

# Fototerapie v kosmetice

Michaela Plutová

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela PLUTOVÁ**  
Osobní číslo: **T090058**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie výroby tuků, kosmetiky a detergentů**

Téma práce: **Fototerapie v kosmetice**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární průzkum v oblasti metod fototerapeutických, které se používají v kosmetice.
2. Zaměřte se na indikace a kontraindikace jednotlivých metod.
3. Diskutujte a kriticky zhodnoťte výhody respektive nevýhody jednotlivých instrumentálních metod.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**KRUCKÝ, Karel. BIOTHERAPY. Světlo, které uzdravuje. Praha: Euroinstitut, 2010.**

**ŠAJTER, Vít. Elektroterapia a fototerapia. Martin: Osveta, 2005.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Rahula Janiš, CSc.**

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

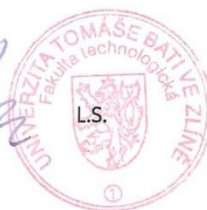
**24. února 2012**


Termín odevzdání bakalářské práce:

**21. května 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. Rahula Janiš, CSc.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: PLUTOVA MICHAELA.....

Obor: K.S......

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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 diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně 11. 5. 2012

.....  


<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní díla:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je provést literární průzkum využití fototerapie v kosmetice. Pozornost je zaměřena na popis vlastností světla, jeho rozdělení a možnosti jeho polarizace. Dále je fototerapie diskutována z hlediska rozdělení podle povahy záření. Rovněž jsou zde uvedeny metodiky používané ve fototerapii, mezi které patří například: lasery, biolampy, LED a IPL přístroje. V poslední kapitole této práce je rozebrána fotodynamická terapie.

Klíčová slova: viditelné záření, infračervené záření, ultrafialové záření, fototerapie, laser, LED, IPL

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to conduct the literary survey of use of a phototherapy in cosmetics. Attention is focused on description of characteristics of light, its disperse and possibility of its polarization. Furthermore, the phototherapy is discussed in terms of dividing by the nature of radiation. There are also mentioned methodologies used in the phototherapy, including for example: lasers, biolamps, LED and IPL devices. The photodynamic therapy is analyzed in the last charter of this thesis.

Keywords: visible radiation, infrared radiation, ultraviolet radiation, phototherapy, laser, LED, IPL

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé práce doc. Ing. Rahulovi Janišovi, CSc. za cenné rady a připomínky.

Dále mé poděkování patří MUDr. Silvii Rafčíkové za odborné konzultace v oblasti dermatologie.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 SVĚTLO</b> .....	<b>11</b>
1.1 POLARIZACE SVĚTLA .....	12
<b>2 FOTOTERAPIE</b> .....	<b>14</b>
2.1 HISTORIE FOTOTERAPIE.....	15
2.2 ROZDĚLENÍ FOTOTERAPIE .....	16
2.3 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ - IR .....	17
2.3.1 Rozdělení IR.....	17
IR- A .....	17
IR- B .....	18
IR- C .....	18
2.3.2 Zdroje IR .....	18
2.3.2.1 Solux .....	19
2.3.2.2 Akvasol .....	20
2.3.2.3 Teplomety .....	20
2.3.2.4 Žárovkové tunely .....	20
2.4 LASERY .....	21
2.4.1 Rozdělení laserů .....	23
2.4.2 Účinky laseru .....	26
2.4.3 Aplikace laseru.....	27
2.4.4 Dávkování .....	28
2.4.5 Bezpečnost .....	28
2.5 BIOLAMPA.....	29
2.5.1 Biostimul .....	30
2.6 VIDITELNÉ ZÁŘENÍ .....	34
2.6.1 LED přístroje.....	35
2.6.1.1 Marvel 6 EX.....	36
2.6.1.2 LUNA BEAUTY .....	40
2.6.1.3 BlueBeam.....	40
2.6.2 IPL přístroje .....	40
2.6.2.1 IPL I. ....	41
2.7 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ.....	43
2.7.1 UVA .....	43
2.7.2 UVB .....	44
2.7.3 UVC .....	44
2.7.4 UV záření ve fototerapii .....	44
2.7.5 Solárium .....	45
<b>3 FOTODYNAMICKÁ TERAPIE</b> .....	<b>48</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>49</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>56</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>57</b>



## ÚVOD

Slunce je základním atributem života na naší zemi. Vnímáme ho především jako zdroj tepla a světla. Již v dávných dobách si lidé všimli, že sluneční záření má také pozitivní vliv na lidské zdraví. Začali tak sestrojovat zařízení, která vytvářela umělé záření, které sluneční svit napodobovalo. Se vzrůstající oblibou se začalo využívat tohoto „ozařování“ v lékařství, které tak dalo vznik nové léčebné metodě- tzv. fototerapii.

A právě využití soudobých metod fototerapie v kosmetologii, ale i medicíně je hlavním cílem této práce. Jednotlivé metodiky a terapie jsou popisovány s ohledem na používanou vlnovou délku světla.

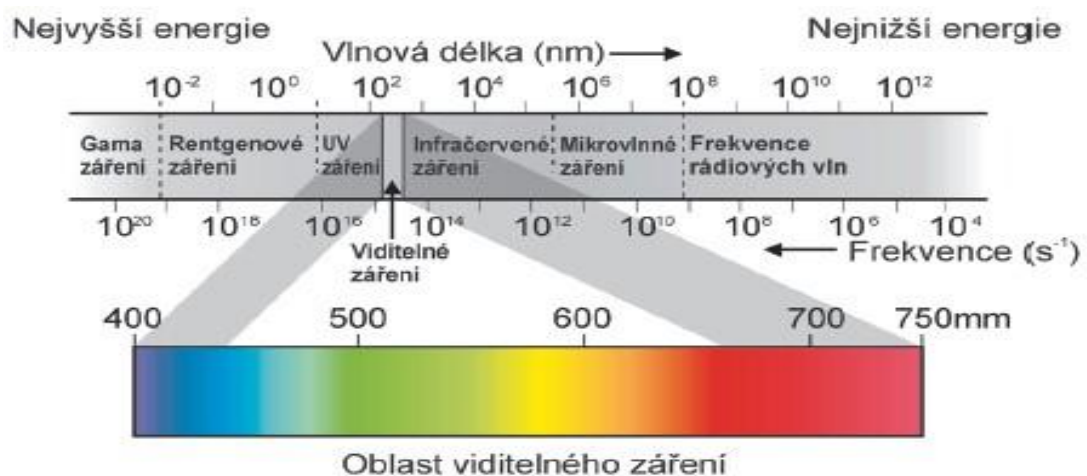
První oblastí využití, jež je diskutována, je infračervené záření (IR), které je charakteristické svým tepelným účinkem. Mezi popisované zdroje IR patří například solux, nebo teplo-  
met. Pozornost je dále věnována laseru, který může emitovat jak IR záření, tak záření viditelné (VIS). Jsou zařazeny i biolampy vyzařující polarizované světlo. Zdroje emitující viditelné záření patří k nejvíce využívaným v oboru kosmetologie a patří jim další pasáž. Jejím účelem je popis monochromatických zářičů, které mají díky svým různým vlnovým délkám charakteristické využití. Další části elektromagnetického spektra je záření ultrafialové. Pro fototerapii se využívá především složky UVA, popřípadě UVB. V poslední části je zmínka o tzv. fotodynamické terapii, která v dnešní době zažívá velký boom. Ve všech případech jsou diskutovány indikace a kontraindikace jednotlivých metod fototerapie.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SVĚTLO

Lidstvu je již od nepaměti známo, že Slunce, jako zdroj tepla a světla, je nezbytné pro přežití rostlin a živočichů na naší planetě. Jeho světelné účinky ovlivňují řadu chemických a fyziologických procesů v kůži i v organismu. Kromě viditelného záření (VIS- visible radiation), je schopen lidský organismus vnímat ze Slunce i infračervené záření (IR- infrared radiation) přijímané ve formě tepla. Neviditelnou částí slunečního záření je pro člověka záření ultrafialové (UV- ultraviolet radiation), které vyniká bohatou škálou nejrůznějších fotochemických a fotobiologických účinků. Části elektromagnetického spektra [1], [2] můžeme vidět na obr. 1.

Z fyzikálního hlediska je viditelné světlo elektromagnetické záření [3], které je vnímáno lidským zrakovým orgánem a rozkládá se mezi spektrálními vlnovými délkami asi 380 nm až 760 nm. Je charakterizováno vlnovou délkou  $\lambda$ , frekvencí  $f$  a rychlostí  $c$ , kterou se šíří ve vakuu. Užší pásma v uvedeném rozmezí vnímá lidské oko jako barvy. Barva světla je dána jeho spektrálním složením, tj. zastoupením vln s různými vlnovými délkami. Monochromatické světlo je tvořeno vlněním jedné vlnové délky. Bílé světlo je určitou směsí elektromagnetických vln s vlnovými délkami ležícími v celém viditelném oboru. Pořadí barev ve viditelném spektru je: fialová, modrá, zelená, žlutá, oranžová a červená. Přiléhající oblasti vně viditelného pásma mají názvy odvozené od krajních barev. Elektromagnetické záření, jehož spektrum leží za fialovou částí viditelného záření, nazýváme ultrafialové záření. Délka vlnového pásma se pohybuje v rozmezí 1- 360 nm. Spektrum infračerveného záření se nachází před červenou částí viditelného světla ve vlnovém pásmu 780 až  $10^6$  nm [1], [4].



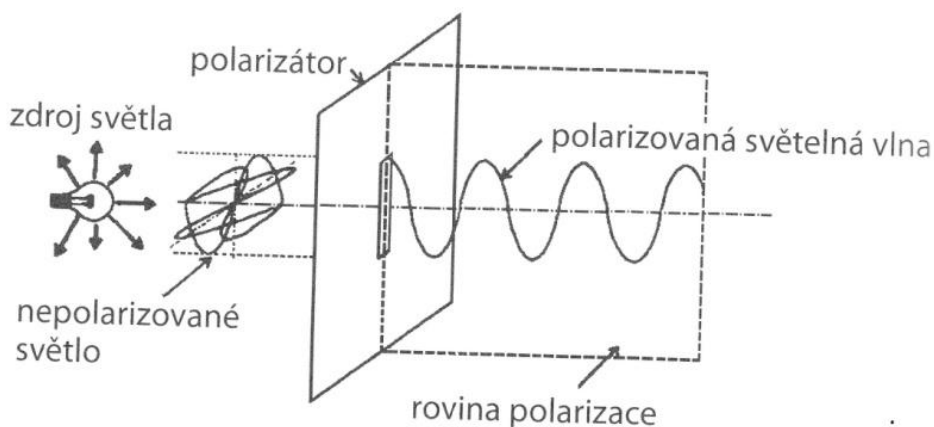
Obr. 1. Elektromagnetické spektrum [5]

## 1.1 Polarizace světla

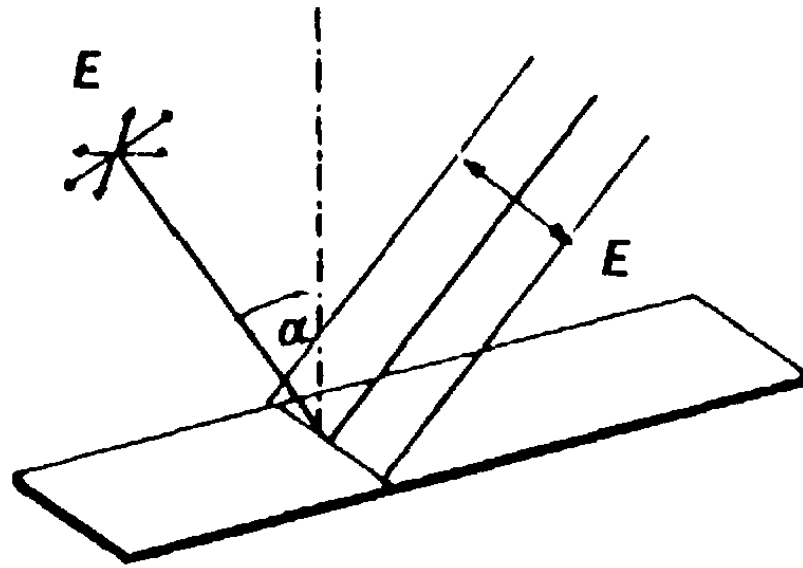
Jednou z nejdůležitějších vlastností viditelného světla je jeho směr, tedy vektor, kterým světlo kmitá. Pokud je vektor světla náhodný, můžeme říct, že je světlo nepolarizované. Pokud ovšem nastane situace, že vektor světla kmitá v jedné rovině, hovoříme o lineárně polarizovaném světle. Za polarizaci [6], [7] tak považujeme usměrnění světelného vlnění do jedné souvislé roviny- částice světla se šíří jedním směrem. Polarizované záření má v celé řadě aspektů odlišné biologické účinky než záření nepolarizované, především účinek biostimulační. Světlo lze polarizovat pomocí speciálního polarizátoru (viz obr. 2), odrazu nebo lomu [6], [8], [9].

Při polarizaci lomem se využívá tzv. anizotropie [6], která je založena na rozdílné rychlosti šíření světla v různých směrech. Pokud dopadá světlo na optické rozhraní, jeho světelný paprsek se rozdělí na dva, řádný a mimořádný. Oba vzniklé paprsky jsou lineárně polarizované, ale navzájem kolmé.

Ke vzniku polarizovaného světla pomocí odrazu (viz. obr. 2) dochází, pokud odražené světlo dopadá na rozhraní pod určitým úhlem. Velikost tohoto úhlu je závislá na indexu lomu rozhraní, na které světlo dopadá. Pro úplnou polarizaci světla je potřeba dosáhnout velikosti úhlu dopadu  $\alpha_B = 56^\circ$  a indexu lomu  $n = 1,5$  [7]. Takovýto úhel, při kterém dochází k úplné polarizaci světla, označujeme jako Brewsterův neboli polarizační úhel [3], [6].



Obr. 2. Polarizace světla polarizátorem [9]



Obr. 3. Polarizace světla odrazem [10]

## 2 FOTOTERAPIE

Za fototerapii je považována část fyzikální terapie, která využívá energii fotonu, tedy částic elektromagnetického záření, k léčbě a prevenci především kožních onemocnění. Laicky lze říci, že jde o léčbu světlem. Pro léčebné účinky zahrnujeme do pojmu „světlo“ nejen viditelné záření, ale i obě sousední elektromagnetická záření, tedy infračervené a ultrafialové [2], [11], [12].

Na terapeutickou, fyziologickou a biologickou účinnost světla mají vliv především některé fyzikální vlastnosti [11]:

1. Energie fotonu
2. Intenzita záření
3. Expozice záření
4. Absorpční schopnost tkání
5. Reaktivita organismu

Na energii fotonu [13] jsou závislé všechny fotochemické a fotobiologické účinky záření, uplatňující se především v oblasti krátkých vln viditelného světla a v UV záření. Jak ve své knize uvádí Capka [14] je energie fotonu vyjádřena jako součást elementárního Planckova kvanta  $h$  a kmitočtu  $\nu$ . Zpravidla ji uvádíme v elektronvoltech, což je energie, kterou získá elektron, který proletěl spádem elektrického pole jednoho voltu ve směru pole. V tab. 1 jsou uvedeny příklady energii fotonu pro některé vlnové délky [2], [14].

Tab. 1. Přehled energií fotonu pro některé vlnové délky [1]

Vlnová délka [nm]	Energie fotonu [eV]
180	6, 889
280	4, 432
315	3, 940
400	3, 102
500	2, 482
760	1, 635
1000	1, 241
1400	0, 886
3000	0, 414
7000	0, 177

Intenzita záření [6] vyjadřuje velikost energie ve wattech, která dopadá kolmo na jednotku ozařované plochy. Elektrické přístroje, které jsou využívány k fototerapii, mají svůj vlastní vyzařovací diagram, ze kterého lze přesně vypočítat intenzitu dopadajícího záření s ohledem na vzdálenost zdroje od ozařovaného povrchu [11], [14].

Pokud mluvíme o expozici záření, charakterizujeme tak množství energie dopadající na ozařovanou plochu [11].

Absorpční schopnosti tkání rozumíme způsobilost tkání pohlcovat elektromagnetické záření. Tato vlastnost prudce závisí na anatomické stavbě tkání. Schopnost absorpce lze vyjádřit: [2], [11].

- a) Extinkčním koeficientem
  - Extinkční koeficient je podle Capka [14] převrácená hodnota tloušťky vrstvy, která zeslabí světlo na 1/10 původní intenzity.
- b) Polopropustnou vrstvou
  - tj. tloušťkou tkáně, která zeslabí záření na jednu polovinu [2]

Z hlediska absorpce a odrazu světla lze rozeznávat tkáně [14]:

- a) Dokonalé černé, které pohlcují všechno dopadající záření
- b) Dokonale zrcadlící, které naopak všechno dopadající záření odrážejí
- c) Průhledné tkáně, kterými záření prochází- tzv. transmise
- d) Šedé tkáně, které ze záření všech dopadajících vlnových délek absorbují a odrážejí stejný kvantitativní podíl
- e) Barevné tkáně, které z dopadajícího záření odrážejí nebo absorbují jen určité vlnové délky

Reakce organismu na elektromagnetické záření je silně spjata s fyzickým, ale i s psychickým stavem ozařovaného organismu [11].

## 2.1 Historie fototerapie

Jak již bylo zmíněno výše, o významu světla pro život není žádných pochyb. Světlo je jednou ze základních podmínek pro existenci buněk vůbec [8].

Již staří Řekové a Římané přikládali působení světla na lidské zdraví velký význam. Proto budovali lázně a solária, kde využívali blahodárných světelných účinků. Především to byli Paracelsus a Avicenna, kdo praktikoval léčbu slunečním zářením, tzv. helioterapii. V ob-

dobí středověku se však situace změnila a lidé se slunečnímu záření spíše vyhýbali, zejména pak urozené vrstvy [8], [14].

Samotný rozkvět této terapie však nastává začátkem 19. století, kdy dánský lékař Ryberg Finsen objevil speciální léčebný postup za použití koncentrovaných paprsků světla. V roce 1903 obdržel tento muž Nobelovu cenu za práci v oboru světelné terapie. Na přelomu 19. a 20. století byl objeven baktericidní a antirachitický účinek světla [8], [11].

Vzhledem k tomu, že počet možností, jak využívat slunečního záření, byl omezen jen na určité oblasti (u moře, na horách), byly pomocí moderních technologií sestrojeny zdroje světla, které je možné využívat v praktické fototerapii [11].

V dnešní době je světelné terapie, pro svou přirozenou schopnost aktivovat samoléčebný potenciál lidského organismu všeobecně uznávanou léčebnou metodou [8].

## 2.2 Rozdělení fototerapie

Na fototerapii lze z hlediska dělení, pohlížet dvěma směry. Můžeme ji rozdělit podle vlnové délky elektromagnetického záření nebo podle směru, kterým se světlo šíří- polarizované, nepolarizované [11].

Podle vlnové délky elektromagnetického záření rozdělujeme fototerapii:

1. Infračerveného záření [2], [12]
2. Viditelného záření [2], [9]
3. Ultrafialového záření [2], [11]

Dle vzniku a směru šíření světelného záření rozdělujeme fototerapii:

1. Fototerapii nepolarizovaným světelným zářením
2. Fototerapii polarizovaným světelným zářením

Mezi nepolarizované světelné záření se řadí především přírodní zdroje ultrafialového záření, viditelného záření a záření infračerveného [9].

Zdroje polarizovaného záření jsou vyrobeny člověkem, který pomocí lomu a odrazu vytvořil světlo monochromatické šířící se jedním směrem. Patří zde lasery, biolampy, a tzv. fotokolorterapie. Účinky polarizovaného světla jsou pro lidský organismus zcela bezpečné, neboť nevyzařují škodlivou dávku ultrafialového záření [9].



## 2.3 Infračervené záření - IR

Tuto část elektromagnetického spektra lze rozdělit na jednotlivá pásma, která ovšem nejsou jednoznačně definována, a v různých pramenech bývají uváděna jinak. Za objevitele infračerveného záření je považován britský astronom Sir William Herschel (1738-1822), který při svých experimentech v roce 1800 přišel na to, že pokud je teploměr umístěn za červenou oblastí optického spektra, ukazuje zvýšenou teplotu. Ve svém pokusu vložil sadu rtuťových teploměrů do barevného spektra a měřil teplotu v jednotlivých barevných částech. Teplota vzrůstala směrem k červené oblasti spektra. Herschela tak napadlo posunout teploměr ještě dále, tedy za okraj viditelné oblasti. Ke svému překvapení zjistil, že zde dosahuje teplota nejvyšších hodnot. To mělo být důkazem, že se v této oblasti nachází nějaké neviditelné záření, které přináší teplo. A protože se toto záření nachází za viditelným červeným pásem, bylo nazváno infračerveným (z latinského infra= pod) [15].

Šajter [11] ve své knize uvádí, že infračervené světlo se rozděluje na tři pásma, při čemž ve fyzioterapii se využívá rozsahu o vlnových délkách 760- 10 000 nm. Podle Ipsera [2] představuje infračervené záření asi 8- 9 oktáv, ale pouze 2- 3 jsou využitelné ve fototerapii.

Lze říci, že v dnešní době je infračervené záření rozděleno především z technologického hlediska. A to podle vlnové délky na pásma A, B a C (viz v kapitole 2. 3. 1 Rozdělení IR). Dalším možným rozdělením tohoto elektromagnetického záření je na záření blízké, nabývající vlnových délek v rozmezí 0, 7- 5  $\mu\text{m}$ , záření střední v rozsahu 5- 30  $\mu\text{m}$  a záření dlouhé, kde se hodnoty vlnových délek pohybují v rozpětí 30 – 1000  $\mu\text{m}$  [15].

Infračervené záření jsou schopna vyzařovat téměř všechna tělesa (plynná, kapalná i pevná), která jsou zahřívána na teplotu vyšší než 0° K [16].

Nejznámějším zdrojem elektromagnetického infračerveného záření je část slunečního záření. IR světlo je také součástí laserového záření. Mezi další zdroje tohoto záření můžeme zařadit například obloukovou lampu [2], rtuťovou křemennou výbojku [2] nebo žárovku s wolframovým vláknem [15], [16].

### 2.3.1 Rozdělení IR

#### **IR- A**

IR A je krátkovlnné záření o vlnové délce 760- 1400 nm. Je nejvhodnějším typem infračerveného záření využitelného v léčbě. Působící záření se dostává nejdříve do styku

s povrchovými cévními pletenci a vzniklé teplo je odplavováno krevním oběhem. Tolerance na větší intenzity je zde proto velmi dobrá. Protože se IR- A záření odráží od povrchu kůže pouze z 20- 40 %, je schopno proniknout do podkoží co nejhluběji, kde způsobuje prohřátí [2], [11].

Pouze část IR A slunečního záření proniká skrze páry zemského ovzduší. Při dopadu na zemský povrch je jen velmi málo pohlcováno vodou [11].

Příkladem zdroje takového druhu záření je vysokožhavené vlákno, které má teplotu vyšší než 2500 °C. Za další zdroje infračerveného záření jsou mylně považována keramická tělíska umístěna v infrazářičích, která dosahují teploty kolem 900 °C [9].

### ***IR- B***

IR B je záření, které pokrývá střední pásmo infračerveného záření o vlnové délce 1400-3000 nm. Z 10- 20 % se odráží od povrchu pokožky. Zbylá část tepelného záření je pohlcována povrchovými vrstvami ozářených tkání- v epidermis a horní části koria. Pro fototerapeutické přístroje je vhodné, aby záření IR B bylo odstíněno. Takového to odstínění byl schopen někdejší přístroj Aquasol, kde záření procházelo kyvetou s protékající vodou, která IR B záření absorbuje [9], [11].

IR B záření je schopno proniknout sklem. K jeho absorpci dochází ve vodě [11].

### ***IR- C***

IR C je zdrojem dlouhovlnného záření o vlnové délce 3000- 10 000 nm. Tento druh záření neproniká vodou, atmosférou ani sklem, takže se nenachází ve spektru slunečního záření dopadajícího na Zem. IR- C je vyzařováno umělými zdroji s nižší povrchovou teplotou [11].

## **2.3.2 Zdroje IR**

Elementárními zdroji infračerveného záření jsou atomy a molekuly látky, v nichž vzniká záření pomocí kmitů elektricky nabitých částic. Pokud se nachází atom v základním stavu, jeho valenční elektron se pohybuje na stabilní dráze s co nejmenší energií. Aby byl atom schopen vyzařovat infračervené záření, musí dojít k přechodu elektronu do energeticky vyššího stavu (excitace). K tomu je potřeba dodat atomu určitou energii, a to buď absorpcí záření, nebo nárazem hmotné částice [17].

Zdroje infračerveného záření můžeme rozdělit na přírodní a umělé. Nejznámějším přírodním zdrojem IR záření je Slunce. Mezi umělé zdroje zařazujeme téměř všechny přístroje, používané ve fototerapii. Patří sem například infrazářiče, teploměty, žárovkové tunely, obloukové výbojky nebo optické kvantové generátory= lasery [2], [11], [16]. Pro přehled slouží tab. 2, kde je uvedena klasifikace zdrojů infračerveného záření.

Tab. 2. Klasifikace zdrojů infračerveného záření [16]

Zdroje infračerveného záření						
Umělé zdroje			Přírodní zdroje			
Pro aktivní infračervené struktury	Pro měřicí účely	Zdroje poruch	Zdroje poruch	Pozemní	Atmosférické	Kosmické
Obyčejné žárovky	Dutinový zářič	Optické části	Obloha	Půda	Vodní pára	Slunce
Reflektorové žárovky	Silitové tyče	Okna přístrojů	Mraky	Rostliny	Atmosférické plyny	Měsíc
Halogenové zářivky	Nernstův hořák	Pozemní umělé zdroje	Nebeská tělesa	Vody	Mraky	Planety
„Tmavé“ zářiče	Okysličený niklový pás		Zemský povrch	Budovy	Polární zář	Hvězdy
Obloukové lampy			Obklopující povrchy	Dopravní prostředky		Mlhoviny
Lasery				Lidé		

### 2.3.2.1 Solux

Solux je nejrozšířenější a nejvíce používaný zdroj infračerveného záření ve fototerapii vůbec. Jedná se o infrazářič skládající se ze žárovky různého tvaru, jejíž rozžhavené vlákno dosahuje teploty mezi 2200- 2700 °C. Podle knižního zdroje [11] dokonce až teploty 3000 °C. Solux je hlavně využíván pro svůj analgetický a spasmolytický účinek. Samotné vyzařování působí na elasticitu tkání tak, že dochází k vazodilataci jak místní, tak ve vzdálenějších oblastech. U tohoto typu IR záření je nejvíce zastoupeno spektrum o vlnové délce 760- 1400 nm, tedy IR A. Při fototerapii je možné využít barevných filtrů, které mají své

specifické funkce. Červený filtr umožňuje hlubší prohřátí tkáně, modrý zase omezuje účinek záření. Důležitá je doba ozáření, kdy při akutních problémech je vhodná kratší doba ozáření s malou intenzitou záření. Naopak při problémech chronických je vhodná delší doba s vyšší intenzitou záření. Při výkonu tohoto zářiče je nezbytně nutné, aby byl pacient chráněn nepropustnými brýlemi, které tak zabrání případnému poškození očí [11], [14], [18].

**Indikace:**

Tento přístroj je vhodné použít při artróze, chronické artritidě, lumbaga (lidově řečeno housera). Dobrým pomocníkem je i při léčbě astmatu či bronchitidy.

**Kontraindikace:**

Mezi kontraindikace, které jsou při použití této terapie patří: akutní záněty v malé pánvi, žaludeční a duodenální vředy, akutní traumatické otoky, nebo poruchy čítí.

**2.3.2.2 Akvasol**

Tento druh IR záření patřící mezi Soluxy se v dnešní době už nevyrábí, a tak je jeho využití již velmi omezené. Výhodou stroje Akvasol je, že jeho záření prochází skrz kyvetu naplněnou vodou, která odklání záření o vlnové délce větší než 1300 nm, tedy IR-B, C. Nedochozí tak k tepelné zátěži povrchu pokožky, a zbylé IR A záření proniká do hlubších vrstev tkání, kde dochází k lepšímu prohřívání [11], [14].

**2.3.2.3 Teplomety**

Teplomety se skládají z keramických tělísek, které mají na povrchu navinutou žhavenou spirálu z odporového drátu, nebo z tělísek, jejíž spirála je zcela zakryta (u takových to zařízení je však teplota značně nižší a vlnová délka větší). Teplomety vydávají souvislé infračervené záření a viditelné červené světlo, jehož vlnová délka se pohybuje kolem 3000 nm, tedy v oblasti středovlnného a dlouhovlnného spektra IR. Teplota při provozu se pohybuje kolem 700 °C, někdy až 1000 °C. Záření teplotetů je schopno jen z části proniknout do kůže [2], [11], [14].

**2.3.2.4 Žárovkové tunely**

Tyto zařízení představují různě velké tunely (skříně), s velkým počtem klasických žárovek (nízkonapěťové žárovky 24 V), jejichž teplota vlákna dosahuje až 2 200 °C. Při záření žárovkových tunelů se uplatňuje nefiltrované světlo o vlnové délce kolem 1100 nm. Vysoká

teplota přístroje vyžaduje zvýšenou bezpečnost při jeho manipulaci. Může hrozit popálení, eventuálně úraz elektrickým proudem [11], [14].

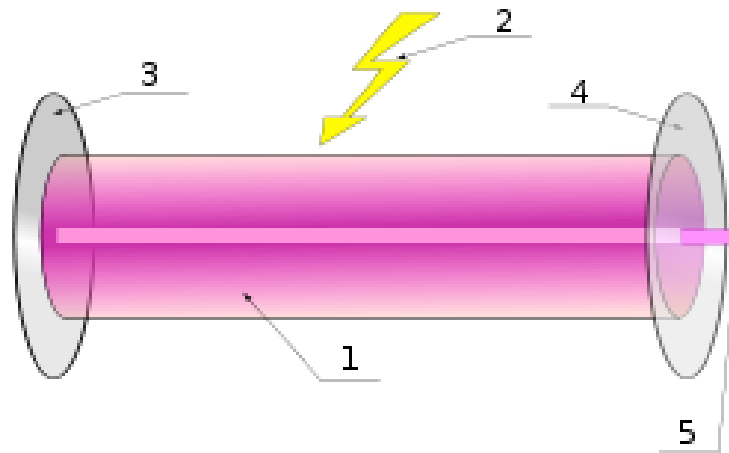
## 2.4 Lasery

Mezi další zdroje umělého infračerveného záření patří dnes nejvíce využívané lasery [19]-[24], které však mohou emitovat i jiné vlnové délky spektra, a proto je jim věnována samostatná kapitola. Jejich název pochází z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (V překladu „Zesilování světla stimulovanou emisí záření“.) [8].

Prvním tvůrcem byl v roce 1960 Maimann, který vynalezl laser s rubínovým krystalem [25]. Již za rok využil této „technologie“ Campbell při své práci v oftalmologii. O dva roky později ho pak Goldmann použil v oblasti dermatologie. Od 80. let 20. století je laser využíván téměř ve všech oborech medicíny [11].

Laser je považován za kvantový generátor optického záření, který pracuje na principu zesilování záření pomocí stimulované emise. Jak vidíme na obr. 4, každý laser se skládá z tří základních částí -aktivní prostředí, zdroj energie a rezonanční systém. Kromě těchto dílů obsahuje i další zařízení a systémy, které umožňují jeho chod [16], [26].

Aktivním prostředím může být pevná, kapalná nebo plynná látka, ve které jsou oddělené kvantové energetické hladiny elektronu a dochází zde ke vzniku stimulované emise. Zdrojem energie může být například výboj, který se využívá u krystalového laseru, nebo vysokofrekvenční generátor, který ionizuje plynné prostředí plynového laseru. Rezonanční systém je tvořen zrcadly, z nichž je jedno odrazivé a druhé částečně propustné a slouží jako optická vazba pro výstup kolimovaného optického svazku. Optická osa, kterou mají zrcadla společnou, umožňuje vytvořit stojaté vlnění mezi nimi- Fabryho- Perotův rezonátor [25], [27], [28].



Obr. 4. Konstrukce laseru- legenda: 1- aktivní prostředí, 2- zdroj záření, 3- odrazné zrcadlo, 4- polopropustné zrcadlo, 5- laserový paprsek [29]

Podle literárního pramene [9] princip laseru využívá zákonů termodynamiky a kvantové mechaniky. Zdrojem energie, který může představovat např. výbojka, je do aktivního média dodávána energie. Ta energeticky vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, kde dojde k excitaci. Tak je do vyšších energetických stavů vybudena většina elektronů aktivního prostředí. Při opětovném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde k vyzáření (emisi) kvanta energie ve formě fotonů. Tyto fotony následně reagují s dalšími elektrony, čímž spouštějí tzv. stimulovanou emisi fotonu, se stejnou frekvencí a fází i u nich.

Laserový paprsek tak nabývá určitých základních charakteristik [8], [11], [26] mezi které patří:

1. Monochromaticnost- paprsek zahrnuje pouze jednu vlnovou délku, proto je barva konstantní
2. Polarizace- všechny fotony kmitají v jedné rovině, tzv. polarizační rovině
3. Koherence- paprsky světla kmitají v jedné fázi; záření je uspořádáno do časových a prostorově pravidelných vln

Kromě těchto znaků, je laserový paprsek specifický pro svou velkou hustotu zářivého toku. Slunce má při intenzitě záření  $7\text{kW}\cdot\text{cm}^{-2}$  spektrální hustotu intenzity záření řádově  $10^{-4}\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu\text{m}$  (při vlnové délce  $0,48\ \mu\text{m}$ ). Lasery mají v záblesku výkon řádově stovky až

tisíce megawattů při ozáření ploše asi  $1 \text{ cm}^2$ . Spektrální hustota záření laseru je tak ve srovnání se Sluncem milion až miliardkrát vyšší. Díky těmto specifickým vlastnostem umožňuje laserový paprsek soustředit obrovské množství světelné energie na malou plochu [8], [9], [16].

### 2.4.1 Rozdělení laserů

Pro rozdělení laserů existuje celá řada třídících hledisek. Podle zdroje [18] dělíme lasery:

1. podle principu činnosti a aktivního prostředí na lasery sestavené na bázi plyné, kapalné, pevné i na bázi polovodičů
2. podle hodnot vlnové délky vyzařovaného paprsku na lasery infračerveného vlnění, ultrafialové lasery a lasery pracující ve viditelné oblasti elektromagnetického vlnění
3. podle možnosti měnit vlnovou délku emitovaného záření na lasery s pevnou délkou a lasery s proměnnou vlnovou délkou
4. podle časového průběhu stimulované emise na pulzní lasery, s modulovaným výkonem a lasery kontinuální (zde je intenzita světla v čase konstantní)

Dalším z hledisek, jak můžeme lasery rozdělit je dle Rozmana [28]:

1. Podle interakce s tkání:
  - a) fotokoagulační lasery
  - b) fotodisrupční lasery (např.: excimerové XeF, KrF)
  - c) fotovaporizační lasery (CO<sub>2</sub> laser)
  - d) fotodynamicky terapeutické lasery (barvivové lasery- kumarin, rhodamin)
2. Podle typu buzení dělíme lasery na čerpané pomocí:
  - a) opticky (výbojkou, laserem, slunečním zářením)
  - b) elektricky (elektrickým výbojem, svazkem nabitých částic, elektromagnetickou indukcí)
  - c) chemicky (fotochemickou disociací, výměnou energie mezi atomy a molekulami)
  - d) termodynamicky (ohřevem, ochlazením plynu)

Lasery můžeme dělit i podle techniky ozáření [30] na:

- přístroje s bodovým zářením
  - při aplikaci tímto laserem je postupně ozařováno několik míst, které je vhodné oddělit speciální tužkou

- tzv. „scanner“ přístroje a „cluster“ přístroje, což jsou laserové sprchy (v jedné hlavici je více infračervených diod)

V laseroterapii se podle zdroje [9] využívá těchto opticky kvantových přístrojů:

1. Plynové lasery- aktivním prostředím je plyn nebo směs plynů; mají nízký objemový výkon; výhoda vysoká stabilita délky paprsku
2. Polovodičové lasery- vysoké hodnoty zesílení stimulovaného záření oproti ostatním laserům
3. Kombinované lasery

### **Plynové lasery**

Podle druhu media můžeme plynové lasery rozdělit na atomové, iontové a molekulové. Mezi nejběžněji používané patří He- Ne laser (helium- neónový) [14], [31], který patří do třídy atomových laserů. Tento laser je schopen vyzařovat jak infračervené záření o vlnové délce 1152 nm, 3391 nm, tak pracovat i v oblasti viditelného spektra- červené záření (632,8 nm). Jeho výkon se pohybuje v rozmezí 1- 50 mW. Menší nevýhodou tohoto přístroje je horší schopnost penetrace.

### **Polovodičové (diodové) lasery**

Objev diodových laserů byl velkým přínosem v oblasti laserové techniky. V současnosti jsou na trhu přítomny lasery s velkou škálou vlnových délek. Počínaje od 532 nm (zelená barva VIS) a konče 1060 nm (infračervená část spektra) [14].

Využívány jsou především Ga-As, GaAlAs lasery [32], ale i mnoho dalších [31]. Diodové lasery mají větší schopnost proniknout hlouběji do tkání, při čemž využívají velkého rozptylu spektra vlnových délek. Podle intenzity laserového paprsku rozeznáváme 3 typy laserů. (Viz tab. 3.)

Konstrukcí, principem a využitím laserů se zabývá velká řada knih [16], [25], [26], [31], [33].

*Tab. 3. Rozdělení diodových laserů podle vyzářené intenzity*

<b>Typ laseru</b>	<b>Výkon [mW]</b>
<b>Hardlaser</b>	> 500
<b>Midlaser</b>	10-500
<b>Softlaser</b>	< 10



Velmi důležitým faktorem je vlnová délka laserového paprsku. Od tohoto údaje se odvíjí míra absorpce světla v jednotlivých vrstvách pokožky. Obecně lze říci, že pokud má být ozařována pouze povrchová vrstva pokožky je vhodné použít laser o delší vlnové délce. A naopak, pokud potřebujeme, aby laserový paprsek proniknul hlouběji do tkání, zvolíme laser s kratší vlnovou délkou [9], [14].

Pro vyvolání tepelných účinků v tkáních se využívá zvláště laserů s delšími vlnovými délkami (VIS, IR oblast spektra). Laserové paprsky o kratších vlnových délkách při interakci s tkání vyvolávají fotochemické reakce, mechanické a ionizační účinky [28].

S vlnovou délkou laserového paprsku je rovněž spojen pojem tzv. polovrstva, nebo také polopropustná vrstva. Hodnota polovrstvy nám říká, v jaké hloubce pokožky je energie laserového paprsku poloviční oproti povrchu. Znalost hodnoty této veličiny nám ale neříká, v jaké hloubce je záření ještě schopno vyvolat biologické procesy v tkáních. Proto byl zaveden termín efektivní hloubka průniku, která označuje hloubku, ve které je přítomno takové množství koherentních fotonů, které postačuje k iniciaci biologické odezvy tkáně. Stanovit efektivní hloubku průniku je velmi problematické, a tak byl zavedena tzv. relativní hloubka průniku. Zajímavé je, že pro pacienty s tmavší pletí se snižují hodnoty relativní hloubky průniku ve viditelné části spektra až 4 krát, a v infračervené oblasti 2 krát. Některé hodnoty polovrstvy [9], [14], [28] a vlnových délek laserů jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4. Druh laseru, vlnová délka, druh absorpce a polovrstva [14]

Druh laseru	Vlnová délka [nm]	Druh absorpce	Polovrstva
CO <sub>2</sub>	10 600	Vysoká povrchová	0, 3
Nd: YAG	1064	Nízká subkutánní	8
Dioda	904	Nízká subkutánní	8
Dioda	890	Nízká subkutánní	10
Dioda	830	Nízká subkutánní	14
Dioda	780	Nízká subkutánní	12
Dioda	670	Nízká kutánní	5
Dioda	650	Nízká kutánní	5
Dioda	635	Nízká kutánní	3
dioda	633	Nízká kutánní	3
Nd: YAG	532	Značně povrchová	0, 7

### 2.4.2 Účinky laseru

Mezi základní faktory [11] ovlivňující účinek laseru patří:

1. výkon – (W)
2. velikost ozařované plochy ( $\text{cm}^2$ )
3. hustota výkonu ( $\text{W}\cdot\text{cm}^2$ )
4. energie záření (J)
5. vlnová délka (nm)
6. průměr a tvar paprsku
7. frekvence záření (Hz)
8. vzdálenost od ozařované plochy

V důsledku působení neinvazivního laserového paprsku na tkáň dochází ke dvěma přímým účinkům- termický a fotochemický účinek [9].

Při termickém účinku dochází k místnímu zvýšení teploty tkání až o 1 °C. Na zvýšení teploty se podílí hodnota vlnové délky a míra energie [9].

Vlivem fotochemických účinků dochází k vzniku řady biologických a biochemických reakcí na makromolekulární úrovni. Mezi nejdůležitější patří biostimulace, protizánětlivý a analgetický účinek. Neméně důležité jsou i účinky baktericidní, viricidní, antiedematózní a vazodilatační [9], [11], [14].

#### **Biostimulační účinek**

Pomocí laserového záření je buňkám nacházející se ve stavu deficitu dodána energie na „přežití“ do doby, než se obnoví krevní zásobování (= trofotropní přímý účinek). Dále zvyšuje jejich metabolismus na membránové úrovni a podporuje transmembránový přenos. Zvyšuje aktivitu krevních tělísek. Laser dokáže urychlovat reparační mechanismy jako je tvorba kolagenu, novotvorba cév, nebo regenerace poškozených tkání a zranění epitelu. Vědci dokázali [9], [11], [14], že zvyšuje počet replikovaných mitochondriálních DNA a zvyšuje syntézu samotné DNA až o 50- 60 %.

#### **Protizánětlivý účinek**

Protizánětlivý účinek vyvolaný laserovým zářením souvisí především s aktivací bílých krvinek, zvýšenou fagocytózou a urychlením proliferace lymfocytů. Při působení na fibroblasty dochází k reakcím, jež urychlují proces hojení. V ozařované tkáni se snižuje koncentrace prostaglandinu E2 [9], [14].

### Analgetický účinek

Změnou aktivity elektrického potenciálu na nervosvalové ploténce a polarizací iontů na membránách nervosvalových vláken je regulován biotonus tkáně. Výsledkem je svalová relaxace a analgezie. Příznivým projevem je stimulace Schwannových buněk poškozeného nervu, které se tak mohou znovu podílet na zrychlení přenosu nervového signálu. Dochází také k stimulaci metabolismu sliznice a mikrocirkulace [14].

### 2.4.3 Aplikace laseru

#### Indikace:

Využití laserového paprsku je obrovské. Léčbu laserem můžeme najít již téměř ve všech lékařských a dnes již i kosmetických odvětvích. Bližší indikace nalezneme v tab. 5.

#### Kontraindikace:

Jako všechno, má i aplikace laseru své pro a své proti. Kontraindikace při léčbě laserovým zářením najdeme v tab. 6. V této tabulce jsou uvedeny okolnosti, nebo stavy pacienta vylučující léčebné postupy s pomocí laserové techniky.

Tab. 5. Využití laseru v lékařství a kosmetice a jeho indikace [11]

Využití v oboru	Indikace laseru				
<b>Dermatologie</b>	Opar a lišaj	Chronické ekzémy	Acne vulgaris	Keloidní jizvy	Vředy, dekubity
<b>Neurologie</b>	Migrény	Paréza n. facialis	Syndrom karpálního kanálu	Ischias	Torticollis
<b>Ortopedie</b>	Lumbago	Artróza prstů	Osteoartritida	Hematomy	Edémy
<b>ORL</b>	Tonzilitida	Tinitus	Bolesti vedlejších nosních dutin	Zánět vnějšího ucha	Furunkul ve zvukovodu
<b>Stomatologie</b>	Zánět dásní	Afty	Paradentóza	Špatná funkce slin	Pooperační stavy
<b>Gynekologie</b>	Epiziotomie	Dysmenorea	Poporodní stavy	Adnexitida	Zápal Bartoliniho žlázy
<b>Kosmetika</b>	Alopécie	Biostimulace pleti	Strie	Celulitida	

Tab. 6. Kontraindikace laseru [11]

Kontraindikace laseru	
Epilepsie	Dysfunkce štítné žlázy a nadledvin
Záchvatovitá neurologická onemocnění	Ozařování jiných žláz s vnitřní sekrecí
Prekancerózy	Ozařování břicha v těhotenství, při menses
Přímé ozařování malignit	Fotodermatózy
Ozáření očí	Ozařování varikozit
Hořčnaté stavy	Stav po radioterapii a röntgenoterapii

#### 2.4.4 Dávkování

Problematika dávkování není doposud pro její komplikovanost uspokojivě vyřešena, a mechanismus a kvantifikace účinků aplikace na živé tkáně jsou předmětem neustálého výzkumu. Dávka laserového záření se odvíjí především [9]:

- od zkušeností lékaře (dávku může určit pouze v případě, že tuto terapii aplikuje)
- typu ošetřované tkáně a jejím uložením
- typu poškození a typu použitého přístroje, jeho výkonu a vlnové délce jeho záření

V kosmetice se využívá především nízko-výkonových laserů, tzv. soft- laserů. Jejich výkon se pohybuje od 40 do 200 mW. Některé zdroje uvádějí hodnotu až 500 mW. V praxi se ovšem využívají zejména přístroje s vlnovou délkou 5- 40 mW. Nízkovýkonné lasery pracují jak v oblasti viditelného záření (VIS), tak v oblasti infračerveného záření (IR). Mezi lasery využívané v oblasti VIS patří například plynový laser He-Ne. V oblasti IR pracují například lasery Ga-As [9], [11], [14].

#### 2.4.5 Bezpečnost

Při manipulaci s lasery je nutno dodržovat určité hygienické předpisy a bezpečnostní opatření, která jsou dána normami a odstupňována podle bezpečnosti tříd, do kterých jsou lasery řazeny. Dělíme je na čtyři třídy a to podle parametrů vystupujícího záření :

- **Třída 1.** : Patří zde lasery s nízkým výkonem, které nepoškozují zdraví jedince. Je možný trvalý pohled do svazku laserových paprsků bez poškození zraku. Využití jejich biostimulačních účinků je především v kosmetice.
- **Třída 2.** : Lasery mají vyšší intenzitu záření, ale stále spadají do třídy softlaserů s výkonem okolo 1 mW. Poškození zraku může nastat v případě dlouhodobého pohledu do paprsku.

- **Třída 3a.** : Tato skupina je podobná skupině předešlé s výjimkou možného poškození zraku. Proto je nutné při aplikaci laseru použití ochranných brýlí. Využití softlaserů až do výkonu 5 mW.
- **Třída 3b.** : Zde jsou využívány hardlasery s výkonem do 500 mW. Jsou tedy nutná jistá bezpečnostní opatření- odstranění všech odrazových ploch v místnosti; zakrytí oken tmavými závěsy nebo signalizace na dveřích. Samozřejmě je použití ochranných brýlí.
- **Třída 4.** : Jsou zde zahrnuty rovněž hardlasery, ale jejich výkon je vyšší než 500 mW. Důležité jsou opět ochranné brýle.

**Léčba** pomocí laserů mohla být až donedávna prováděna pouze dermatology. Platily zde přísné bezpečnostní a hygienické normy, protože při neodborné manipulaci mohlo dojít i k trvalému poškození zdraví pacienta. Průlom při rozšiřování fototerapie i mimo lékařské ordinace zaznamenaly až výsledky řady laboratorních pokusů s biostimulačním laserovým paprskem. Při pokusech bylo dokázáno, že léčebné vlastnosti světla ovlivňuje především míra jeho polarizace. Na základě toho, vědci přistoupili k pokusům, které měly dokázat, že určitého biostimulačního efektu lze dosáhnout i s jiným zdrojem polarizovaného světla, než s laserem. Výsledkem snahy byl výrazně jednodušší, levnější a přitom terapeuticky stále ještě účinný zdroj polarizovaného světla, komerčně označovaný jako biolampa [8].

## 2.5 Biolampa

Princip biolampy na rozdíl od laseru není vystavěn na monochromatickosti ani koherentnosti světelného paprsku. Vychází z předpokladu, že pro biostimulaci je nejdůležitější právě polarizace. Velkou výhodou oproti laseru je možnost ozařování velké plochy, při níž nedochází k poškození oční sítnice pacienta ani personálu. I když nejsou nutná speciální opatření během aplikace, je potřeba, aby byly dodržovány doporučení výrobce. Obvyklá doba ozařované plochy je 5 minut. I přesto, že v současné době existuje na trhu celá řada biolamp, již více než desetiletí je její konstrukce stále zachována v tzv. „fénovém“ tvaru. [8].

Díky stále vzrůstajícím technickým pokrokům byl vyvinut zcela nový nástupce- Biostimul, který je kombinací biostimulačního laserů a biolampy [8].

### 2.5.1 Biostimul

Biostimul je originální nejen svou konstrukcí, ale i efektem působení, které je zapříčiněno q-monochromatickými diodami. Takovéto diody jsou specifické tím, že obsahují jen jednu barvu, která tak není v rozporu s účinkem barvy jiné. Hodnoty efektivní hloubky průniku do tkání přesahují hranici 4 cm, což jsou hodnoty srovnatelné s běžnými lasery. Pronikající světlo zlepšuje prokrvení tkání a urychlení metabolických pochodů. Zároveň podněcuje tvorbu látek potlačující bolest a tlumí látky vyvolávající chorobné stavy. Zvyšuje se aktivita tzv. makrofágů nezbytných pro úspěšné hojení ran, a dochází ke zvýšení činnosti fibroblastů a tvorby kolagenu, které jsou základem pro hojivé pochody kožních štěpů a jizev, regeneraci pokožky. Významně se tak urychlují regenerační a hojivé procesy [8], [34].

Biostimul je využíván v řadě odvětví jako je veterinární medicína, sport, alternativní medicína, ale především v lékařství a kosmetice [8].

#### Indikace:

V kosmetice se aplikuje především na místa postižena akné, nebo dermatitidou. Dále se využívá k potlačení viditelných jizviček po těchto nemocech, k prevenci strií, nebo k zabránění nadměrnému vypadávání vlasů. Mezi další a neméně důležité indikace můžeme zařadit: regenerace stárnoucí a znečištěné pleti, odstranění mikropopálenin, hojení pleti po kosmetických ošetřeních nebo zpomalení tvorby vrásek. Indikace, včetně údajů o doporučeném počtu a délce aplikací nalezneme v tab. 7 [8].

#### Kontraindikace:

Mezi příznaky, kdy není vhodné Biostimul používat patří: léčba zhoubných nádorů, ošetření jizev po operaci, epilepsie, zásah oční sítnice, zvýšená funkce štítné žlázy, užívání léků s obsahem fotosenzibilující látky.

Tab. 7. Indikace, doporučený počet a délka aplikací Biostimulu [8]

<i>Indikace</i>	<i>Počet aplikací</i>	<i>Délka aplikace [min]</i>
<i>Afty</i>	<i>2-4</i>	<i>10</i>
<i>Akné</i>	<i>10- 20 (2-3 denně)</i>	<i>10</i>
<i>Atopické ekzém</i>	<i>2 krát denně do vymizení</i>	<i>15</i>
<i>Bércový vřed</i>	<i>2 krát denně</i>	<i>20- 30</i>
<i>Bolestivé rány</i>	<i>3- 4 krát denně</i>	<i>10</i>
<i>Bradavice</i>	<i>3 krát denně</i>	<i>10</i>

<i>Celulitida</i>	<i>1 krát denně</i>	<i>30</i>
<i>Vypadávání vlasů</i>	<i>2 krát denně</i>	<i>10- 15</i>
<i>Vrásky</i>	<i>2 krát denně</i>	<i>5</i>

Účinnost biostimulační lampy vyplývá z následujících studií:

Studie 1: Muž, 18 let trpící acné facialis na celé tváři (viz obr. 5). Všechny možné léčby neúspěšné. Lékařem doporučena aplikace Biostimulu 2 krát denně po dobu 10-15 minut [8], [34].

Po dvou týdnech používání Biostimulu dochází k potlačení zánětlivých procesů, pleť je klidná. (Viz obr. 6.)

Při aplikaci Biostimulu na postižené oblasti tváře po dobu devadesátí dnů dochází k úplnému vymizení zanícených ložisek, sjednocení barevného tónu pleti. (Viz obr. 7.)



*Obr. 5. Středně těžké akné před aplikací Biostimulu [35]*



*Obr. 6. Středně těžké akné po 14. dnů aplikace Biostimulu [35]*



*Obr. 7. Středně těžké akné po 90. dnu aplikace Biostimulu [35]*

Studie 2: Muž, 46 let, velmi těžká nekróza nártu ohrožující ztrátu celé končetiny. (Viz obr. 8.) Pacient dále trpí: diabetes mellitus II. typu, erysipel, kardinální insuficience, hypertenze III. stupně, hyperlipoproteinemie, obezita. Zpočátku doporučena kontinuální aplikace Biostimulem 2 krát denně po dobu 10- 30 minut, po měsíci přechod na pulzní režim [34].

Po třetím týdnu používání Biostimulu se rána zatahuje a vyplňuje se zdravou tkání. Rána je zcela nebolestivá. (Viz obr. 9.)

Při léčbě Biostimulem byla rána po 115. dnu zcela zacelená, noha byla zdravá. (Viz obr. 10.)





*Obr. 8. Nekróza nártu před aplikaci Biostimulu [36]*



*Obr. 9. Nekróza nártu po 20. dnu aplikace Biostimulu [36]*



*Obr. 10. Nekróza nártu po 115. dnu aplikace Biostimulu [36]*

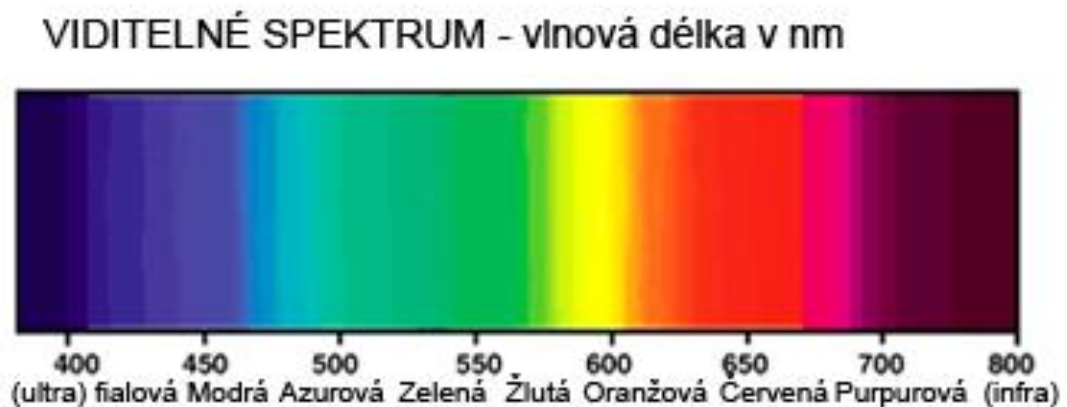
## 2.6 Viditelné záření

Část elektromagnetického spektra, na něž je lidské oko citlivé, se nazývá oblast viditelného záření (VIS). Vlnová délka viditelného záření se pohybuje v rozmezí 360- 760 nm (V různých zdrojích je uváděno jinak). Tvoří tedy jakousi přechodnou oblast mezi infračerveným a ultrafialovým zářením. Paprsek VIS je tvořen celkem šesti barevnými modifikacemi (spektrální barvy) o rozdílné vlnové délce. Hraniční spektrální barvou je barva fialová, jejíž vlnová délka 400- 440 nm úzce hraničí s oblastí ultrafialové oblasti. Následuje barva modrá (440- 490 nm), zelená (490- 530 nm), žlutá (530- 590 nm), oranžová (590- 660 nm) a konečně barva červená (660- 760 nm), jež se po fyzikální stránce blíží spíše infračervenému záření IR-A. Celé barevné spektrum [2], [8], [14] je zobrazeno na obr. 11.

Přírodním zdrojem viditelného záření je pochopitelně Slunce, jehož spektrum je tvořeno až ze 48 % právě tímto zářením. Viditelné záření proniká do podkožní tkáně přibližně z 5- 20 %. Tento údaj je ovšem velmi proměnlivý v závislosti na obsahu melaninu v pokožce. Silně pigmentovaná kůže odráží asi 15 % a pohlcuje až 85 % dopadajícího světla. Kdežto pokožka s menším množstvím melaninu má odrazivost 35- 50 % [14], [37].

Je známo, že světlo značně ovlivňuje jak psychický, tak fyzický stav člověka. Červená a oranžová barva působí na člověka dráždivě. Může dokonce vyvolat změnu tepové frekvence, nebo elektrické činnosti mozku. Naopak modrá barva spektra má účinky zklidňující. Proto probíhají v posledních letech studie, které zkoumají vliv jednotlivých barev na člověka a následné využití v terapii (koloroterapie) [14].

V kosmetickém průmyslu je využito viditelné záření při léčbě pomocí LED a IPL přístrojů.



*Obr. 11. Viditelné spektrum barev [38]*

### 2.6.1 LED přístroje

Jedná se o přístroje využívající nekoherentního monochromatického světleného paprsku vysoce intenzivních LED diod, pracující pomocí nízkofrekvenčního pulzu. LED terapie [23] je procedura, která aktivuje buňky pokožky neinvazivně. U buněk vystavených LED záření je prokázán rychlejší růst, a to až o 150- 200 %. LED přístroje umožňují léčbu jak pulzním, tak konstantním světlem [39], [40], [41].

LED světlo je schopno pronikat různě hluboko pod kůži, v závislosti na jeho barvě, respektive na jeho vlnové délce. LED světlo je tvořeno čtyřmi barvami- modrou, červenou, žlutou a zelenou. Každá z těchto barev je tak vhodná k jinému ošetření pleti, jak vyplývá ze zdroje [40].

- Modré světlo (415 nm) : vhodné k léčbě všech typů a forem akné; dále pro redukci kožních pórů; má antibakteriální účinky
- Zelené světlo (525 nm) : redukuje nadměrnou pigmentaci
- Žluté světlo (590 nm) : využíváno při potlačení zarudnutí pleti; léčba traumatických petechii, hematomů; zlepšuje cirkulaci lymfy a krve; vhodná aplikace po faceliftingu a chirurgických operacích

- Červené světlo (630 nm): vhodné při léčbě akutních a chronických ran; zvyšuje produkci kolagenu; stimulují fibroblasty, obnovuje elasticitu pleti, zmírňuje příznaky stárnutí

S narůstající vlnovou délkou světelného záření se zvyšuje hloubka průniku pokožkou. U modrého světla je hloubka 0,5 mm, kdežto u červeného až 10 mm. Hloubka průniku světla v závislosti na jeho vlnové délce je dokumentována na obr. 12.

**Indikace:**

Vysokofrekvenční proudy zpevňují, tónují a vypínají propadlou pokožku. Pomáhají tak snížit projevy celulitidy a celkově zlepšit vzhled pokožky [40], [41].

**Kontraindikace:**

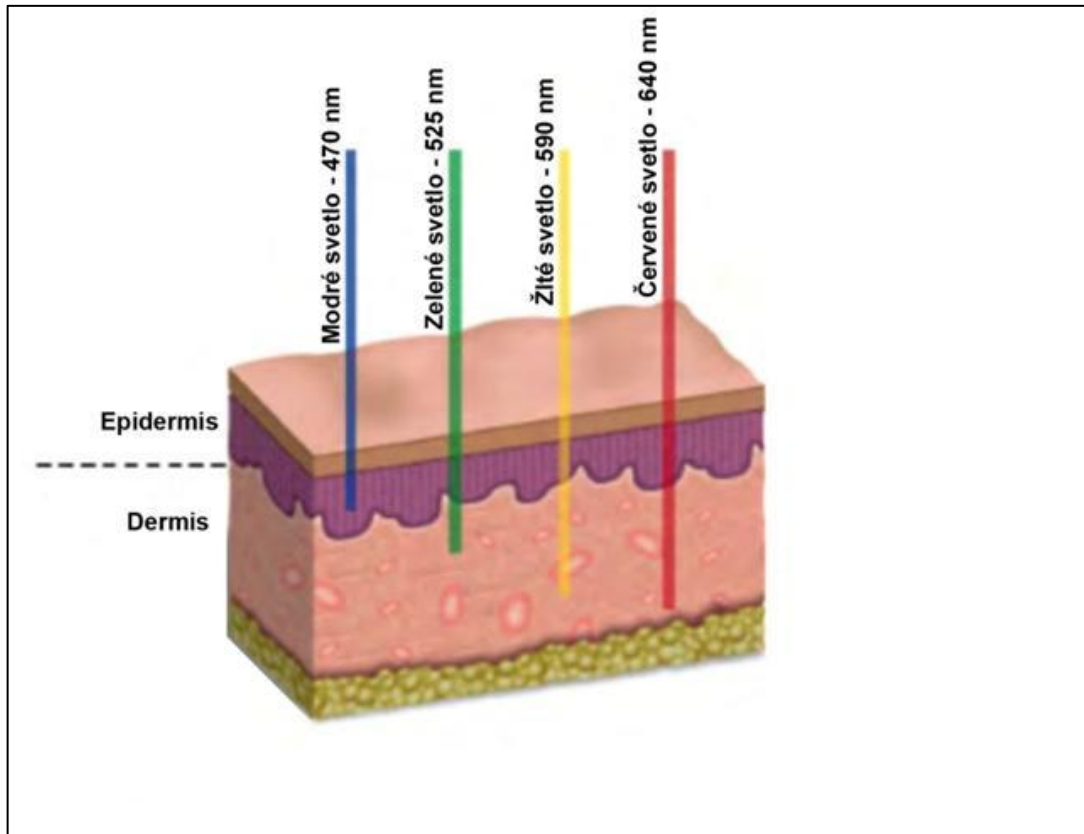
Mezi kontraindikace uváděné výrobcem patří epilepsie, orální užívání léků proti akné v posledních 6- ti měsících, fotosenzibilita a/nebo porfyrie, užívání léků způsobujících přecitlivělost na světlo, těhotenství, Kaposiho sarkom, kancerózní tkáně, nebo tkáně, u nichž existuje podezření na malignitu, Xeroderma pigmentosum<sup>1</sup> [41].

**2.6.1.1 Marvel 6 EX**

Marvel 6 EX byl vybrán jako zástupce LED terapie, jelikož je v instrumentální výbavě Laboratoře aplikované kosmetiky na Ústavu technologie tuků, tenzidů a kosmetiky. Jedná se o kompletní rejuvenizační komerčně dodávaný systém využívaný v estetické medicíně, dermatologii, kosmetologii, ale i v plastické chirurgii. V tomto přístroji je spojena „technologie“ LED světla a Lumi THERAPY (využívá mikroproudu a vysokofrekvenčního proudu). Nízké elektrické impulzy mikroproudu se shodují s impulzy těla vlastními. Dochází tak k spuštění řady chemických procesů, které mají za následek přirozenou tvorbu kolagenu a elastinu. Zároveň ovlivňuje i jejich cirkulaci. Výsledkem je okamžité vyhlazení, rehydratace pokožky a redukce vrásek.

---

<sup>1</sup> vrozená choroba s nadměrnou citlivostí kůže na sluneční záření s tvorbou kožních nádorů.



Obr. 12. Hloubka průniku světla o různé vlnové délce [42]

Internetový zdroj [40] na svých stránkách uvádí, že v průběhu dvaceti dnů používání by mělo dojít:

- 14% nárůstů produkce kolagenu
- 48% zvýšení produkce elastinu
- 38% zvýšení krevní cirkulace

Výhodami této neinvazivní léčby jsou: bezbolestnost; žádné vedlejší účinky; léčba je vhodná pro všechny typy pleti; není nutné ošetření po aplikaci; rychlá, spolehlivá a bezpečná léčba [41].

#### Studie 1

Na obr. 13. je možné vidět pacientku, která trpí nadměrnou pigmentací v obličeji. Po používání přístroje Marvel 6 EX byly její pigmentové skvrny redukovány na minimum (viz obr. 14.)



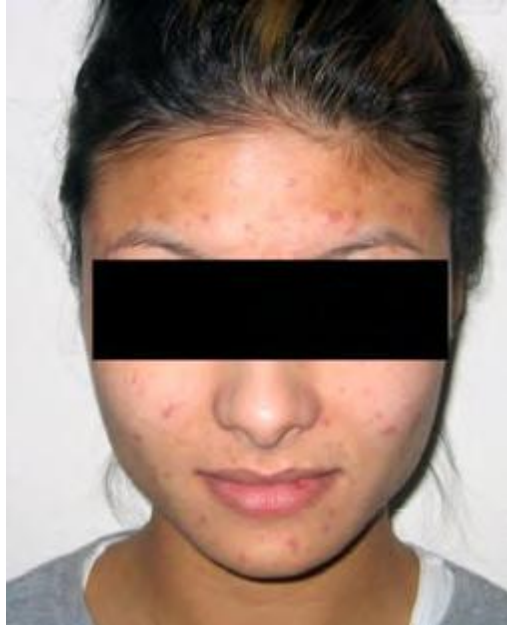
*Obr. 13. Pacientka s nadměrnou pigmentací před aplikaci Marvel 6 EX [42]*



*Obr. 14. Pacientka s nadměrnou pigmentací po aplikaci Marvel 6 EX [42]*

## Studie 2

Mladá pacientka má aknéózní pleť (viz obr. 15.). Na základě doporučení vyzkoušela léčbu pomocí Marvel 6 EX. Jak léčba dopadla, můžete posoudit sami (viz obr. 16.).



*Obr. 15. Pacientka s akné před použitím Marvel 6 EX [42]*



*Obr. 16 Pacientka s akné po použití Marvel 6 EX [42]*

### 2.6.1.2 LUNA BEAUTY

Stejně tak jako Marvel 6 EX, patří LUNA BEAUTY do skupiny přístrojů využívajících k ozáření pokožky LED diody. Konkrétně 420 LED diod, které představují 3 barvy- červenou, žlutou a modrou. Jako u předešlého přístroje, každá barva má díky své rozdílné vlnové délce i rozdílné léčivé účinky [40].

Jedinečný „U“ tvar přístroje zajišťuje optimální úhel dopadu světla na ošetřovanou plochu a umožňuje tak zvýšit efektivitu až o 30 % [40].

Přístrojem lze ozařovat tvář i různé partie celého těla- krk, dekolt, hrud', záda nebo hýžd'ovou oblast [40].

### 2.6.1.3 BlueBeam

Jedná se o kosmetický přístroj používaný pro zmírnění příznaků akné. BlueBeam pracuje na vlnové délce 415 nm, která připadá modrému světlu. V některých případech lze účinky modrého světla kombinovat s účinky protizánětlivými a urychlujícími hojení, jenž poskytuje červené světlo o vlnové délce 660- 670 nm [43].

Princip léčby pomocí BlueBeam spočívá v zničení bakterie *Propionibacterium acnes*. Tyto bakterie produkují tzv. porfyriny, které jsou právě citlivé na modré světlo. Vlivem absorpce dojde k fotoexcitaci porfyrinů, které uvolňují atomární kyslík. Výsledkem je účinné ničení bakterii *Propionibacterium acnes* pomocí kyslíku [43], [44].

## 2.6.2 IPL přístroje

V překladu do češtiny se jedná o přístroje vysílající intenzivní pulzní světlo. Od laserového světla se odlišuje především tím, že jeho paprsek představuje široké spektrum vlnových délek. IPL přístroje jsou vhodné pro odstranění (epilaci) chloupků na těle i na tváři. Dále pro zbavení pokožky tváře rozšířených žilek a pórů a také nadměrné pigmentace. Rovněž pomáhají dosáhnout mladistvějšího vzhledu pokožky pomocí tvorby nových kolagenových a elastinových vláken [20], [45], [46], [47] .

Podstatou ošetření IPL přístrojem je metoda selektivní fototermolýzy. Metoda spočívá v zahřátí tkání obsahující především kožní barvivo melanin, (dále pak kolagen, vlasové folikuly a vodu) na teplotu přibližně 70- 75 °C. Při epilaci má vysoká teplota za následek poškození vlasové cibulky, která už není nadále schopna vlas vytvářet. Vlasový folikul lze zničit jen v určité růstové fázi chloupku a při určité vlnové délce paprsku (640 nm je opti-



mální). Proto je vhodné proceduru několikrát opakovat. Důležitou poznámkou je, že tato metoda úspěšně ničí jen tmavé vlasové folikuly. Slabé světlé a šedé chloupky fotoepilací odstranit nelze [43], [48], [49].

K dalším efektům fotorejuvenace patří vymizení pigmentových skvrn a drobných červených žilek. Vypnutí jemných vrásek i jizviček a celkové zlepšení kvality pokožky [47].

Pro tyto účely se používá speciální aplikační hlavice IPL o vlnové délce 560 nm. Ta způsobí, že hemoglobin, kterým je žilka tvořena, je rozložen a následně vstřebáván imunitním systémem. Velmi podobně dochází k odstranění pigmentových skvrn. Kožní barvivo melanin absorbuje světelný paprsek, o určité vlnové délce a dojde k tzv. roztřelení přebytečného pigmentu na mikroskopické částičky, které jsou pak pomocí bílých krvinek odváděny z těla pryč [48].

#### **Indikace:**

Trvalá epilace, odstranění rozšířených cévek, hemangiomů, pigmentace a slunečních skvrn, redukce projevů akné a trvalá fotorejuvenace [48], [50].

#### **Kontraindikace:**

Těhotenství, epilepsie, dermatitida, rakovina kůže, poruchy srážlivosti krve, intenzivní opálení, sklony k hyperpigmentaci [48], [50].

#### **2.6.2.1 IPL I.**

Dnešní trh nabízí celou škálu přístrojů, které pracují na principu pulzního světla. Proto byl vybrán přístroj IPL I., který se trochu odlišuje od těch ostatních.

Jedná se o kombinovaný dvojitý IPL přístroj, jenž má velkou aktivní stopu světelného impulzu. Pro tento přístroj jsou charakteristické dvě ruční terapeutické koncovky, což je oproti ostatním zařízením v této skupině nadstandardní [47].

Terapeutická koncovka „SR“ pracuje na vlnové délce 560- 1200 nm. Jejich účinků se využívá při fotorejuvenaci, tedy procesu omlazení pomocí světla. Do fotorejuvenace patří především vyhlazení vrásek a jizviček, vypnutí pleti. (Výsledky fotorejuvenace můžeme vidět na obr. 17.) Za pomoci tvorby nových kolagenových a elastinových vláken dochází k celkové regeneraci a dojmu omlazení pleti. Hodnota této vlnové délky je rovněž vhodná pro odstranění nadměrné pigmentace a drobných červených žilek. Podporuje také léčbu akné [47].

Druhou terapeutickou koncovkou je tzv. koncovka „HR“. Její aplikace je vhodná pro ty, kteří se chtějí dlouhodobě nebo trvale zbavit nežádoucího ochlupení na těle, ale i na obličeji. Výsledek fotoepilací přístrojem IPL I můžeme vidět na obr. 18. Koncovka „HR“ pracující na vlnové délce 690- 1200 nm, je stejně jako „SR“, velmi šetrná, efektivní a přitom naprosto bezpečná [47].

Principy, na kterých tyto hlavice pracují, jsou shodné s principy uvedenými v předchozí kapitole.



*Obr. 17. Fotorejuvenace pleti pomocí přístroje IPL I [47]*



*Obr. 18. Fotoepilace pomocí přístroje IPL I [47]*

## 2.7 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření [12], [20], [50] je třetí složkou elektromagnetického záření využívanou ve fototerapii. Je charakteristické svou vlnovou délkou, která se pohybuje v oblasti pod 400 nm. Její dolní hranice není přesně určená a v různé literatuře je uváděna jinak. Přírodním zdrojem ultrafialového záření je Slunce. Většinu UV záření pohltí ozonová vrstva, ovšem v dnešní době je ozonová vrstva zeslabena a objevují se tzv. ozonové díry. Důsledkem je stále se zvětšující procento kožních onemocnění způsobených právě tímto zářením. Kromě vážných dermatologických problémů, má UV záření značný vliv na předčasné stárnutí pokožky, tvorbu vrásek, zhrubění pokožky nebo nadměrnou pigmentaci. UV záření se skládá ze tří složek UVA, UVB a UVC [11], [51].

### 2.7.1 UVA

UVA záření je považováno za blízké pásmo s vlnovými délkami 400- 315 nm. Používá se také název pásmo černého světla. Pásmo UVA je z kosmetického hlediska považováno za

pigmentotvorné. Záření proniká hluboko do podkoží, kde vyvolává okamžitou tvorbu melaninu. Samotné UVA se ještě dále rozděluje na UVA1 a UVA2 [11], [51].

Záření způsobuje narušení kolagenních vláken kůže, jenž má za následek photoaging. UVA indikuje apoptózu T- pomocných lymfocytů a snižuje tak imunitní odpověď. Zároveň snižuje syntézu DNA a proteosyntézu [52].

### 2.7.2 UVB

UVB záření, nazývané erytémové pásmo, má vlnovou délku elektromagnetického záření 320- 280 nm. Prochází přes epidermis až do papilární dermis. Vyvolává novotvorbu melaninu na několik dní= pozdní pigmentace [11], [51].

UVB záření výrazně snižuje počet antigen prezentujících buněk, zvláště Langerhansových buněk. Úzkospektré UVB je navíc schopno indukovat proliferaci T-regulačních lymfocytů s tvorbou protizánětlivých cytokinů, jako jsou interleukin 10 (IL10) či transformující růstový faktor beta, snižuje tak imunitní odpověď 1. typu. Po ozáření dochází ke zvýšení obsahu antibakteriálních peptidů v keratinocytech, což může snížit impetiginizaci léčených ložisek. Jediným pozitivním účinkem UVB záření je tvorba vitamínu D3 [52].

### 2.7.3 UVC

UVC záření, vlnové délky pod úrovní 280 nm, je považováno za krátkovlnné, vzdálené pásmo. Za normálních podmínek je odraženo od ozonové vrstvy a na lidskou kůži tak nijak nepůsobí. Kdyby tomu tak nebylo, pronikalo by pouze do nejsvrchnějších vrstev pokožky, kde by způsobovalo erytém [11], [52].

### 2.7.4 UV záření ve fototerapii

UV záření je nejvyužívanějším prostředkem v léčbě pomocí světla. Prvním průkopníkem v této oblasti byl egyptský lékař Ab del Mofty, který objevil metodu depigmentace. Ten postiženým doporučoval pít extrakt z rostliny Pakmín velký a následně se nechat vystavit slunečnímu záření. To vedlo k vzniku a rozvoji nové terapie, která využívá tzv. furokumarinů (dnes psoralenů). Psoraleny jsou látky vyskytující se v přírodě zejména v rostlinách, které zesilují působení UVA paprsků. Až v roce 1968 byl vynalezen přístroj umožňující používání tzv. UV lamp [53].

Mezi prvními se na trhu objevily velmi oblíbené zdroje UVB záření, tzv. horské slunce, u kterých se později prokázala i emitace negativního UVC záření. Nahradily je tak nové vý-

bojky emitující pouze UVB záření a tzv. lampy SUP (selective ultraviolet phototherapy), jejichž spektrum pokrývá kromě UVB i částečné UVA záření [52].

UVB fototerapie a terapie pomocí SUP lamp je přínosem v oblasti léčby kožních onemocnění jako je například psoriáza, parapsoriáza, vitiligo<sup>2</sup> nebo třeba lichen ruber [52].

Jako zdroj UVA záření slouží především nízkotlaké rtuťové výbojky [54] z jejichž UVA oblasti se k léčbě využívá zejména UVA1. Pro zvýšení účinnosti léčby se před samotným ozařováním aplikují psoraleny (odtud název PUVA). PUVA fototerapie [54] má antiproliferativní, imunomodulační a supresivní účinek. Stejně jako fototerapie pomocí UVB pomáhá v léčbě dermatóz, jako je například psoriáza, sklerodermie<sup>3</sup>, nebo alopecie<sup>4</sup> [52].

Dále nesmíme opomenout fluorescenční trubice s plynovou náplní nebo bodové výbojky naplněné kovovými parami, např.: rtuťové nebo xenonové lampy [2], [54], které jsou konstruovány tak, aby vyzařovaly jak UVA, tak UVB světlo. Zářiče mohou být jak ve formě hřebenů, které slouží k lokálnímu ozáření postižených oblastí, tak ve formě kabin (solárium), které naopak zajišťují ozáření celého povrchu těla [52].

### 2.7.5 Solárium

Do prvního solária jsme si mohli lehnout někdy v 80. letech, kdy ještě nikdo neřešil, zda je pro člověka škodlivé, protože kromě toho, že nám „pobyť“ v soláriu zajistí bronzový vzhled pokožky, se také podílí na tvorbě vitamínu D. Avšak se stále narůstajícím počtem mladých lidí, toužících po celoročním opálení, roste počet studií zabývajících se negativními vlivy na lidský organismus [55].

Dřívější solária vyzařovali především UVA a malou dávku UVB záření, ale v dnešní době, jsou ozařovací lampy vyráběny tak, aby produkovaly více UVB (u některých výrobců až 20 %) a přiblížily se tak slunečnímu spektru a opálení bylo urychleno [55].

UVA a UVB záření, které je produkováno soláriem je schopno poškodit DNA melanocytů. O karcinogenních účincích UVB záření o vlnové délce 295- 320 nm, není pochyb. Ale vědecké studie z roku 2005 dokazují, že i vysoké dávky UVA o vlnové délce 320- 400 nm se podílí na tvorbě rakoviny [55].

---

<sup>2</sup> kožní onemocnění způsobující odumírání pigmentových buněk

<sup>3</sup> kolagenní onemocnění, způsobující sklerotizaci (tvrdnutí) vaziva

<sup>4</sup> neinfekční onemocnění zapříčiňující vypadávání vlasů

Stále nové a nové studie prokazují závislost mezi užíváním solária a výskytem maligního melanomu a karcinomu kůže. Zatímco co dříve se maligní melanom kůže vyskytoval především u starších lidí, v dnešní době se objevuje ve velkém počtu převážně u mladých lidí. Studie ukázaly, že každý desátý mladý člověk navštěvuje solárium, přičemž každá druhá je žena. Služeb solária využívají nejvíce lidé ve věkové kategorii mezi 20- 30 rokem. Zde se procento rizika vzniku rakoviny zvýšilo na 75 % [55], [56].

Kromě těchto, život ohrožující onemocnění, zapříčiňuje UV záření šedý zákal, způsobuje rychlejší stárnutí pokožky a v neposlední řadě oslabuje imunitní systém [55].

Velkým problémem je zvyšující se počet nekontrolovaných solárii, kdy kvůli cenové politice, dochází k vážnému poškození zdraví klienta [55].

Světové zdravotnická organizace (WHO) se v srpnu 2004 obrátila na vlády zemí, které se nově staly členy EU s informací o své iniciativě v oblasti prevence poškozování zdraví vlivem UV záření při opalování v soláriích. Podle WHO je umělá expozice UV záření nežádoucí a je třeba ji výhledově účinně regulovat. Na přípravě mezinárodní směrnice se pracuje v rámci globálního projektu INTERSUN [55], [57].

Pouze v několika zemích je zavedena účinná regulace užívání a provozu solárii. Ve státech jako je Švédsko, Belgie a Francie je maximální povolená dávka UVB záření 1,5 %. Ve Francii musí být všechny zářiče hlášeny orgánu ochrany zdraví. Mladistvým, kteří nedosáhli věku 18- ti let je návštěva solária zakázána. Veškerá zařízení spadají pod neustálou kontrolu školených pracovníků a jakékoliv šíření pozitivních účinků UV záření na zdraví je přísně zakázáno [55].

Na základě Mezinárodní komise pro ochranu před neionizujícím zářením ICNIRP (International Commission on Non- Ionizing Radiation Protection) byla přijata na 1. mezinárodní konferenci EUROSKIN v Ženevě v roce 2000 doporučení, která zmiňují případy, kdy by bylo vhodné omezit návštěvu solária na minimum [55]:

- jde o osobu mladší než 18 let
- jde o těhotnou ženu
- člověk má teplotu nebo jakoukoliv nemoc
- má na těle velký počet névů nebo névy velikosti  $> 2$  mm v průměru na celém těle, nebo má mateřské znaménko širší než 5 mm
- má tendenci k tvorbě pih

- se v minulosti na slunci spálil
- má prekancerózy, nebo měl v minulosti maligní kožní kancerózy
- má sluněním poškozenou pokožku (vrásky ve tváři, nepravidelné pigmentové skvrny)
- byla použita kosmetika, která zvyšuje citlivost vůči UV záření (zejména parfémy)
- užívá jakékoliv léky

### 3 FOTODYNAMICKÁ TERAPIE

Jedná se o cílenou, neinvazivní léčbu, jejímž úkolem je zničit nádorové tkáně. Princip spočívá v ozáření příslušné kancerózní oblasti viditelným zářením, po předchozí aplikaci tzv. fotosenzibilátoru<sup>5</sup>. Dochází k fotodynamickému efektu, kdy molekuly fotosenzibilující látky excitují kyslík do reaktivního stavu (vznik kyslíkových radikálů), který následně způsobí destrukci nádorové tkáně. Předností této terapie je úplné zničení poškozené tkáně, aniž by byly zasaženy normální zdravé buňky [52], [58].

Metoda je vhodná především k léčbě povrchových spinaliomů, T- lymfomů nebo Kaposiho sarkomu. V poslední době se také využívá k léčbě zánětlivých dermatóz, jako je psoriáza, akné nebo lichen ruber [52].

Jelikož při fotodynamické terapii (PDT- photodynamic therapy) nedochází k tvorbě jizev, je vyhledávanou léčbou v oblasti tkáně obličeje. Po zákroku je ložisko většinou ošetřeno krémem s UV filtrem. Podle pacientovy reakce můžou být dále podány antibiotika nebo antiseptika. PDT je také možné kombinovat i s jinými terapeutickými postupy [52].

V České republice se k léčbě pomocí PDT používají zdroje červeného světla o vlnové délce 600- 800 nm, které je schopno proniknout do hloubky 3 mm. Využívá se jak zdrojů koherentního záření (laser), tak zdrojů nekoherentního záření, které se využívají převážně v dermatologii. Patří zde rtuťové a xenonové lampy, s filtrem propouštějícím červené světlo. Jako fotosenzibilátor se využívá metylester delta-aminolevulové kyseliny [52], [54].

---

<sup>5</sup> chromofor, schopný absorbovat energii o odpovídající vlnové délce a následně tuto energii využít



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provést literární rešerši v oblasti fototerapie. Bylo zjištěno, že fototerapie využívá části elektromagnetického záření v rozmezí vlnových délek, připadající na UV, VIS a IR oblast.

V oblasti infračerveného záření se pro fototerapii využívají zejména: soluxy, teplometry, akvasoly, nebo žárovkové tunely.

- indikace: artróza, chronická artritida, lumbago, astma, bronchitida
- kontraindikace: akutní záněty v malé pánvi, žaludeční a duodenální vředy, poruchy čítí

Univerzálním přístrojem, který může emitovat jak viditelné, tak IR záření je laser:

- jeho paprsek je monochromatický, polarizovaný a koherentní
- mezi hlavní účinky laseru patří biostimulační, protizánětlivý a analgetický účinek
- v kosmetice jsou používány tzv. softlasery, které slouží především k ošetření pleti, strií, celulitidy nebo alopecie
- v dermatologii se uplatňují i vysokovýkonné lasery, které pomáhají v léčbě lišajů, oparů, ekzémů, vředů nebo jizev a epilaci
- mezi kontraindikace patří zejména: epilepsie, prekancerózy, hořečnaté stavy, fotodermatózy, těhotenství, ozařování žláz s vnitřní sekrecí, ozařování varikozit a malignit

Pouze polarizované světlo nabízí Biolampa. Kombinace polarizovaného světla Biolampy a biostimulačního laseru dala vzniknout tzv. Biostimulu.

- indikace: léčba akné, dermatitidy, jizvy, strie a alopecie
- kontraindikace: nádory, epilepsie, zvýšená funkce štítné žlázy, užívání léku s obsahem fotosenzibilující látky

Ve VIS oblasti elektromagnetického záření se využívá především LED a IPL přístrojů:

LED přístroje poskytují nekoherentní, monochromatické záření:

- modrá barva spektra má antibakteriální účinky, zelená odstraňuje nadměrnou pigmentaci, žlutá potlačuje zarudnutí a červená slouží k potlačení fotoagingu
- kontraindikace: epilepsie, orální užívání léků proti akné v posledních šesti měsících, fotosenzibilita, těhotenství, Kaposiho sarkom, kancerózy

- VIS emituje například zařízení Marvel 6 EX, LUNA BEAUTY, BlueBeam, IPL I.

IPL přístroje jsou charakteristické svým širokým spektrem vlnových délek.

- indikace: využívají se k trvalé epilaci, odstranění pigmentace a slunečních skvrn, potlačují projevy akné
- kontraindikace: těhotenství, epilepsie, dermatitidy, rakovina kůže, poruchy srážlivosti krve, hyperpigmentace
- zástupcem je například IPL I.

Ve fototerapii se rovněž uplatňuje UV záření, a to jak UVA, tak UVB složky záření.

- v oblasti UVA se používají nízkotlaké výbojky emitující především UVA 1, které slouží k ošetřování psoriázy, sklerodermie, nebo alopecie
- aplikace psoralenů před ozářením využívá tzv. PUVA terapie
- zástupcem emitující UVB je tzv. SUP lampa, která se rovněž podílí na léčbě dermatitid
- zdrojem UVA a UVB záření jsou fluorescenční trubice
- kontraindikace: fotoalergie, porfyrie, vředová onemocnění žaludku, stavy po RTG a radioterapii, neurotická podráždění

Kromě těchto málo pozitiv, které nám UV záření nabízí, jsou zde především negativa, která jsou viditelná zejména v soláriích.

- poškozují DNA melanocytů
- podílí se na tvorbě karcinomu kůže a melanomu
- dále mohou urychlit stárnutí pokožky a oslabují imunitu

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] MECHLOVÁ, Erika. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Praha: Prometheus, 1999. ISBN 8071961515.
- [2] IPSEK, Josef. *Fysiatrie*. 1. vydání. Praha: Avicenum, 1972.
- [3] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia: optika*. 4. vyd. Praha: Prométheus, 2010, 207 s. ISBN 978-80-7196-384-4 (Brož.).
- [4] URGOŠÍK, Bohuš. *Fyzika*. 2. uprav. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987. ISBN 8071961515.
- [5] Preventivní opatření pro správnou funkci plynových zařízení II: Infračervené senzory. *Tzbinfo* [online]. 2009 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/zemni-plyn/5802-preventivni-opatreni-pro-spravnu-funkci-plynovych-zarizeni-ii>
- [6] HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno/Praha: VUTIUM/PROMETHEUS, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.
- [7] SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 4., upr. vyd. Praha: Prométheus, 2008. ISBN 978-807-1963-073.
- [8] KRUCKÝ, Karel. *BIOOTHERAPY. Světlo, které uzdravuje*. Praha: Euroinstitut, 2010. ISBN 978-80-87372-02-9.
- [9] PODĚBRADSKÝ, Jiří a Radana PODĚBRADSKÁ. *Fyzikální terapie: manuál a algoritmy*. Praha: Grada, 2009, 200 s. ISBN 978-802-4728-995.
- [10] Polarizace světla. *Fyzika na GBN* [online]. 2004 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://fyzika.gbn.cz/phprs/view.php?cislocianku=2004120902>
- [11] ŠAJTER, Vít. *Elektroterapia a fototerapia*. Martin: Osveta, 2005, 126 s. ISBN 80-806-3171-9.
- [12] GROSSWEINER, Leonard I, Linda Ramball JONES, James B. GROSSWEINER a B. ROGERS. *The science of phototherapy: an introduction*. Norwell, MA: Springer, c2005, 374 s. ISBN 14-020-2885-7.
- [13] FEYNMAN, Richard Phillips. *Neobyčejná teorie světla a látky: Kvantová elektrodynamika*. Vyd. 1. Praha: Aurora, 2001. ISBN 80-7299-045-4.
- [14] CAPKO, Ján. *Základy fyziatrické léčby*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-341-3.

- [15] STUPŇÁNKOVÁ, Magda. *Infračervené záření v současnosti*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce MUDr. Věra Maryšková
- [16] LEVITIN, I. B. *Infračervená technika*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1979.
- [17] KROČA, Jiří. *Elektronický modul pro měření a ukládání údajů o dávkách infračerveného záření*. Zlín, 2004. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Petr Neumann.
- [18] ROSINA, Jozef, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2006, 230 s. ISBN 80-247-1383-7.
- [19] RAULIN, Christian a Syrus KARSAI. *Laser and IPL technology in dermatology and aesthetic medicine*. New York: Springer, c2011, 419 s. ISBN 36-420-3438-1.
- [20] CARNIOL, PAUL J., Neil S. Sadick. *Clinical procedures in laser skin rejuvenation*. London: Informa Healthcare, 2007. ISBN 978-041-5414-135.
- [21] SHAI, Avi, Howard I. Maibach, R. Baran. *Handbook of cosmetic skin care*. 2nd ed. London: Informa Healthcare, 2009. ISBN 978-041-5467-186.
- [22] BAUMANN, Leslie. *Cosmetic dermatology and medicine: principles and practice*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2009, 366 s. ISBN 978-007-1641-289.
- [23] DRAELOS, Zoe Kececioglu. *Cosmetic dermatology: products and procedures*. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell Pub., 2010, 532 s. ISBN 14-051-8635-6.
- [24] SERUP, Jørgen, B. JEMEC a Gary L. GROVE. *Handbook of non-invasive methods and the skin*. 2nd ed. Boca Raton: CRC/Taylor, 2006, 1029 s. ISBN 978-084-9314-377.
- [25] TARABA, Oldřich a Jiří KODEŠ. *Zázraky světla: lasery*. 1. vydání. Praha: MÍR, 1965. 73. svazek: I. řady.
- [26] VOŘÍŠEK, Milan a Zdeněk NAVRÁTIL. *Optoelektronika*. 1. vyd. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990, 96 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0120-6.
- [27] Laser. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 15. 4. 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>

- [28]ROZMAN, Jiří. *Elektronické přístroje v lékařství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2006, 406 s. ISBN 80-200-1308-3.
- [29]Laser. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2012 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>
- [30]ROVENSKÝ, Jozef. *Revmatologický výkladový slovník*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 275 s. ISBN 80-247-1614-3.
- [31]HÁBOVČÍK, Peter. *Lasery a fotodetektory*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 318 s. ISBN 80-050-0526-1.
- [32]VRBOVÁ, M. *Lasery a moderní optika - oborová encyklopedie*. 1. vydání. Praha: Prométheus, 1994, 474 s. ISBN 80-858-4956-9.
- [33]MEYERS, Robert A. *Encyclopedia of lasers and optical technology*. San Diego: Academic Press, c1991, 764 s. ISBN 01-222-6693-5.
- [34]Biolampa. *BIOtherapy: Biolampy pro 21. století* [online]. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://biostimul-biolampa.cz>
- [35]Akné: Léčba akné biolampou. *BIOtherapy* [online]. [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://biostimul-biolampa.cz/akne>
- [36]Chronicky špatně se hojící rány. *BIOtherapy* [online]. [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://biostimul-biolampa.cz/chronicky-spatne-se-hojici-rany>
- [37]Elektromagnetické záření. *Fotovoltaika* [online]. © 2008- 2009 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://fotovoltaika.falconis.cz/slunce/elektromagneticke-zareni.php>
- [38]Spektrum viditelného záření. *Google* [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: [https://www.google.cz/search?hl=cs&q=spektrum+viditeln%C3%A9ho+z%C3%A1l%C5%99en%C3%AD&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.,cf.osb&biw=1280&bih=594&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=PfGCT\\_-wN4rQhAfertCaBw](https://www.google.cz/search?hl=cs&q=spektrum+viditeln%C3%A9ho+z%C3%A1l%C5%99en%C3%AD&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&biw=1280&bih=594&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=PfGCT_-wN4rQhAfertCaBw)
- [39]KENDRIC, C. Smith. Low Level Light Therapy: Laser and LED Therapy is Phototherapy. *AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOBIOLOGY* [online]. 2009 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.pol-us.net/lllt/phototherapy.html>

- [40] LED přístroje. *Laser.sk: Medicínské a kozmetické aplikacié* [online]. © 2005-2010 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.laser.sk/kozmeticke-pristroje/led-pristroje/>
- [41] Uživatelská příručka: Monochromatický zářič Cobble Marvel 6 EX.
- [42] Marvel 6. [online]. [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.laser.sk/fileadmin/laser.sk/data/docs/pdf/Marvel.pdf>
- [43] BlueBeam. *MediCom, akciová společnost* [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.medicom.cz/p.php?p=lekarske,vyrobky,bluebeam>
- [44] BlueBeam: novinka ve fototerapii akné. *Klinika plastické chirurgie: Ústí nad Labem, s. r. o.* [online]. © 2011 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.plastika-ul.cz/sluzby/laser-centrum/bluebeam.html>
- [45] Kavítace, radiofrekvence, IPL přístroje, strie, zeštíhlení: IPL PŘÍSTROJE - INTENZIVNÍ PULSNÍ SVĚTLO. EPILLA, s. r. o. *NOVAESTETYC: digital & biotechnology instruments* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.novaestetyc.cz/>
- [46] IPL laser. *Fit & Beauty: laser clinic* [online]. © 2012- 2012 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.fitandbeauty.cz/ipl-laser.html>
- [47] IPL I. Medica Technology profesionální kosmetický přístroj. *MEDICA TECHNOLOGY: profesionální kosmetické přístroje* [online]. © 2009- 2010 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.medicatechnology.cz/profesionalni-pristroj-sts-ipl-medica-technology>
- [48] IPL technologie. *Indubia: Lékařská technika* [online]. © 2010 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://lekarska-technika.indubia.cz/ipl-technologie>
- [49] Epilace- IPL. *Slim & Go* [online]. [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.slimngo.cz/epilace.html>
- [50] (EDS), Jean Krutmann ...). *Dermatological phototherapy and photodiagnostic methods*. 2. ed. Berlin: Springer, 2009. ISBN 978-354-0366-928.
- [51] TEPLÁ, Kateřina. *Kosmetika III pro studijní obor Kosmetička*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, 2010, 233 s. ISBN 978-80-7333-081-1.
- [52] FIALOVÁ, P. a V. VAŠKŮ. Moderní fototerapie v dermatologii: minimalizace rizik. *ZDN.CZ: Postgraduální medicína* [online]. 2010 [cit. 2012-04-17]. Do-

- stupné z: <http://www.zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/moderni-fototerapie-v-dermatologii-minimalizace-rizik-450832>
- [53] JIRÁSKOVÁ, Milena a Lubor JIRÁSEK. Záření- škodí, nebo prospívá?. *SVĚTLO: časopis pro světelnou techniku a ozařování* [online]. 2008 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=37584](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37584)
- [54] MALINA, Lubor. *Fotodermatózy*. Praha: Maxdorf, c1999, 205 s. ISBN 80-859-1221-X.
- [55] LAJČÍKOVÁ, Ariana. Světová zdravotnická organizace varuje před UV zářením v soláriích. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV PRAHA. *Tzbinfo* [online]. 2005 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2450-svetova-zdravotnicka-organizace-varuje-pred-uv-zarenim-v-solariich>
- [56] MRÁKOTOVÁ, Alena. Opalování: Potvrzeno, solária škodí zdraví!. *ZDRAVĚ. CZ* [online]. 2009 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://opalovani.zdrave.cz/potvrzeno-solaria-skodi-zdravi/>
- [57] Ultraviolet radiation and the INTERSUN Programme: INTERSUN Programme. *World Health Organization* [online]. 2012 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.who.int/uv/intersunprogramme/en/>
- [58] Fotodynamická terapie u nonmelanových nádorů kůže. *ZDN.CZ: SESTRA* [online]. 2008 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.zdn.cz/clanek/sestra/fotodynamicka-terapie-u-nonmelanomovych-nadoru-kuze-356475>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Elektromagnetické záření.....	11
Obr. 2 Polarizace světla lomem.....	12
Obr. 3 Polarizace světla odrazem.....	13
Obr. 4 Konstrukce laseru.....	22
Obr. 5 Středně těžké akné před aplikací Biostimulu.....	31
Obr. 6 Středně těžké akné po 14. dnu aplikace Biostimulu.....	32
Obr. 7 Středně těžké akné po 90. dnu aplikace Biostimulu.....	32
Obr. 8 Nekróza nártu před aplikace Biostimulu.....	33
Obr. 9 Nekróza nártu po 20. dnu aplikace Biostimulu.....	33
Obr. 10 Nekróza nártu po 115. dnu aplikace Biostimulu.....	34
Obr. 11 Viditelné spektrum barev.....	35
Obr. 12 Hloubka průniku světla o různé vlnové délce.....	37
Obr. 13 Pacientka s nadměrnou pigmentací před aplikaci Marvel 6 EX.....	38
Obr. 14 Pacientka s nadměrnou pigmentací po aplikaci Marvel 6 EX.....	38
Obr. 15 Pacientka s akné před použitím Marvel 6 EX.....	39
Obr. 16 Pacientka s akné po použití Marvel 6 EX.....	39
Obr. 17 Fotorejuvenace pleti pomocí přístroje IPL I.....	42
Obr. 18 Fotoepilace pomocí přístroje IPL I.....	43



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Přehled energií fotonů pro některé vlnové délky.....	14
Tab. 2 Klasifikace zdrojů infračerveného záření.....	19
Tab. 3 Rozdělení diodových laserů podle vyzářené intenzity.....	24
Tab. 4 Druh laseru, vlnová délka, druh absorpce a polovrstva.....	25
Tab. 5 Využití laserů v lékařství a kosmetice, a jeho indikace.....	27
Tab. 6 Kontraindikace laseru.....	28
Tab. 7 Indikace, doporučený počet a délka aplikací Biostimulu.....	30