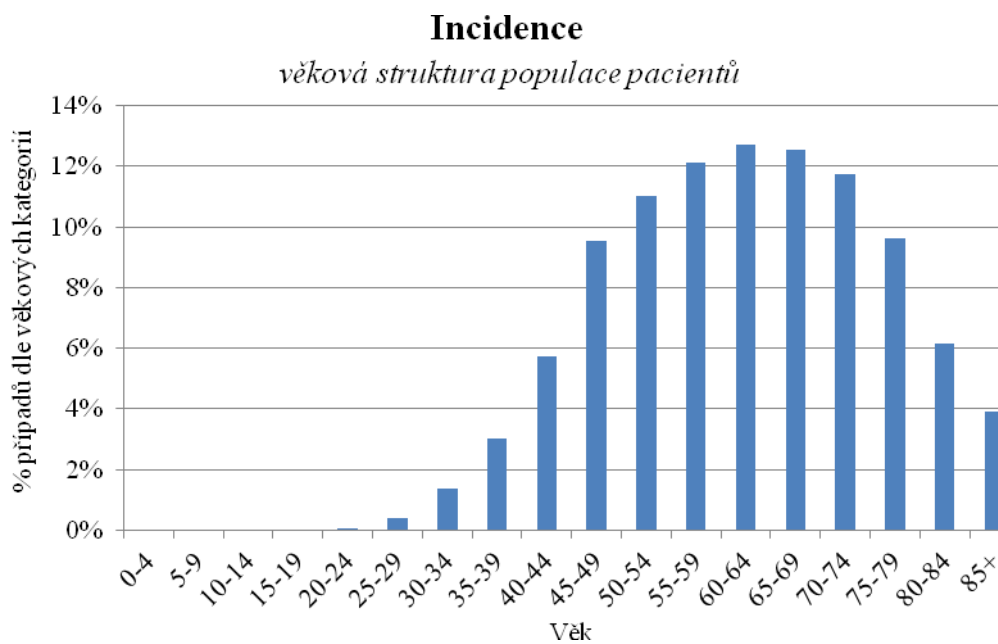


Graf 1 *Incidence a mortalita od roku 1977 až 2010* [11]

Karcinom prsu se u mužů vyskytuje jen velmi vzácně a to většinou jen u starších mužů po 50. roce věku. Jedná se o 0,17% všech zhoubných nádorů u mužů. U mužů je karcinom prsu v 80% hormonálně závislý. Rizikovým faktorem je především přísun estrogenů při poruše jaterních funkcí, ale také při léčbě karcinomu prostaty. Také u mužů jsou příznaky a diagnostika stejné jako u žen, proto také veškerá léčba a terapie probíhají bez rozdílů. [12]

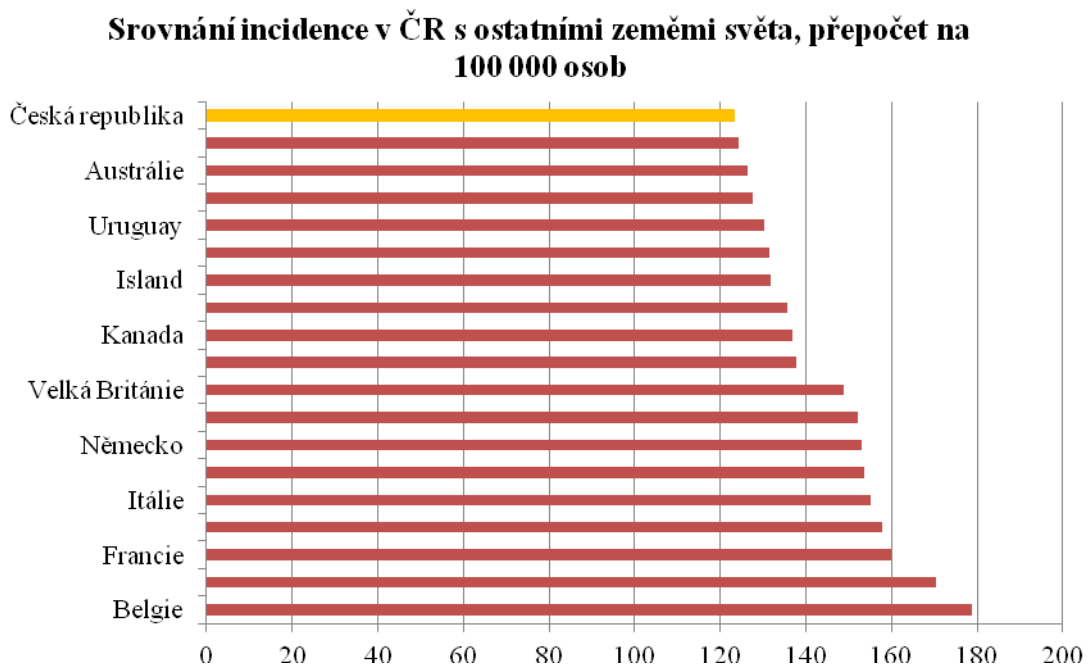
V České republice je karcinom prsu nejčastějším případem, stejně jako na celém světě. Během několika posledních let se dá hovořit o zvýšení na dvojnásobek zjištěných případů onemocnění, než tomu bylo dříve.

Incidence neboli četnost karcinomu prsu roste především s věkem. Výskyt nádorového onemocnění prsu u dívek před dovršením 20. roku je vzácným případem. Nejprudší vzestup je po 50. roce věku, i to se však během poslední 30 let pomalu mění. Zjištěn byl přesun incidence do mladších věkových kategorií, to již začíná být patrné ve věkové skupině 40-44 let. [7]



Graf 2 *Incidence v určitých věkových kategoriích* [11]

Incidenci karcinomu prsu je také spjato s geografickými rozdíly. Zvýšený výskyt je především ve vyspělých zemích Evropy a Ameriky. V Evropě se incidence snižuje od severu k jihu a od západu k východu. Mezi zeměmi se rozdíly začínají zmenšovat, přesto je incidence této choroby v západních zemích pětinasobná oproti Dálnému východu. Japonští přistěhovalci v USA a na Havaji svými studiemi ukazují na vyrovnávání incidence mezi přistěhovalci a hostitelskou zemí během jedné až dvou generací. Je tedy usuzováno, že větší význam mají zevní faktory prostředí než genetické faktory. [12]



Graf 3 Incidence v určitých zemích světa [11]

## 2.5 Etiopatogeneze a rizikové faktory

Etiopatogeneze karcinomu prsu není zcela jednoznačná. Znamé jsou však určité rizikové faktory, které jsou dávány do souvislosti se vznikem této choroby.

### 2.5.1 Věk v době menarche a menopauza

Zvýšené riziko onemocnění rakoviny prsu je především u žen, které měly předčasný nástup první menstruace (menarche) nebo pozdní menopauzu (přechod). Ze studií vyplývá, že ženy, u kterých proběhla menopauza ve věku po 55. roce, mají dvojnásobně vyšší riziko rozvoje karcinomu prsu než ženy s menopauzou ve věku před 45. rokem. [7]

### 2.5.2 Rodinná historie

Podle dalších studií se ukázalo, že karcinom prsu se v 10% vyskytuje familiárně (v některých rodinách) a genetická predispozice se podílí na jeho vzniku v 1-5 %. Tato vloha může být přenášena oběma pohlavími, ale i přes přítomnost abnormálního genu nemusí někteří členové rodiny karcinomem onemocnět. Není zatím přesně známo, kolik genů pro karcinom prsu vůbec existuje. Přibližně 40-50 % případů má mutaci genu BRCA 1, který je umístěný na dlouhém rameni 17. chromozomu. Druhý hereditární neboli dědičný gen BRCA se nachází na dlouhém rameni 13. chromozomu. V rodinách se mohou také

vyskytnout společně s karcinomem prsu ještě další adenokarcinomy, jako například ovariální karcinom, kolorektální karcinom, karcinom prostaty, žaludku či pankreatu. V první příbuzenské linii ať už vertikálním nebo horizontálním, tedy matka, sestra a dcera je riziko dvakrát i vícekrát vyšší u žen s touto chorobou. Také se riziko zvětšuje, čím mladší je věk příbuzných v době diagnózy této choroby. [7]

### 2.5.3 Benigní onemocnění prsu

Ženy s bujícími buňkami výstelky mlékovodů, které ještě nejsou zhoubným nádorem, přesto však mají malé buněčné odchylky (epitelová hyperplazie s buněčnými atypiami) mají 4-5krát vyšší riziko vzniku karcinomu prsu než ženy, které nikdy neměly zjištěny žádné podobné změny. Devíti násobné riziko tedy mají ženy, které mají uvedené změny a s pozitivní rodinou historií v první linii. Důležité jsou především pravidelné kontroly těchto žen a také informovanost, protože v palpačně nepřehledném terénu může dojít k přehlédnutí nějaké změny. [7]

### 2.5.4 Radiace

Jedná se o zdvojené riziko pro karcinom prsu a bylo vyzorováno u žen, jež byly v mladém věku pod vlivem ionizujícího záření, což mohlo být způsobeno především během druhé světové války. Pokud dojde k ozáření mléčné žlázy během jejího vývoje, má to za následek nejen hypoplazii, tedy pod vývin mléčné žlázy, ale především vysoké riziko pro vznik karcinomu prsu v pozdějším věku. Jedná se o ženy, které byly v dětství ozářeny pro benigní záležitosti například hemangiom. Toto ozařování bylo též dříve indikováno jako protizánětlivé při léčbě poporodní mastitidy a je diskutován kancerogenní efekt různých vysokých dávek záření. [7]

### 2.5.5 Životní styl

- Alkohol – pití alkoholických nápojů je jedním z mnoha ovlivňujících faktorů a přispívá ke zvýšení rizika vývinu karcinomu prsa. Podle studií u žen, které vypijí pouze jednu skleničku alkoholického nápoje denně, se zvýšení rizika nijak neukázalo. U žen, které vypijí větší množství alkoholu denně, je toto riziko výrazně vyšší než u žen abstinujících.
- Strava – určitá souvislost mezi nadváhou či obezitou a karcinomem prsu je, ale je složitá. Skutečný vztah nebyl úplně přesně prokázán. Nicméně strava

i tělesná váha mohou výrazně ovlivňovat vznik i jiných druhů zhoubných nádorových onemocnění a nemocí srdce. [12]

### **2.5.6 Antikoncepce**

Stále není přesně známo, zda a jaký přesně může hormonální antikoncepce vliv na zvýšení rizika onemocnění karcinomu prsu. Přesto se během posledních studií ukázalo, že je možnost zvýšeného rizika u žen užívající antikoncepční pilulky, než u žen které ji neberou nebo ji neberou delší dobu. Tyto rizika je potřeba konzultovat s lékaři. [12]

### **2.5.7 Hormonální substituční léčba v menopauze**

Substituční léčba estrogeny v kombinaci s gestageny u žen v přechodu je poměrně běžná a pomáhá v prevenci osteoporózy, zmírnění klimatických obtíží a popřípadě také kardiovaskulárních chorob. Přesto se však podle mnoha studií prokázalo, že riziko karcinomu prsu při užívání hormonální substituční terapie zvyšuje až o 50%, to však po určité době užívání tedy asi 10 – 15 let. [12]

## **2.6 Klinické vyšetření**

Toto vyšetření se provádí nejprve pohledem, většinou ve stoje s rukama v bok či za hlavou. Pohledem se zjistí velikost a tvar prsů, jejich symetrii nebo jakékoliv změny kůže. Dále na bradavkách zjistíme jejich velikost, barvu vtažení a sekreci. Poté následuje vyšetření pohmatem, zde je důležité, aby toto vyšetření proběhlo také v leže. To může vést k nalezení různých nepravidelností a zatvrdlin, karcinomy prsu jsou většinou tvrdé, nepohyblivé a mají omezenou pohyblivost. Veškeré nálezy se zakreslují do určené skicy a dále se vyhodnocují. Vyšetření je povinné jednou ročně a je součástí gynekologické protirakovinné preventivní prohlídky. [13]

## **2.7 Zobrazovací metody**

Zde jsou uvedeny ty nejpoužívanější zobrazovací metody, kterých se využívá nejen při podezření propuknutí tohoto onemocnění, ale také jako preventivní vyšetření, jež je pro ženy od určitého věku doporučováno lékaři.



### 2.7.1 Mamografie

Tato speciální rentgenová metoda zobrazuje prs ve dvou projekcích, který je při vyšetření stlačen mezi podložku a kompresní desku. Speciální přístroje na kterých se toto vyšetření provádí musí obsluhovat vyškolený personál, následné snímky hodnotí kvalifikovaný a zkušený radiodiagnostik. Zátěž zářením je u současné mamografie velmi malá. [13]

- **Analogová mamografie** – velký důraz se klade na kontrast, měkkou snímkovací techniku, ta však zvyšuje absorbovanou dávku rentgenového záření. Díky použití molybdenové anody došlo k pokroku, který zajistil vysoký stupeň rozlišovací schopnosti.
- **Digitální mamografie** – od roku 1986 se stále rozvíjí tak aby byla schopna nahradit analogovou mamografii. Zaručuje optimalizaci celého vyšetřovacího řetězce mléčné žlázy, tedy vlastní vyšetření, zobrazení na displeji, uchování dat vyšetření.
- **Klinická mamografie** – diagnostické vyšetření u ženy s příznaky nemoci prsu (bolest, sekrece z bradavky, zarudnutí, otok...)
- **Mamografický screening** – účinnost tohoto vyšetření je až 95% a provádí se při preventivní vyšetřování prsů u žen, které nepocítíují žádné přímé známky přítomnosti nádorového onemocnění prsu. Je schopen zobrazit i velmi malý nádor, který není dosud hmatatelný a nejsou ani žádné příznaky, je toto stadium dobře vyléčitelné. [13]

#### 2.7.1.1 Princip mamografu

Vyšetření mamografem je velmi blízké rentgenovému vyšetření. Využívá se zde schopnosti tzv. měkkého záření, které dokáže rozpoznat i velmi jemné změny a tak odhalit počínající nádor. Důležité prs správně „napolohovat“, tak aby dávky záření byly velmi nízké, ale snímky přitom dobře čitelné. Prs je postupně stlačován mezi dvěma deskami, tak aby to nebylo pro ženu příliš bolestivé. Nízké dávky záření jsou velkou výhodou, proto je možné využít tuto metodu k určení diagnózy i preventivnímu snímkování. Čím nižší energie záření je použita, tím lepší je kontrastní zobrazení. [14]



Obr. 7 Mamograf [15]

### 2.7.2 Ultrazvukové vyšetření

Ultrasonografie (USG) je doplňující vyšetření. Sondou jsou vysílány do těla zvukové vlny, které jsou následně odraženy od stěn tkání a orgánů. Veškeré odrazy se snímají a vytváří obraz, který je zobrazován na obrazovce, poté je vyšetřující lékař vyhodnocuje. Vyšetření je jednoduché a nezatěžující, proto je vhodné pro mladé ženy i pro těhotné ženy. [13]



Obr. 8 Ultrazvuk [16]

### 2.7.3 Duktografie

Duktografie se provádí v případě, že pacientka trpí abnormální sekrecí z mléčné žlázy. Jedná se o sekrece s příměsí krve a je jen na jedné straně. V případě, že jde o sekreci mléčnou a oboustrannou, bývá to spíše problém hormonální a provádí se vyšetření hladiny hormonů. Vyšetření se provádí lymfografickou kanylou, která je zavedena vyústěním mlékovodu. Poté je kanylou aplikována vodná neionální kontrastní látka, ta je na rentgenu zobrazována kontrastně proti okolí. [13]

### 2.7.4 Bioptické vyšetřovací metody

Biopsie má rozhodující význam při stanovení definitivní diagnózy.

- Biopsie tenkou jehlou - metoda při níž se pomocí podtlaku vytvořeného stříkačkou nebo pomocí kapilárního víru provádí aspirace buněk.
- Core biopsie - punkční biopsie tzv. „tlustou jehlou“. Z ložiska získáme tekutinu nebo malé množství tkáně.
- Bioptická elize - výhodou této metody je, že se ložisko odstraní celé, je dostatek tkáně k histologickému vyšetření.

### 2.7.5 Laboratorní metody

- Tumorové markery - nejsou vhodné k detekci karcinomu, ale k detekci lokální recidivy resp. metastáz. Nejčastěji vyšetřované markery jsou CEA a CA 15-3. CEA se vyskytuje u případů s přítomností vzdálených metastáz. Marker CA 15-3 bývá zvýšen také u lokálního onemocnění.

## 2.8 Současné možnosti léčby karcinomu prsu

Karcinom prsu je považován za systémové onemocnění a je velmi důležité jeho zachycení v časném stádiu. Při zachycení záhy v časném stádiu, může být léčba za určitých podmínek postačující a s kurativním efektem. U pokročilejších stadií tohoto onemocnění jsou lokoregionální způsoby léčby tedy chirurgická a radiační nepostačující. Důležitá pro likvidaci celkového onemocnění je systémová léčba tedy chemická a hormonální. V současnosti je možné podle prognostických faktorů odhadnout riziko rozvoje choroby dříve, než skutečně nastane. [7]

### 2.8.1 Chirurgická léčba

Chirurgické postupy jsou rozdělovány na diagnostické terapeutické.

**Chirurgické diagnostické postupy** – důležité je označení ložiska či místa, kam se tumor projikuje na kůži a toto místo se označí barevně. Není to označení přesné a není ani jasné jak hluboko může být nádor uložen. Invazivní označení napíchnutím tumoru drátkem je mnohem přesnějším, avšak nejpřesnějším lokalizaci zajistí stereotaktické mamografie a také oblíbená 3D sonografie.

- Nejjednodušší diagnostickou metodou je tenkou jehlou (FNA), především se využívá pro odlišení cystického a solidního ložiska ve žláze.
- Vlastní histologickou diagnostikou je punkce silnou jehlou, používá se při plánované předoperační chemoterapii. Operační biopsie je nejbezpečnějším diagnostickým postupem a provádí se jako exstirpace celého nádoru. [7]

**Chirurgické terapeutické postupy** – je zde snaha o nejlepší funkční pooperační výsledky, také aby psychické narušení pacientky bylo co možná nejmenší a to při maximálním léčebném efektu. Operační postupy jsou dva:

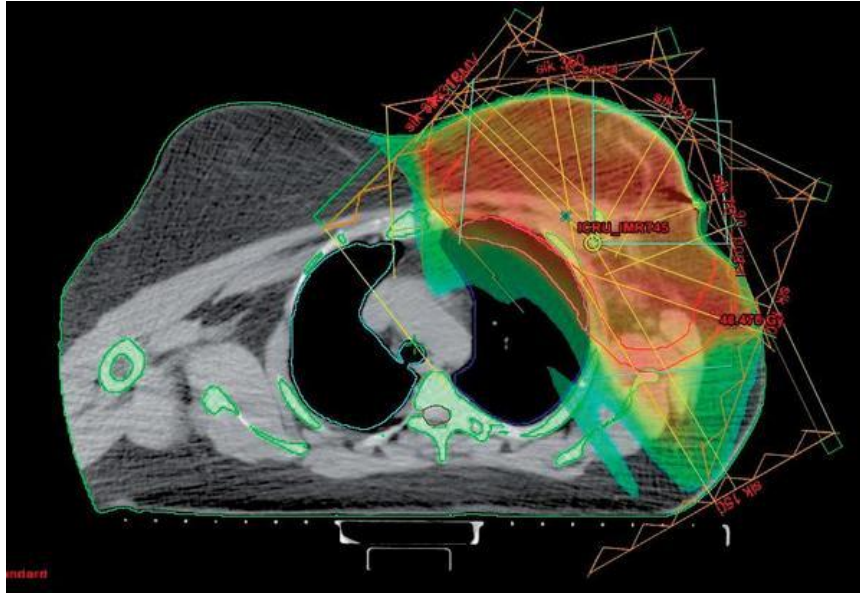
- Parciální, částečný – prs se při operaci zachová
- Radikální – jde o odstranění celého prsu

Ať už jde o parciální nebo radikální postup, musí se u obou postupů zvážit resekce axilárních uzlin. Uplatnění u žen, které podstoupily amputační výkon a jsou 2-5 let po ukončené léčbě bez známek nádoru, tzv. rekonstrukční operace. Tento složitý výkon provádí zpravidla plastický chirurg, snahou je vytvarování prsu z tkáně vlastní nebo částečně s pomocí implantovaného syntetického materiálu. Zdrojem tkáně pro vytvoření nového prsu bývá především tkáň stěny břišní a pro jeho vyplnění je vlastní tuková tkáň nebo syntetický materiál. [7]

### 2.8.2 Radioterapie

Řazena ke komplexní léčbě jako pooperační, předoperační (např. u inoperabilních tumorů), paliativní (ozařování metastáz, např. do kostí, centrálního nervového systému, při léčbě relapsů). Radioterapie má za úkol zničit všechny předpokládané zbylé nádorové buňky. Provádí se v místech jizvy či ponechané části prsu, podpaží, náklíčku. Objem ozařování je samozřejmě závislý na rozsahu onemocnění.

Pokud je rozsah původního nádoru v prsu příliš velký, může být odstranění obtížné nebo také nemožné. V takovém případě je potřeba provést předoperační ozáření prsu tak aby se rozsáhlý tumor zmenšil a mohl být operativně odstraněn. [7]



Obr. 9 Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku [17]

### 2.8.3 Chemoterapie

Jedná se o metodickou léčbu, při které se pacientovi podávají cytostatika injekčně, infuzí nebo v podobě tablet. Konkrétně u karcinomu prsu jsou cytostatika složena z doxorubicinu, metotrexátu, cyklofosfamidu a antracykliny. Tyto látky mají ničivý účinek na nádorové buňky, především zpomaluje růst a postupně zabraňuje dalšímu rozvoji rakovinných buněk. Chemoterapie nese taky určitá rizika a má nežádoucí účinky v podobě nevolnosti, zvracení, také dochází k úbytku bílých krvinek což má za následek snížení obranyschopnosti organismu, ztrátě vlasů a poškození kůže. [18][19]

### 2.8.4 Hormonální terapie

Jedná se o terapii, která se využívá u některých druhů karcinomu, na něž má hormonální léčba potřebné účinky. Léčby se využívá především u karcinomů, které jsou na podávání hormonální medikament citlivě reagující. Možnost této léčby je nejen u mammakarcinomu, ale také u benigní hyperplazie prostaty, karcinomu vaječníku, dělohy a také ledvin. Co se týče mammakarcinomu neboli rakoviny prsu, ženské hormony estrogen a progesteron výrazně ovlivňují toto onemocnění. Lékaři využívají této hormonální léčby právě k zastavení těchto hormonů a zabránění vniku do rakovinných buněk. [19]

### 2.8.5 Biologická léčba

Při této léčbě dochází díky podávaným látkám pacientovi k aktivaci imunitního systému k boji proti rakovině. Buňky, protilátky a imunitní systém začne vytvářet ochranu a obranu organismu proti cizím útočnickům, jako jsou bakterie a viry. Lékaři a vědci zjistili, že imunitní systém může být schopen zjistit rozdíl mezi zdravými i nádorovými buňkami v těle a začít tyto buňky eliminovat. Léčba má také za cíl zabránit šíření nádorových buněk do jiných částí pacientova těla. Výhodou biologické terapie spočívá v tom, že je šetrná a nepoškozuje okolní nebo zdravé buňky, což hrozí u chemoterapie a ozařování. [20]

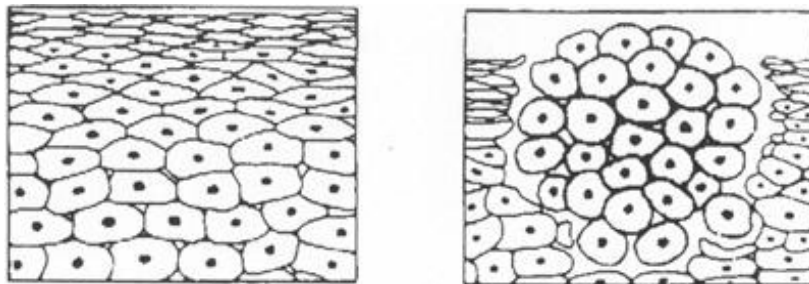
## **II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

### 3 MIKROSKOPICKÉ KVALIFIKACE KARCINOMU PRSU

#### 3.1 Rakovinná tkáň

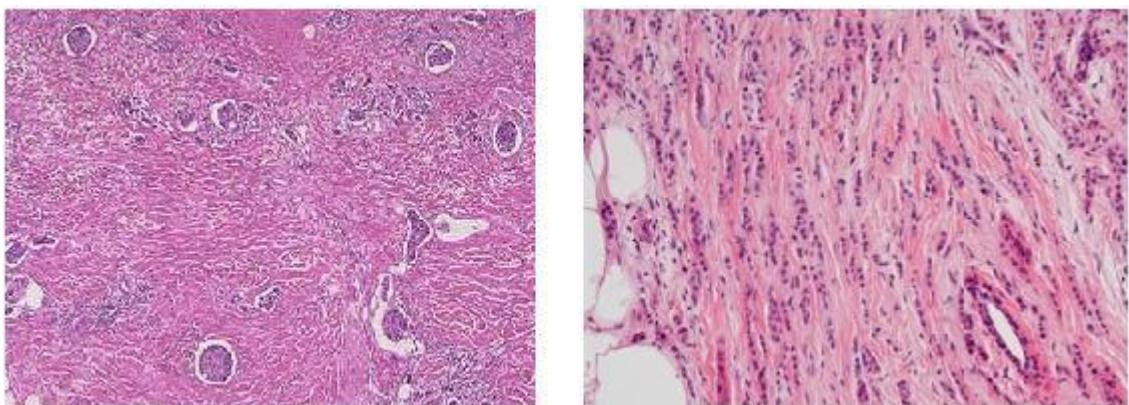
Stavba tkání je dle jejich účelu rozmanitá a její složení je z několika buněk. Rozdělit je můžeme na buňky fixní, což jsou pevné a nepohyblivé buňky. Dále jsou to buňky volné, tedy pohyblivé aktivně i pasivně. [21]

Na následujícím obrázku je znázorněn rozdíl mezi tkání zdravou a nádorovou.



Obr. 10 Zobrazení zdravé a nádorové tkáně [21]

Zdravá prsní žláza je složena z laloků, jež se dále dělí do jednotlivých lalůčků, v nich dochází k tvorbě mléka v období laktace. Dále se větví do drobných duktů, kterými se mléko odvádí k bradavce.



Obr. 11 Zdravá prsní tkáň pod mikroskopem [22]

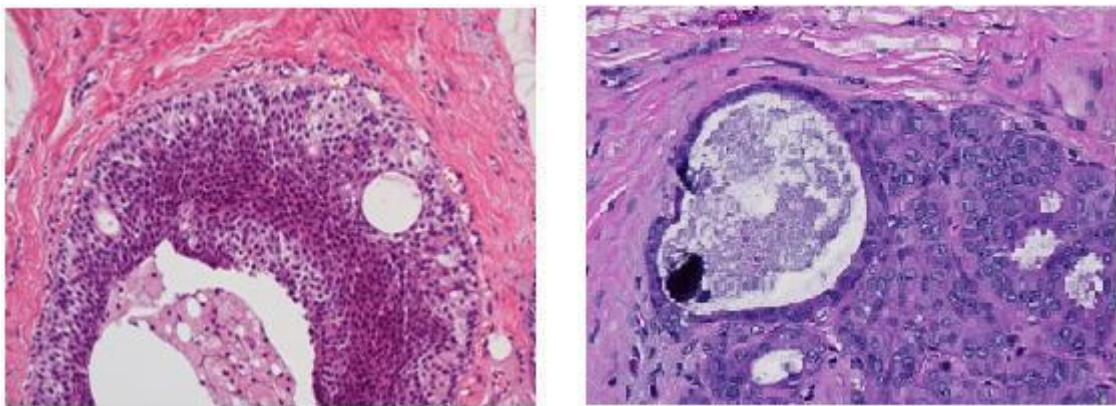
Karcinom prsu můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin.

- **Nádor invazivní** – dochází k rozšíření rakovinných buněk i mimo oblast vzniku a růstu. Dále se dělí na:



- *Invazivní duktální karcinom (IDC)*, jedná se o nejčastější typ rakoviny prsu. Vzniká v mlékovodu a roste do okolní zdravé tkáně uvnitř prsu.
  - *Invazivní lobulární karcinom (ILC)*, vzniká uvnitř mléčné žlázy a roste do okolní zdravé tkáně uvnitř prsu. [19]
- **Nádor neinvazivní** – rakovinné buňky se nachází v původní oblasti vzniku a růstu, můžeme se setkat také s označením karcinom in situ („na místě“). Dále se dělí na:
    - *Duktální karcinom in situ (DCIS)*, jedná se o druh velmi časného stádia karcinomu prsu. Buňky lemující mléčných kanálků na prsou mají zarostlé a stanou se rakovinné, ale nemají schopnost šířit mimo potrubí.
    - *Lobulární karcinom in situ (LCIS)*, jedná se o nadměrný růst buněk, které zůstávají uvnitř lalůček a mlékovodů. LCIS je velmi časná forma rakoviny, někdy nazývané pre-rakoviny. [23]

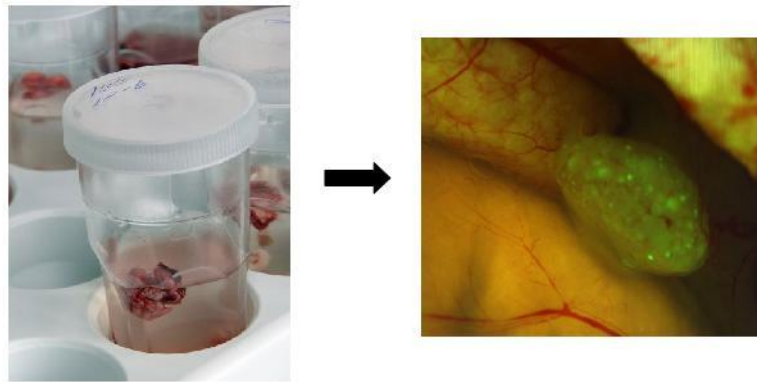
Na následujícím obrázku je příklad vzhledu rakovinných buněk pod mikroskopem.



Obr. 12 Rakovinné buňky pod mikroskopem [22]

Výzkumný tým Stanfordské univerzity v Kalifornii zabývající se vývojem protilátek a imunitního systému, který by měl napomoci k odstranění nádorových buněk. Své experimenty provádí za pomoci transplantace karcinomu do tkání laboratorním myším. Na

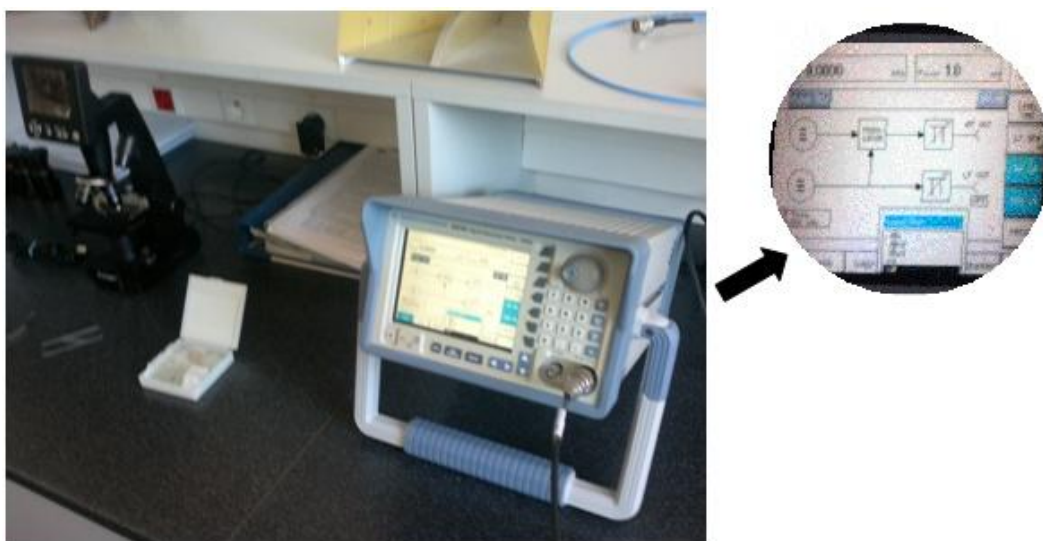
následujících obrázcích jsou zdokumentovány vzorky prsních nádorových tkání a zobrazení pod mikroskopem.



Obr. 13 Vzorek prsní tkáně s karcinomem a jeho zobrazení pod mikroskopem [24]

## 4 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ

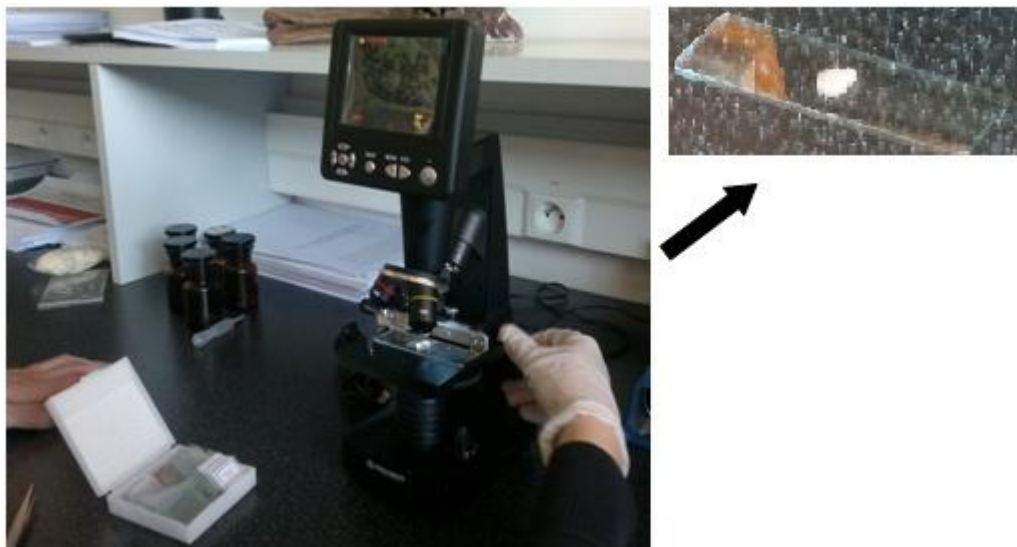
V následující části práce se seznámíme s postupem, který jsme využili v rámci získání důležitých dat pro vypracování experimentální části. Jeden z hlavních kroků pro realizaci měření je zajištění vhodných prostor pro vytvoření pracoviště. Naše pracoviště se nachází v budově Fakulty aplikované informatiky U5 v laboratoři 315. Toto pracoviště spolu s potřebným zařízením je zachyceno v následujících obrázcích.



Obr. 14 Použitý generátor SM300



Obr. 15 Mikroskop



Obr. 16 Zkoumaní vzorku pod mikroskopem

Vzorky pro měření jsou uloženy v roztoku v prachovnicích. Jednotlivé vzorky jsou dány na sklíčka a vložena pod mikroskop. Pomocí generátoru, na kterém můžeme nastavit různou frekvenci a výkon. Ozařování jednotlivých vzorků probíhá přímo pod mikroskopem za použití sondy, která je propojena s generátorem pomocí koaxiálního kabelu. Mikroskop umožňuje pořízení obrázků, díky kterým můžeme porovnávat zněny, snímky jsou pořizovány v určitých intervalech. V následujících řádcích jsou uvedeny přístroje a vybavení, které využíváme.

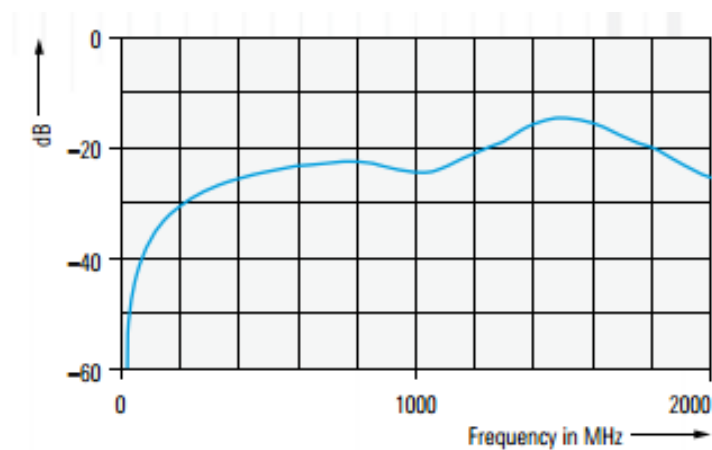
#### 4.1 Použité přístroje a zařízení

- **Generátor SM300** – Vektorový signální generátor SM300 značky Rohde & Schwarz nabízí široký frekvenční rozsah a široký výběr modulace funkcí a vysokou spolehlivost. Generátor je vybaven vestavěným modulátorem I / Q a je ideální pro vytváření digitálně modulované signály. Frekvenční rozsah je 9 kHz až 3 GHz, druhy modulace jsou AM, FM,  $\phi$ M, Pulse a I / Q a NF výkon je 20 Hz až 80 kHz.
- **LCD mikroskop Bresser** – Parametry:
  - Zvětšení 40x-400x-1600x,
  - Zvětšení okulárů LCD 10x,
  - Zvětšení objektivů 4x/10x/40x,

- Velikost obrazu 800x600 - 1200x1600px,
  - Rozlišení 2Mpx, (3.2Mpx-interpolací),
  - Osvětlení LED spodní i horní.
- **Sonda RSH50-1** - Sonda je součástí setu HZ-15 značky Rohde & Schwarz, ve frekvenčním rozsahu 100 kHz až 2 GHz. Průměr hlavice je cca. 10mm, má vyšší rozlišení a nižší citlivost. Je vhodná pro měření na menší vzdálenost a to přibližně do 3cm. V tomto rozmezí je schopná přesněji zaměřit danou oblast.



Obr. 17 Sonda RSH50-1



Obr. 18 Frekvenční rozsah 30 MHz až 2 GHz [26]

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ NA BIOLOGICKÉM MATERIÁLU

Experimentální měření na laboratorním biologickém materiálu probíhá ve čtyřech etapách, ve kterých se využívá různých hodnot výkonů a frekvencí. Testuje se také rozdílná poloha sondy, což experimentální měření určitým způsobem ovlivní. Ke každému měření je vytvořena tabulka s naměřenými hodnotami, přiložena je také fotodokumentace z průběhu ozařování biologického vzorku, kde jsou viditelné změny nádorových buněk. Naměřených hodnot je mnohem více, než je uvedeno u jednotlivých experimentálních měření. Uvedeny jsou tedy zásadní data, která jsou pro experimentální část přínosná a důležitá pro vyhodnocení výsledků.

### 5.1 Experimentální měření - biologický vzorek 1

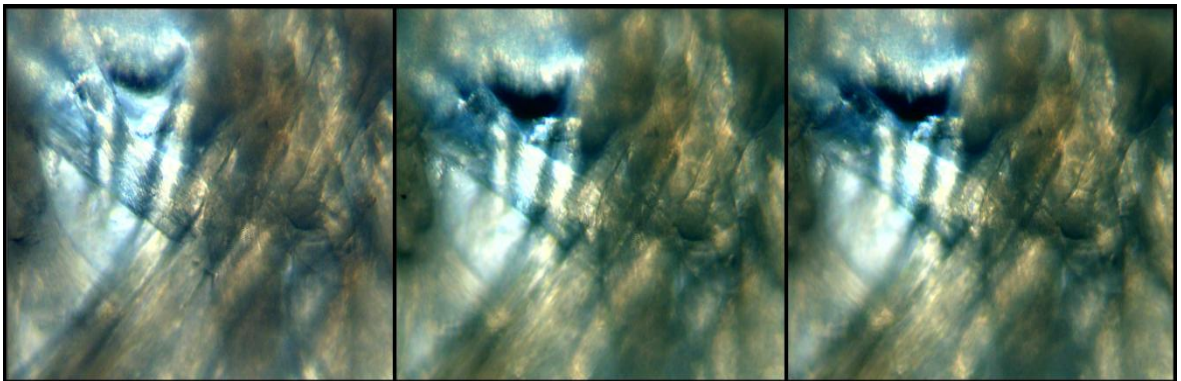
V prvním kroku experimentálního měření je nastavena na generátoru frekvence o hodnotě 900 kHz, která je během měření neměnná. Interval mezi jednotlivými etapami ozařování biologického materiálu je dlouhý 5 minut. Mění se pouze nastavení hodnoty výkonu generátoru, který je postupně zvyšován až do možného maxima 19,9 mW.

Tabulka 3 Naměřené hodnoty biologického vzorku 1

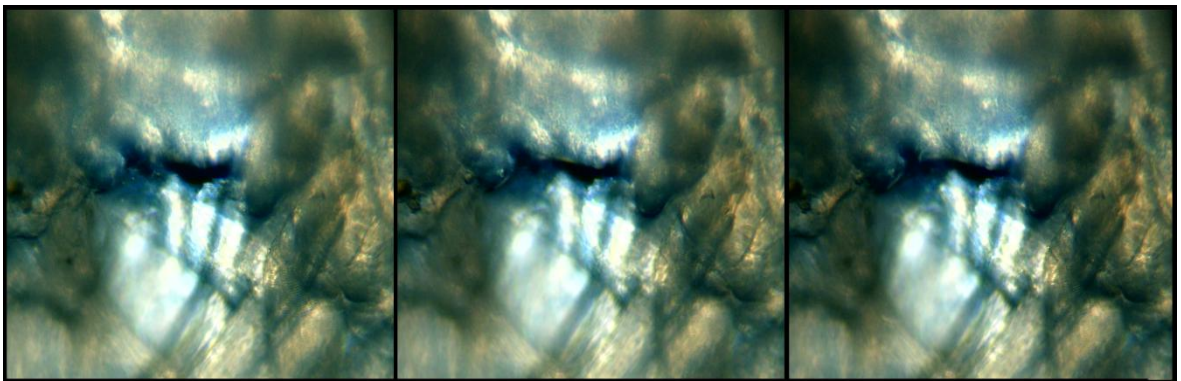
	Čas [min]	Výkon [mW]	Frekvence [GHz]
<b>1</b>	5	1,3	0,9
<b>2</b>	5	2	0,9
<b>3</b>	5	3	0,9
<b>4</b>	5	4	0,9
<b>5</b>	5	5	0,9
<b>6</b>	5	6,3	0,9
<b>7</b>	5	7,9	0,9
<b>8</b>	5	10	0,9
<b>9</b>	5	12,6	0,9
<b>10</b>	5	15,8	0,9
<b>11</b>	5	19,9	0,9

Změny v histologické struktuře biologické tkáně jsou dokumentovány během měření. Na následujících obrázcích je zřejmé, že biologický materiál reaguje již na postupné zvyšování výkonu ozařování.

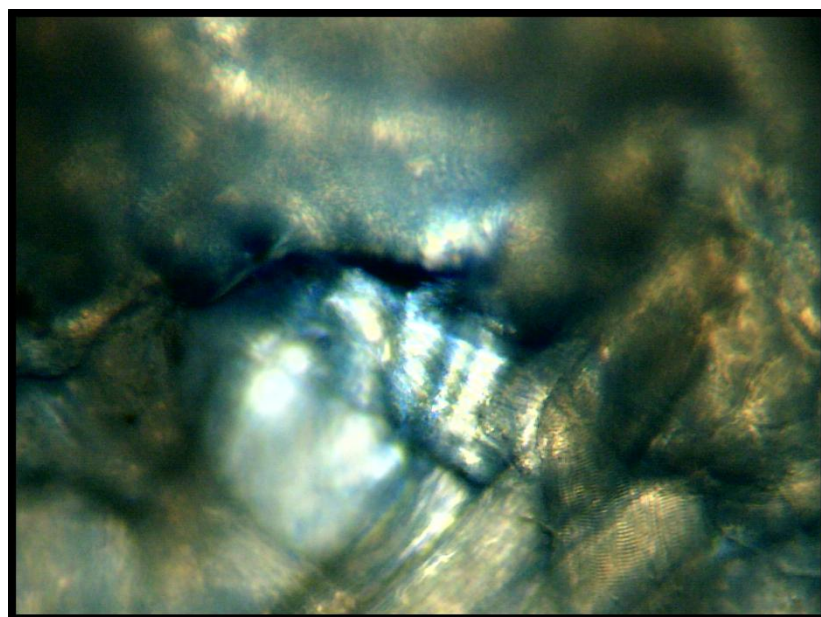




Obr. 19 *Postupné změny tkáně při zvyšování výkonu do 5 mW*



Obr. 20 *Postupné změny tkáně při zvyšování výkonu do 15,8 mW*



Obr. 21 *Sledovaná část při nejvyšším zvoleném výkonu*

## 5.2 Experimentální měření - biologický vzorek 2

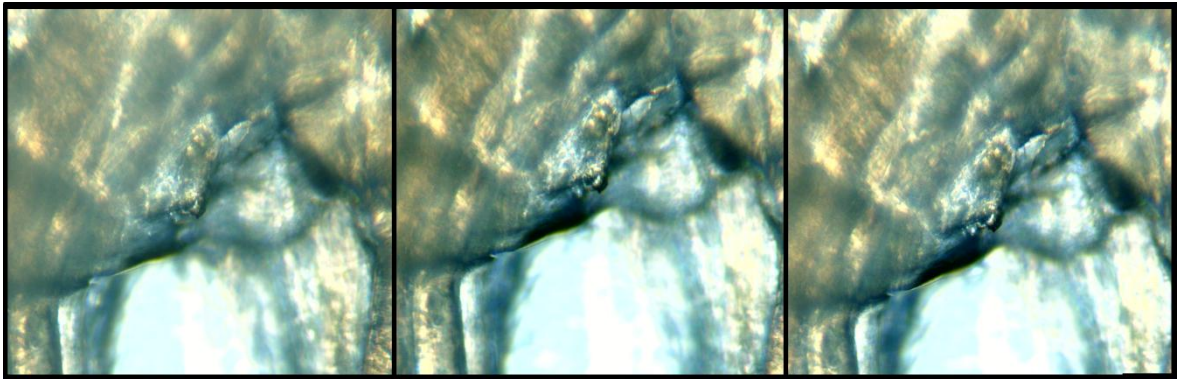
Vzhledem k zjištěným informacím z předešlého experimentálního měření, kde dochází k viditelným změnám na biologickém vzorku u výkonu o hodnotě 10 mW, je zde tato hodnota výkonu jako počáteční. V průběhu měření na biologickém vzorku 2 dochází k postupnému zvýšení výkonu na hodnotu 19 mW. Interval mezi jednotlivými etapami ozařování biologického materiálu je nejprve dlouhý 2 minuty, později je potřebné prodloužit interval alespoň na 3 minuty. Ke změnám na biologickém vzorku dohází postupným zvyšováním frekvence do maximální hodnoty 2 GHz, zde jsou viditelné změny v histologické struktuře biologické tkáně. V průběhu experimentálního měření dochází k opakovaným změnám polohy sondy, nejprve na horizontální a následně vertikální polohu sondy.

Tabulka 4 Naměřené hodnoty biologického vzorku 2

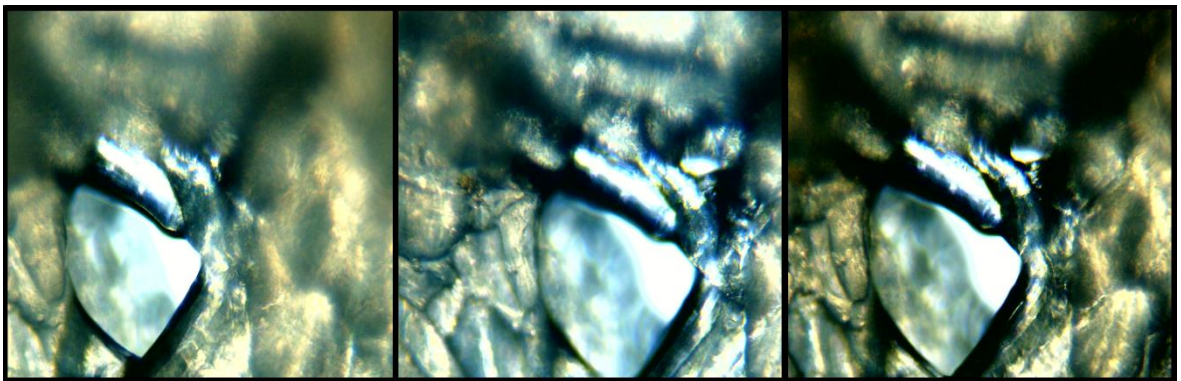
	Čas [min]	Výkon [mW]	Frekvence [GHz]	Poloha sondy
<b>1</b>	2	10	0,900	horizontální
<b>2</b>	2	10	0,980	horizontální
<b>3</b>	2	10	0,985	horizontální
<b>4</b>	2	10	0,985	horizontální
<b>5</b>	2	10	0,995	vertikální
<b>6</b>	3	19	1,000	vertikální
<b>7</b>	3	19	1,100	vertikální
<b>8</b>	3	19	1,200	vertikální
<b>9</b>	3	19	1,300	horizontální
<b>10</b>	3	19	1,400	horizontální
<b>11</b>	3	19	1,500	horizontální
<b>12</b>	3	19	1,600	horizontální
<b>13</b>	3	19	1,700	vertikální
<b>14</b>	3	19	1,800	vertikální
<b>15</b>	3	19	1,900	vertikální
<b>16</b>	3	19	2,000	vertikální

Během měření docházelo k viditelnějším změnám na biologickém vzorku, než tomu bylo v předešlém experimentálním měření. Zde je vidět jak se jednotlivé stěny buněk postupně hroutí při zvyšování hodnoty frekvence.

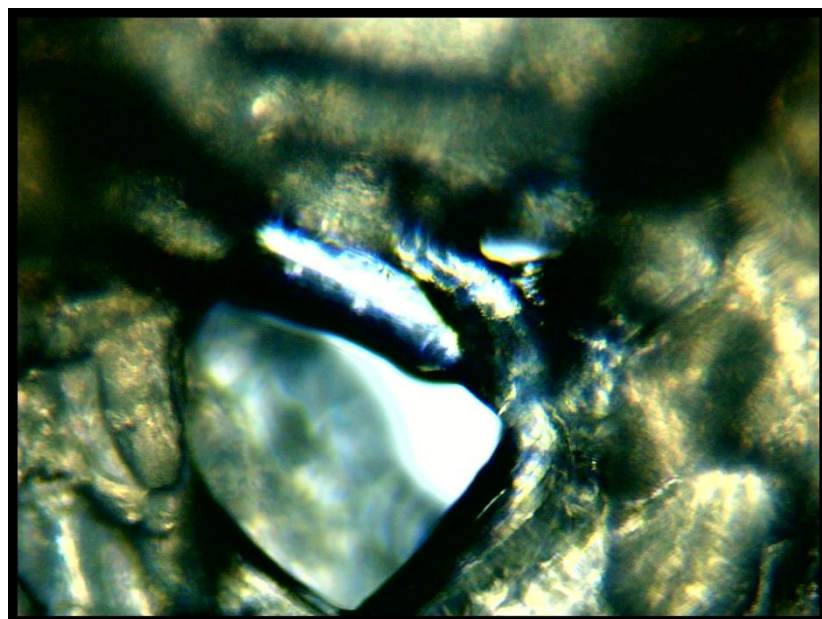




Obr. 22 Zobrazení změn tkáně při frekvenci do hodnoty 1,2 GHz



Obr. 23 Zobrazení změn tkáně při frekvenci do hodnoty 1,9 GHz



Obr. 24 Sledovaná část biologického vzorku 2 ozařovaná do frekvence o hodnotě 2GHz

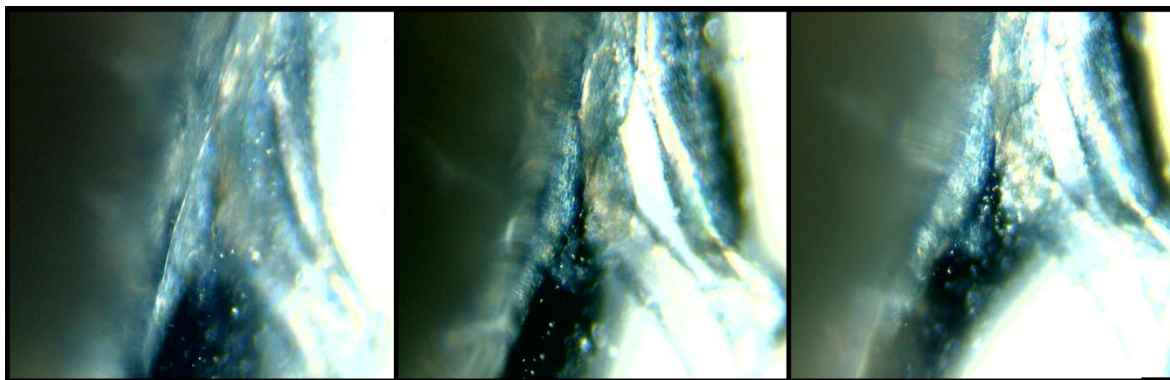
### 5.3 Experimentální měření - biologický vzorek 3

Třetí experimentální měření spočívá v opačném postupu, kde výkon generátoru je nastaven na maximální hodnotu 19 mW a postupně je snižován na hodnotu 10 mW. Doba jednotlivých etap ozařování biologického vzorku je o délce 3 minut. Počáteční frekvence je nastavena na hodnotě 2 GHz a je po jednotlivých inkrementech o hodnotě 100 kHz snižován na hodnotu 0,5 GHz. U biologického vzorku 3 nedochází ke změnám polohy sondy, zde je ve stálé horizontální poloze.

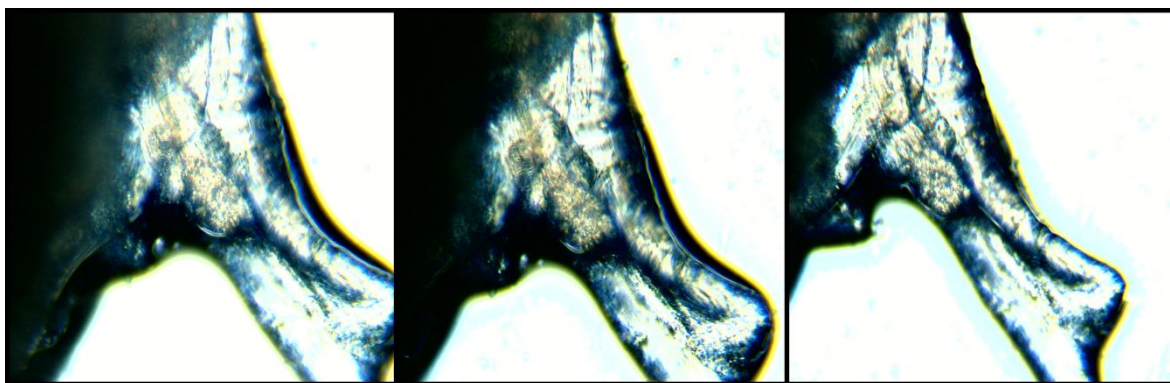
Tabulka 5 Naměřené hodnoty biologického vzorku 3

	Čas [min]	Výkon [mW]	Frekvence [GHz]	Poloha sondy
<b>1</b>	3	19	2,000	horizontální
<b>2</b>	3	19	1,900	horizontální
<b>3</b>	3	19	1,800	horizontální
<b>4</b>	3	19	1,700	horizontální
<b>5</b>	3	19	1,600	horizontální
<b>6</b>	3	19	1,500	horizontální
<b>7</b>	3	19	1,400	horizontální
<b>8</b>	3	19	1,300	horizontální
<b>9</b>	3	19	1,200	horizontální
<b>10</b>	3	19	1,100	horizontální
<b>11</b>	3	19	1,000	horizontální
<b>12</b>	3	19	0,900	horizontální
<b>13</b>	3	15	0,800	horizontální
<b>14</b>	3	13	0,700	horizontální
<b>15</b>	3	11	0,600	horizontální
<b>16</b>	3	10	0,500	horizontální

Na následujícím obrázku je zřejmé, že při ozařování biologického materiálu o počáteční frekvenci hodnoty 2 GHz, která je postupně snižována na hodnotu 0,900 GHz, dochází k prudšímu a výraznějšímu dopadu na nádorovou tkáň. Zde už dochází k likvidaci buněk.

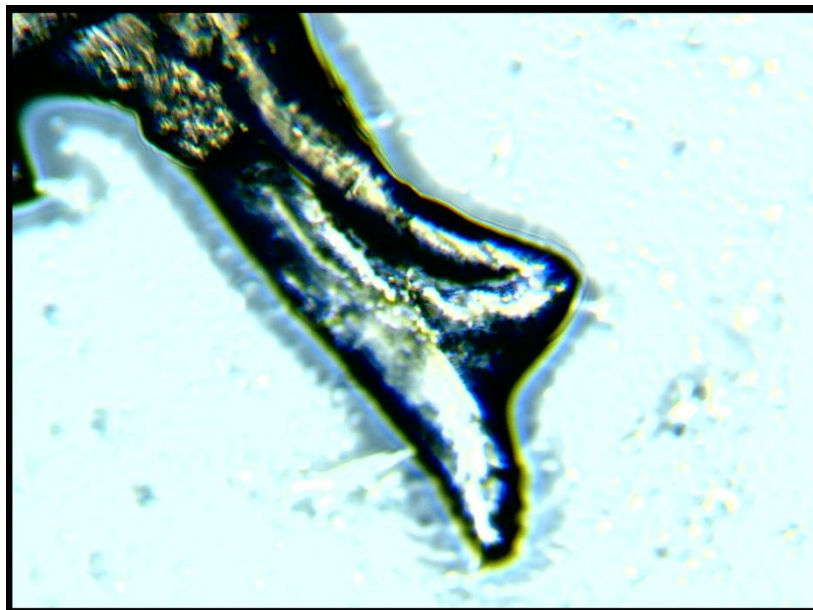


Obr. 25 Ozařovaná tkáň o sestupné frekvenci od 2GHz po 1,4 GHz



Obr. 26 Ozařovaná tkáň o sestupné frekvenci od 2GHz do 0,5 GHz

Dále je zobrazen výsledný snímek měření, kdy hodnota frekvence byla snižována od 2GHz do 0,5 GHz. Zde již je výrazné narušení nádorových buněk a stěny tkáně.



Obr. 27 Zobrazení vlivu sestupné frekvence na nádorovou tkáň



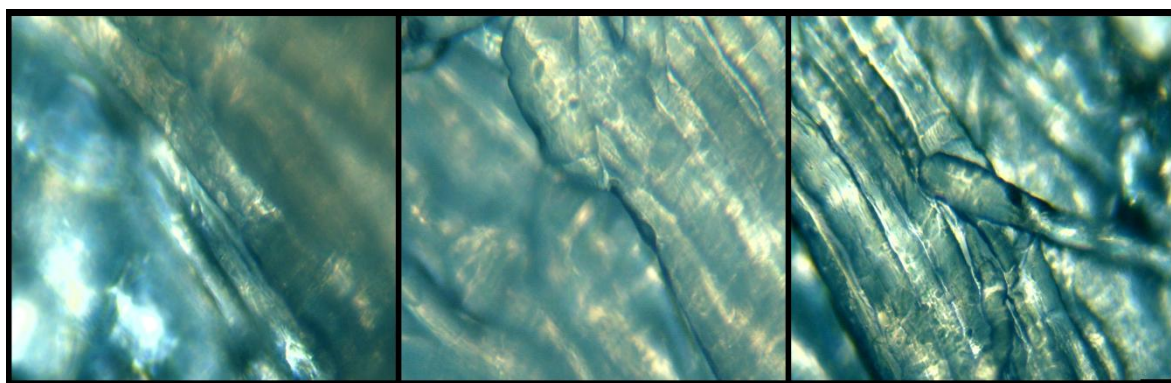
#### 5.4 Experimentální měření - biologický vzorek 4

V posledním experimentálním měření je zvolen stálý výkon o hodnotě 10 mW. Doba jednotlivých etap ozařování biologického vzorku je o délce 3 minut. Hodnota frekvence je zvyšována po nižších inkrementech od 1 GHz do 1,45 GHz. Předmětem pozorování je především to, jakým způsobem působí vertikální poloha sondy na laboratorní biologický materiál.

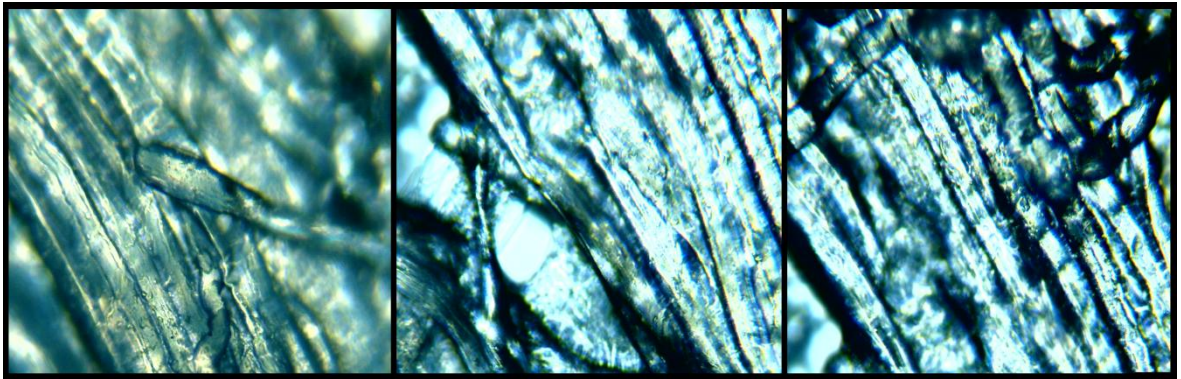
Tabulka 6 Naměřené hodnoty biologického vzorku 4

	Čas [min]	Výkon [mW]	Frekvence [GHz]	Poloha sondy
1	3	10	1,000	vertikální
2	3	10	1,100	vertikální
3	3	10	1,200	vertikální
4	3	10	1,250	vertikální
5	3	10	1,300	vertikální
6	3	10	1,350	vertikální
7	3	10	1,400	vertikální
8	3	10	1,450	vertikální

Z následujících obrázků je patrné, že i při vertikální poloze sondy a průměrném výkonu i frekvenci, jsou změny na tkáni dosti značné. Na obrázku Obr. 24 jsou viditelné tmavnoucí stěny vláken nádorové tkáně.

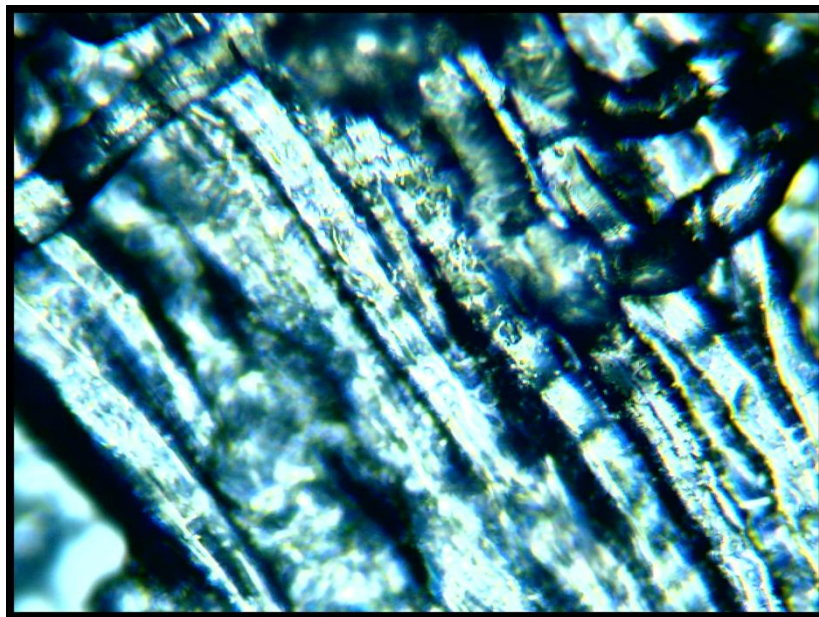


Obr. 28 Zobrazení změn při vertikální poloze sondy do hodnoty frekvence 1,25 GHz



Obr. 29 Zobrazení změn při vertikální poloze sondy do hodnoty frekvence 1,4 GHz

Poslední pořízený snímek je důkazem, že vysokofrekvenční záření má schopnost negativně ovlivnit histologickou strukturu rakovinné tkáně.



Obr. 30 Změny tkáně při poslední měřené frekvenci

## 5.5 Verifikace naměřených dat

Naměřené hodnoty u jednotlivých měření odpovídají změnám, které jsme pozorovali během zkoumání tkáně pomocí mikroskopu. Je pravdou, že elektromagnetické záření má negativní vliv na nádorové buňky, takže zamezí jejich růstu a rozvoji do okolních tkání. Stejně tak může mít EM pole negativní vliv i na zdravé buňky, tkáně či orgány, záleží však na energii a její míře překročení určité meze.

Naše měření je jen experimentální a náš cíl byl především dokázat určitou účinnost vysokofrekvenčního záření na rakovinovou tkáň. Při prvním měření, kdy jsme zvyšovali pouze výkon, ale frekvence zůstávala stejná, jsou změny méně znatelné než například u druhého měření, kdy naopak výkon zůstal stálý a frekvence se postupně zvyšovala. Během třetího měření jsme se rozhodli frekvenci snižovat, začínali jsme tedy na vysoké frekvenci, díky tomu byl účinek na biologický materiál příliš rychlý a docházelo k jeho spálení, což nebylo v našem zájmu. U čtvrtého měření se hodnoty nijak výrazně neměnily, pouze jsme změnili polohu používané sondy na vertikální a nechali ji tak po celou dobu měření.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce je se blíže seznámit s problematikou elektromagnetického záření a jeho vlivem na biologickou tkáň. Konkrétně se práce věnuje malignímu mammakarcinomu, tedy malignímu nádorovému onemocnění prsu, jenž je v současnosti stále nejčasnějším zhoubným onemocněním u žen. Práce obsahuje základní informace týkající se karcinomu prsu, metody vyšetření, které jsou nejpoužívanější nejen v případě podezření, ale také jako preventivní vyšetření. Dále jsou uvedeny možnosti léčby, které jsou pro pacienty vhodné v závislosti na stádiu onemocnění a zasažení organismu. Důležitou součástí práce je experimentální část, která se nejprve věnuje mikroskopické kvalifikace karcinomu prsu a nádorové tkáni. V návrhu metodiky měření jsou uvedeny podrobnosti o pracovišti, potřebných zařízeních a postup jakým bude měření probíhat. Ozařování je prováděno pomocí sondy připojené k vysokofrekvenčnímu signálovému generátoru. Biologický vzorek je ozařován přímo pod mikroskopem, který nám umožňuje podrobné zkoumání změn nádorové tkáně, také je výhodou možnost pořizování záznamu přímo v průběhu měření. U každého ze čtyř měření je vytvořena tabulka, kde jsou určeny veličiny, jako jsou čas, výkon, frekvence, které jsou pro měření výchozí. Největší změny jsou zaznamenány při zvyšování frekvence až do hodnoty 2 GHz, naopak při zvyšování výkonu a stále frekvenci nebyly změny tak výrazného charakteru.

Katedra elektromagnetického pole, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze se této metodě věnuje již od roku 1981. Výzkum obsahuje především léčebné i diagnostické aplikace EM pole v medicíně. Předmětem studie jsou pozitivní i negativní biologické účinky EM pole na člověka. Tento výzkumný tým pracuje na vývoji nových vyzařujících aplikátorů pro mikrovlnnou termoterapii využívanou v onkologii jako hypertermie pro léčbu nádorových onemocnění. Tyto studie se také snaží aplikovat v klinické praxi, zejména lékařům z Ústavu radiační onkologie Nemocnice Na Bulovce, kde léčba onkologických pacientů hypertermií probíhá již od r. 1982. [25]

V současné době existuje spousta metod léčby tohoto onemocnění, ale jedna nejkaktuálnějších je také biologická léčba nádorových onemocnění. Vývoj a testování těchto imunoterapeutických léčebných prostředků jde stále kupředu. Cílem je zvýšit imunitní aktivitu především bezprostředního okolí, které má snahu potlačovat imunitní reakci a je tzv. imunosupresivní. Díky cytosinům, což jsou imunostimulační látky, dochází k podpoření imunitního systému v boji s nádorovým onemocněním.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The main aim of this thesis is get to know with the problems of electromagnetic radiation and its effects on biological tissue. Specifically, the work deals with mammary carcinoma, a malignant tumor disease of the breast, which is currently still the most frequent malignant disease in women. The work includes basic information about mammary carcinoma, methods of analysis that are the most common used in case of suspicion, and also preventive. Longer opportunities of treatment which are suitable for patients according to the stage of the disease and applied organism by the disease. An important part of the experimental section, that deals firstly with microscopic qualification breast cancer and tumor tissue. The design methodology for measuring the details, about the work the necessary equipment and measurement procedure which will be used. Irradiation is performed with a probe connected to the high-frequency generator. The biological sample is irradiated directly under the microscope, which allows us a detailed examination of changing in tumor tissue. It is also possible to take a record directly during the measurement. For each of four measurements a table is created, which includes unit time, power, frequency, which are initial for measuring. The biggest changes are recorded at increasing frequencies up to 2 GHz, while the ever increasing performance and frequency changes were not so significant character.

Department of Electromagnetic Field, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague this method has been involved in since 1981. Research has mainly therapeutic and diagnostic applications of EM fields in medicine. Subject of the study are positive and negative biological effects of EM fields on humans. The research team is working to develop new radiating applicators for microwave thermotherapy utilized in oncology as hyperthermia for cancer treatment. This study also seeks to apply in clinical practice, particularly doctors from the Department of Radiation Oncology to hospital, where hyperthermia treatment of cancer patients has been running since 1982.

Currently, there are many methods of treatment of this disease, but the most recent one is a biological treatment of cancer. Development and testing of immunotherapeutic treatments funds is still fast forward. The aim is to increase immune activity mainly immediate vicinity, which tends to suppress the immune response and the immunosuppressant. With cytosine, which are immunostimulation substance is to support the immune system to fight the tumor cells.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [3] JAROŠ, M. Šíření vln: Základní vlastnosti šíření radiových vln. *Progress: Šíření radiových vln* [online]. 2002, 16.04.2002 [cit. 2012-10-21]. Dostupné z: <http://progress.kvalitne.cz/sirenivln.htm>
- [2] BEZDĚK, Miloslav. *Elektronika II*. 3. vyd. České Budějovice: KOPP, 2008. ISBN 978-80-7232-359-3.
- [3] MAZÁNEK, Miloš a Pavel PECHAČ. *Šíření elektromagnetických vln a antény*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 259 s. ISBN 8001030326.
- [4] VRBA, Jan. *Aplikace mikrovlnné techniky*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 147 s. ISBN 80-01-02294-3.
- [5] HOFFMANN, Karel a Přemysl HUDEC. *Vysokofrekvenční a mikrovlnná měření*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006, 111 s., [13] s. příl. ISBN 8001034429.
- [6] VRBA, CSC., Prof. Ing. Jan. Jak (ne)bezpečné je elektromagnetické pole?. *HW.cz: Teorie a praxe* [online]. 2012 [cit. 2012-11-13]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/jak-nebezpecne-je-elektromagneticke-pole.html>
- [7] VORLÍČEK, Jiří, Jitka ABRAHÁMOVÁ a Hilda VORLÍČKOVÁ. *Klinická onkologie pro sestry*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, 448 s. ISBN 978-80-247-3742-3.
- [8] VRBA, Jan. *Lékařské aplikace mikrovlnné techniky*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 168 s. ISBN 80-01-02705-8.
- [9] National cancer institute: Malignant versus Benign Tumors. [online]. 01/28/2005 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.cancer.gov/cancertopics/understandingcancer/cancer>

- [10] PECHÁČKOVÁ, Tereza. Rakovina prsu - průvodce pro boj s nemocí: Anatomie prsu. *Rakovina prsu: Prsa a rakovina* [online]. 2012 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://www.rakovinaprsu.cz/prsa-a-rakovina/anatomie-prsu/>
- [11] Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. INSTITUT BIOSTATISTIKY A ANALÝZ, LF a PřF MU v Brně. [online]. 1999 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.svod.cz/>
- [12] ABRAHÁMOVÁ, Jitka. *Co byste měli vědět o rakovině prsu*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009. 143 s. Doktor radí. ISBN 978-80-247-3063-9.
- [13] ABRAHÁMOVÁ, Jitka a DUŠEK, Ladislav. *Možnosti včasného zachytu rakoviny prsu*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 227 s. ISBN 80-247-0499-4.
- [14] MLČOCH, Zbyněk MUDr. Mamografie. *Zbynekmlcich.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/nemoci-lecba/mamografie-princip-jak-funguje-mamograf-a-jak-probiha-mamograficke-vysetreni>
- [15] TAKÁCS, Štefan. Siemens: MAMMOMAT NovationDR. [online]. © 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: [https://www.cee.siemens.com/web/sk/sk/healthcare/zobr/mamiografia/digitalna/Pages/mammomat\\_novation\\_dr.aspx](https://www.cee.siemens.com/web/sk/sk/healthcare/zobr/mamiografia/digitalna/Pages/mammomat_novation_dr.aspx)
- [16] Šarda MedTech s.r.o.: Ultrazvuk Siemens. [online]. © 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: [https://www.cee.siemens.com/web/sk/sk/healthcare/zobr/mamiografia/digitalna/Pages/mammomat\\_novation\\_dr.aspx](https://www.cee.siemens.com/web/sk/sk/healthcare/zobr/mamiografia/digitalna/Pages/mammomat_novation_dr.aspx)
- [17] DOLEŽEL, MUDr. Ph. D. Martin. POSTGRADUÁLNÍ MEDICÍNA: Radioterapie karcinomu prsu. [online]. 7.5.2012 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/radioterapie-karcinomu-prsu-464729>

- [18] Medicine Net. GOVERNMENT. *Chemotherapy Related Articles* [online]. ©1996-2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://www.medicinenet.com/chemotherapy/article.htm#What\\_is\\_chemotherapy](http://www.medicinenet.com/chemotherapy/article.htm#What_is_chemotherapy)
- [19] Cancer Research UK. *Cancer treatments* [online]. 3 May 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.cancerresearchuk.org/cancer-help/about-cancer/treatment/>
- [20] Stanford Medicine. *Biological Therapy For Cancer Treatment* [online]. ©2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://cancer.stanford.edu/information/cancerTreatment/methods/biological.html>
- [21] PTÁČEK, Vladimír. MASARYKOVA UNIVERZITA PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. *HISTOLOGIE nauka o tkáních* [online]. 2007 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/ptacek/HISTOLOGIE2.htm#tkanove>
- [22] Virtual medical centre. *Pathology Testing for Breast Cancer* [online]. 5/12/2005, 12/4/2010 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.virtualmedicalcentre.com/health-investigation/pathology-testing-for-breast-cancer/12>
- [23] RYŠKA, Aleš, prof. MUDr. Ph.D. Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. *Histologické vyšetření karcinomu prsu* [online]. 5. 8. 2010 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/nadory-prsu-c50/histologicke-vysetreni-karcinomu-prsu/>
- [24] COLLIVER, Victoria. Sfgate. [online]. 2012, © 2013 Hearst Communications Inc. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.sfgate.com/default/article/Stanford-Antibody-offers-hope-against-cancers-3449041.php>
- [25] VRBA, CSC., Prof. Ing. Jan. Katedra elektromagnetického pole: Biomedicínské a ekologické aplikace EM pole. [online]. © 2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://elmag.org/en/lekarske-aplikace-mikrovlne-techniky>

- [26] Rohde-Schwarz: Probe Set ,HZ-15 for E and H near-field emission measurements with test receivers and spectrum analyzers. [online]. 2006 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: [http://cdn.rohde-schwarz.com/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_brochures\\_and\\_datasheets/pdf\\_1/HZ-15\\_en.pdf](http://cdn.rohde-schwarz.com/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/HZ-15_en.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

EMV	Elektromagnetické vlny,
EM	Elektromagnetismus,
VKV	Velmi krátké vlny,
IEEE	Institute of Electrical and Electrical and Electronics Engineers,
USG	Ultrasonografie,
MR	Magnetickou rezonanci,
EKG	Elektrokardiogram,
EEG	Elektroencefalogram,
HT	Hypertermie,
IDC	Invazivní duktální karcinom,
ILC	Invazivní lobulární karcinom,
LCIS	Lobulární karcinom in situ,
DCIS	Duktální karcinom in situ.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Vznik a šíření elektromagnetických vln</i> [2].....	11
Obr. 2 <i>Vznik EM pole</i> [2].....	12
Obr. 3 <i>Směr šíření elektromagnetické vlny</i> [2] .....	12
Obr. 4 <i>Zobrazení šíření jednotlivých vln</i> [2].....	13
Obr. 5 <i>Anatomie mléčné žlázy</i> .....	18
Obr. 6 <i>Lymfatické mízní žlázy</i> .....	19
Obr. 7 <i>Mamograf</i> [15].....	26
Obr. 8 <i>Ultrazvuk</i> [16].....	26
Obr. 9 <i>Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku</i> [17].....	29
Obr. 10 <i>Zobrazení zdravé a nádorové tkáně</i> [21].....	32
Obr. 11 <i>Zdravá prsní tkáň pod mikroskopem</i> [22].....	32
Obr. 12 <i>Rakovinné buňky pod mikroskopem</i> [22].....	33
Obr. 13 <i>Vzorek prsní tkáně s karcinomem a jeho zobrazení pod mikroskopem</i> [24] .....	34
Obr. 14 <i>Použitý generátor SM300</i> .....	35
Obr. 15 <i>Mikroskop</i> .....	35
Obr. 16 <i>Zkoumání vzorku pod mikroskopem</i> .....	36
Obr. 17 <i>Sonda RSH50-1</i> .....	37
Obr. 18 <i>Frekvenční rozsah 30 MHz až 2 GHz</i> [26] .....	37
Obr. 19 <i>Postupné změny tkáně při zvyšování výkonu do 5 mW</i> .....	39
Obr. 20 <i>Postupné změny tkáně při zvyšování výkonu do 15,8 mW</i> .....	39
Obr. 21 <i>Sledovaná část při nejvyšším zvoleném výkonu</i> .....	39
Obr. 22 <i>Zobrazení změn tkáně při frekvenci do hodnoty 1,2 GHz</i> .....	41
Obr. 23 <i>Zobrazení změn tkáně při frekvenci do hodnoty 1,9 GHz</i> .....	41
Obr. 24 <i>Sledovaná část biologického vzorku 2 ozařovaná do frekvence o hodnotě 2GHz</i> .....	41
Obr. 25 <i>Ozařovaná tkáň o sestupné frekvenci od 2GHz po 1,4 GHz</i> .....	43
Obr. 26 <i>Ozařovaná tkáň o sestupné frekvenci od 2GHz do 0,5 GHz</i> .....	43
Obr. 27 <i>Zobrazení vlivu sestupné frekvence na nádorovou tkáň</i> .....	43
Obr. 28 <i>Zobrazení změn při vertikální poloze sondy do hodnoty frekvence 1,25 GHz</i> .....	44
Obr. 29 <i>Zobrazení změn při vertikální poloze sondy do hodnoty frekvence 1,4 GHz</i> .....	45
Obr. 30 <i>Změny tkáně při poslední měřené frekvenci</i> .....	45

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 <i>Rozdělení frekvenčních pásem dle IEEE</i> .....	14
Tabulka 2 <i>Označení kmitočtových pásem</i> .....	14
Tabulka 3 <i>Naměřené hodnoty biologického vzorku 1</i> .....	38
Tabulka 4 <i>Naměřené hodnoty biologického vzorku 2</i> .....	40
Tabulka 5 <i>Naměřené hodnoty biologického vzorku 3</i> .....	42
Tabulka 6 <i>Naměřené hodnoty biologického vzorku 4</i> .....	44

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 <i>Incidence a mortalita od roku 1977 až 2010</i> [11] .....	20
Graf 2 <i>Incidence v určitých věkových kategoriích</i> [11] .....	21
Graf 3 <i>Incidence v určitých zemích světa</i> [11].....	22