



# Vliv modrého světelného spektra na spánek

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B7401 Tělesná výchova a sport

*Studijní obor:*

Rekreologie

*Autor práce:*

**Jan Blažek**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Lukáš Rubín, Ph.D.

Katedra tělesné výchovy a sportu





## Zadání bakalářské práce

# Vliv modrého světelného spektra na spánek

*Jméno a příjmení:* **Jan Blažek**  
*Osobní číslo:* P18000075  
*Studijní program:* B7401 Tělesná výchova a sport  
*Studijní obor:* Rekreatologie  
*Zadávací katedra:* Katedra tělesné výchovy a sportu  
*Akademický rok:* **2020/2021**

### Zásady pro vypracování:

- 1) Provést rešerši odborné literatury a shrnout publikované poznatky o spánku (spánkové cykly, význam pro zdraví, doporučení pro zdravý spánek atp.) s akcentem na ovlivnění spánku modrým světelným spektrem.
- 2) Realizovat empirické šetření úrovně spánku u výzkumného souboru, u kterého budou spánkové charakteristiky sledovány jak ve dnech, kdy před usnutím budou využity speciální brýle filtrující modré světlo, tak i ve dnech, kde speciální brýle použity nebudou.
- 3) Provést statistické zpracování dosažených výsledků (včetně komparační analýzy).
- 4) Interpretovat zjištěné výsledky do praktických i teoretických doporučení.

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování práce:  
Jazyk práce:

tištěná/elektronická  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

GUARANA, CRISTIANO L., BARNES, CHRISTOPHER M. a ONG, WEI J. The effects of blue-light filtration on sleep and work outcomes. *Journal of Applied Psychology*, 2020. doi: 10.1037/apl0000806  
WALKER, Matthew. *Proč spíme: Odhalte sílu spánku a snění*. Přeložil Filip DRLÍK. 1. vyd. Brno: Jan Melvil Publishing, 2018, 414 s. ISBN 978-80-7555-050-7.

Vedoucí práce: Mgr. Lukáš Rubín, Ph.D.  
Katedra tělesné výchovy a sportu

Datum zadání práce: 9. listopadu 2020  
Předpokládaný termín odevzdání: 30. listopadu 2021

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.  
děkan

L.S.

doc. PaedDr. Aleš Suchomel, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 9. listopadu 2020

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

14. července 2021

Jan Blažek

# Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce, panu Mgr. Lukáši Rubínovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce. Děkuji mu za příkladný akademický přístup, jeho trpělivost a zejména také za jeho způsob komunikace. Dále děkuji také svým nejbližším, že mi byli oporou a byli trpěliví.

# Anotace

Hlavním cílem předložené bakalářské práce je zjistit vliv expozice modrého světelného spektra před spánkem na spánkové charakteristiky u dospělých osob. V teoretické části práce je pozornost věnována spánku z hlediska charakteristiky historie výzkumu, fází, cirkadiánního rytmu, zdravotního významu a doporučením. Teorie navíc obsahuje úvod do problematiky světelného záření, rozboru typů obrazovek, displejů a barevných modelů. Na závěr teoretické části jsou uvedeny vybrané studie zabývající se vlivem různých světelných podnětů na spánek. Výzkumná část práce zahrnuje výzkumný soubor o rozsahu 18 probandů a probandek ve věku 18–26 let z Libereckého kraje. Spánkové charakteristiky jsou ve výzkumu monitorovány pomocí přístroje ActiGraph GT9X. Z výsledků vyplývá, že expozice modrým světlem ve večerních hodinách má negativní vliv na spánkové charakteristiky, konkrétně zkracuje dobu spánku o 5 minut, snižuje efektivitu spánku o 1,7 % prodlužuje dobu potřebnou k usnutí o téměř 3 minuty a zvyšuje počet probuzení v průměru o 1 a zvyšuje pohybový index o 0,5 jednotky.

**Klíčová slova:** modré světlo, spánek, spánková hygiena, akcelerometrie, mladá dospělost

# Annotation

The main goal of the presented bachelor thesis is to determine the effect of exposure to the blue light spectrum before sleep on characteristics of in adults. In the theoretical part of the thesis, attention is paid to the history of sleep, sleep phases, research, circadian rhythm, health significance and recommendations. In addition, the theory contains an introduction to the issue of light radiation, analysis of types of screens and displays and color models. At the end of the theoretical part, further studies dealing with the influence of various light stimuli on sleep I listed. The research part of the thesis includes a research group of 18 probands aged 18–26 years from the Liberec region. Sleep characteristics are monitored in the research using the ActiGraph GT9X. The results show that exposure to blue light in the evening has a negative effect on sleep characteristics, specifically shortens sleep time by 5 minutes reduces sleep efficiency by 1,7 % increases the time needed to fall asleep by almost 3 minutes and increases the number of awakenings by an average of 1 and increases the movement index by 0,5.

**Keywords:** blue light, sleep, sleep hygiene, accelerometry, young adulthood

# Obsah

Úvod.....	9
1 Syntéza poznatků.....	10
1.1 Mladá dospělost.....	10
1.2 Spánek.....	11
1.2.1 Historie zkoumání spánku.....	11
1.2.2 Fáze spánku.....	14
1.2.3 Mechanismus spánku.....	18
1.2.4 Cirkadiánní rytmus.....	18
1.2.5 Zdravotní význam spánku.....	20
1.2.6 Spánkové poruchy.....	21
1.2.7 Monitoring spánku.....	23
1.2.8 Spánková doporučení.....	24
1.3 Světelné záření.....	27
1.3.1 Fyzikální charakteristika světla.....	27
1.3.2 Zdroje světelného záření.....	28
1.3.3 Problematika displejů a jejich záření.....	28
1.4 Spánek a světelné záření.....	33
1.4.1 Světelné zdroje a jejich význam pro cirkadiánní rytmus.....	33
1.4.2 Problematika displejů a jejich vliv na spánkové charakteristiky.....	34
1.4.3 Aktuální přehled výzkumných zjištění.....	35
2 Cíle práce.....	38
2.1 Hlavní cíl.....	38
2.2 Dílčí cíle.....	38
3 Metodika výzkumu.....	39
3.1 Výzkumný soubor.....	39
3.2 Výzkumné metody.....	40
3.2.1 ActiGraph GT9X.....	40
3.2.2 Brýle bránící expozici modrým světlem.....	41
3.3 Procedura.....	41
3.4 Zpracování dat.....	41
4 Výsledky a diskuze.....	43
4.1 Výsledky.....	43
4.2 Diskuze.....	49
4.3 Silné a slabé stránky výzkumu.....	51



5 Závěry.....	52
6 Referenční seznam.....	54

# Úvod

Dnešní svět je skvělý tím, že máme dostupné takřka cokoli a to téměř kdykoli, např. nonstop obchody, služby prakticky 7 dní v týdnu, e-shopy dodávají o víkendech, půjčka z banky přes telefon do 15 minut. Tak bychom mohli pokračovat na několik stran. Tyto informace uvádím z jednoho jediného důvodu, kterým je uspěchanost. Toto vědomí mít cokoli kdykoli je skvělé, pokud ale minci otočíme, tak to na nás vytváří enormní tlak. Tlak psychický i fyzický, to znamená, že si práci často nosíme i domů, navzdory tomu, že jsme daleko efektivnější, než kdy dříve. Sportovní úsek se posouvá každým rokem mílovými kroky, kdy lidské tělo připomíná spíše stroj, než živý organismus. Tím bych chtěl poukázat, že je vše hnáno do extrémů a není to dobře, paradoxně i když je já sám mám rád.

Dobrou zprávou je, že čím dál více lidí řeší ruku v ruce s výkonem i druhou stránku, a to odpočinek, regeneraci a životosprávu. Tyto okruhy se dostávají do povědomí široké veřejnosti a to je dobře. Pokud bychom se pár let zpět zeptali náhodných lidí, zda vědí, co je spánková hygiena, asi by si většina klepala na čelo. Dnes jsou lidé schopni vytvořit smysluplnou větu o tom, že je spánek prospěšný, že bychom neměli koukat večer na televizi a tak dále. Bohužel žijeme vzorcem, ve kterém opakujeme zvyklosti těch, kteří nás vychovávali a ti si to přinesli od svých rodičů. Své rodiče miluju, ale opravdu jsem nechápal, že mám jít jako malý kluk spát a oni do pozdních hodin koukali a doslova usínali u televize. Nechápu to dodnes, naštěstí jsem se přeprogramoval tak, že беру jako normu nesledovat televizi a večer se chráním před modrým světlem brýlemi.

Téma vliv modrého světla na spánek jsem si vybral z důvodu, že sám se této problematice věnuji už přes dva roky a pociťuji na sobě blahodárné vlivy této upravené životosprávy. Konkrétně se zajímám o blokaci modrého světla, vytváření kvalitní ranní a večerní rutiny. Okrajově se věnuji i suplementaci. Může to znít vtipně, ale nedokážu si představit, že bych měl večer usnout před televizí a druhý den ráno vstát plný energie. Respektive to jde, ale pro lidi, kteří v tom žijí dennodenně a berou to jako svoji normu. Proč normu nepozvednout a nedopřát si kvalitní spánek, jehož kvalitu nám zvýšilo dostatečné množství melatoninu, hormonu, který je se spánkem úzce spjatý. Z tohoto důvodu, že bych rád pomohl svému blízkému okolí, ať už se jedná o rodinu nebo kamarády, jsem se rozhodl sepsat tuto práci.

# 1 Syntéza poznatků

## 1.1 Mladá dospělost

Dle Langmeiera a Krejčířové je dospělost rozdělena do 3 etap a to na časnou dospělost 20–25 let, střední dospělost 25–45 let a pozdní dospělost s věkem 45–65 let. Mladé dospělosti předchází období adolescence a po ní nastává dospělost střední (Langmeier, 2006).

### **Kognitivní rovina**

V tomto věku, 18 let a výše, už jedinec chápe svou roli ve společnosti, je plný vitality a rozumí tomu, že je plně zodpovědný za své skutky. S dokončením střední školy souvisí buď touha po vzdělání a pokračování v dalším vzdělávání, nebo touha po kariéře a s tím spojený začátek budování kariéry. Jedinec si také začíná pokládat různé otázky a tím hledá nové záměry svého bytí. Se získáváním více a více zkušeností funguje lépe sebereflexe a sebekritika. Dále jedinec nevidí jen jedno řešení problému a chápe, že se problémy dají řešit i jinými cestami (Erikson, 1997).

### **Emocionální rovina**

Zde musíme uvést několik vlastností, které v tomto věku jedinec už získal, nebo stále získává. Jedná se o samostatnost, kdy je jedinec schopný se postarat sám o sebe. Vztahy s rodiči se často po adolescenci uklidňují, rodiče i děti jsou mezi sebou daleko rovnocennější. Nově nastává potřeba partnera. Plně chápe svobodu rozhodování (Erikson, 1997; Měkota a Novosad, 2005).

### **Fyzická rovina**

V tomto věku jsme v nejlepších letech, co se týče tělesné zdatnosti. Ženy o něco dříve, muži později. Ovšem tato skutečnost je značně diferencována díky životnímu stylu, jaký jedinec žije. Sportovci jsou ve většině rychlostně-vytrvalostních sportů považováni v nejlepších letech okolo 26 let, zde jejich výkonnost kulminuje a během dalších let pozvolna začíná klesat. Vytrvalostní sportovci dokážou být na vrcholu o několik let déle. Kvalitním a cíleným tréninkem lze degradaci oddálit, nikoli se jí však vyhnout. Vrchol rychlosti a obratnosti se udává kolem 20. roku života, pohyblivost poté kolem 23. roku a po 25. roce nastává okno pro sílu a vytrvalost až do 30 let. Z hlediska spánkového je věk dospělosti charakterizován problémem s nespavostí, kdy 30–48 % populace trpí nespavostí, z čehož plynou různé civilizační choroby. Průměrná doba spánku je

v tomto věkovém rozmezí lehce přes 7 hodin, ale z předešlé informace je jasné, že velká část populace se nad zřetelné hranici 7 hodin dlouhodobě nedostává (Sun, 2021; Zhang et al., 2014).

### **Vztahová rovina**

Jedná se o období, kdy jedinci začínají žít svůj sexuální život, někdo začne v 16 letech, někdo v 19 letech. Zpravidla je to okolo plnoletosti, tedy u nás okolo 18. roku života. Například v sousedním Polsku, které je velmi nábožensky založené, je tato sexuální hranice posunuta lehce později. Dle Eriksona v tomto věku nastává kritické dosažení intimity, která se vyznačuje vzájemnou důvěrou, respektem, potřebou sdílet svou přítomnost. Svě partnery si pak jedinec volí na základě podobnosti, kdy si k sobě hledá partnera s podobnými rysy a zájmy. Druhou formou volby partnera je dle komplementarity, kdy jde o to, aby se partneři doplňovali. Pozor, lidové klišé “protiklady se přitahují” není založeno na pravdě (Erikson, 1997).

## **1.2 Spánek**

V této kapitole se čtenář dozví základní informace o výzkumu spánku, kde v historickém kontextu figuruje i České jméno Bedřich Roth. V dalších kapitolách budou popsány fáze spánku, jak spánek funguje. V krátkosti budou popsány spánkové poruchy a na závěr budou uvedena spánková doporučení.

### **1.2.1 Historie zkoumání spánku**

Ačkoliv naše planeta prodělala zásadní změny v průběhu své existence, jako jsou například: doby ledové, vyhynutí dinosaurů apod., tak průběh života, respektive cyklické střídání dne a noci zůstalo téměř nedotčené. Země obíhá kolem Slunce ve stále stejné, nebo minimálně v téměř stejné trajektorii, jako před tisíci, či miliony let, to je důvod, proč cyklické střídání dne a noci zůstalo téměř nezměněné.

Z pohledu vědců spánek rozlišujeme do pěti etap. Tyto etapy se odvíjí od roku 1952 a jsou převážně dílem Williama C. Dementa, což je jedna z hlavních osob této problematiky. Pocházel z Washingtonu a celý svůj život zasvětil spánku (Hendrick, 1998).

První etapa je datována jako období před rokem 1952 a je popsána jako prehistorická. Před rokem 1952 bylo na spánek uděláno jen velmi málo nebo neexistoval žádný výzkum. Reflektuje to tedy skutečnost, že spánek je ve vědeckém kruhu relativně nový pojem. V této době si vědci spánek představovali tak, že má člověk přes den vysokou mozkovou aktivitu, neboť přemýšlí. Vědci si v té

době vysvětlovali vysokou mozkovou aktivitu jako zabránění v usnutí. Když člověk usíná tak má kolem sebe tmu a ticho. Toto si věci vysvětlovali jako ideální podnět pro spánek. Nedostatek výzkumu se dá vysvětlit tím, že v této době, resp. před rokem 1952, nebylo zvykem být vzhůru přes noc. Výjimku tvořila astronomie. Za zmínku stojí několik pokusů, které byly před rokem 1952 vykonány. Jedná se o pokus Jean Jacquese d'Ortous de Mairana. De Marian ve svém výzkumu na rostlinách zjistil existenci cirkadiánního rytmu. Provedl to tak, že rostlinu s názvem *Mimosa pudice* vystavoval každý den slunečnímu světlu, tak, jak je to přirozené. Po několika dnech však rostliny zavřel do naprosté tmy. U rostlin se však i v naprosté tmě vyskytovalo pravidlo, kdy se během slunečních hodin otáčely květiny za sluncem. Je to z důvodu toho, že květiny jsou heliotropní, neboli řídí se dle slunečního svitu a otáčí se za paprsky slunce (Hendrick, 1998).

Druhá etapa odstartovala v roce 1952, když se během spánku, resp. jeho pozorování, objevily rychle pohyby očí, byl zjištěn výskyt REM spánku. Tento poznatek rozjel velký zájem o zkoumání spánku, neboť se našla propojenost mezi REM spánkem a sněním. Během tohoto období, které započalo krátce po druhé světové válce a trvalo až do roku 1970, se do kontextu dostala kniha "Výklad snů" od Sigmunda Freuda které, kde sám Freud popisuje své sny. Kniha z roku 1899 se zpočátku nesečkala s oblibou společnosti, ale po 50. letech našla své místo ve spojitosti se zkoumáním spánku. Později, na univerzitě v Chicagu, v laboratoři Nathaniela Kleitmana se uskutečnil výzkum, ve kterém byl sledován spánek po celou délku noci, snímaly se mozkové vzorce a aktivita očí. William C. Dement popisuje, že prvních pět let po objevení REM spánku s ním okolí nesdílelo nadšení a tudíž ani zájem o zkoumání tohoto odvětví. Avšak nevzdal to a zkoumal sám co nejvíce subjektů, aby demonstroval výskyt REM spánku, potažmo ostatní, opakující se, fáze, jež nastávají každou noc. Popsal tedy základní spánkový cyklus. Malé vítězství přišlo až ve chvíli, kdy představil studii "The effect of dream deprivation" v roce 1960, kde zkoumal vliv spánkové deprivace na lidské tělo. Po této studii se přidali další investigativní vědci a začali společně pátrat po významu spánku. Do roku 1970 následně proběhlo několik dalších studií, mimo jiné například dvě skupiny v roce 1965, nezávisle na sobě (konkrétně skupina Gastant a druhá Jung a Kuhlo, kdy za pomoci tracheotomie u velmi obézních pacientů uvolnili dýchací cesty), vypožorovaly nemoc zvanou obstrukční spánková apnoe. Tato nemoc vzniká, když se příliš relaxují svaly na dorsální straně krku, což zamezovalo dýchání (Aserinsky et al., 1953; Hendrick, 1998; Jung et al., 1965).

Třetí etapa započala roku 1971, kdy vědci ze Stanfordu rozšířili péči o pacienta i během spánku. Jeden z nich řekl: "Praktikování medicíny končí tehdy, kdy pacient usne". Na Stanfordu byla též v roce 1970 založena klinika pro diagnostiku a léčení problémů se spánkem. Pro začátek zde

zkoumali několik pacientů s tzv. Pickwidian syndromem a zjistili periodické dýchání. Pro informaci, periodické dýchání je takový stav, kdy pacient během spánku nekontrolovatelně zadrží svůj dech po dobu alespoň 4 vteřin, po nichž následuje maximálně 30 vteřin normálního dýchání. U dospělých je to známka nemoci, nicméně u kojenců se tento stav vyskytuje až v 78 % případů a je tedy zcela normální (Hendrick, 1998; Kuhlo et al., 1969).

W. C. Dement také popisuje, že na začátku fungování kliniky bojovali s financemi a byli závislí na grantech pro výzkum i přes to, že “klienty” v podobě pacientů účtovali za své služby. V roce 1972 se svým týmem vydali knihu s názvem “Sleep disorders: a new clinical discipline” a tímto odstartovali vyučování této “nové vědní disciplíny”, čímž popisuje celá 70. léta 20. století, kdy říká, že tento časový úsek byl věnován právě vymežováním a definováním této disciplíny. Vznikla také Americká asociace pro spánkové poruchy (ASDA). Postupem času pak vznikla nezisková organizace nesoucí název Americká asociace spánkové medicíny (ABSM), která certifikuje doktory a poradce v oblasti spánkové medicíny. Dále v roce 1978 vznikl měsíčník “Sleep”, který se věnuje spánkovým výzkumům (Hendrick, 1998).

Předposlední etapu započaly alternativní formy léčení obstrukční spánkové apnoe. Hlavní formou byla Uvulopharangoplastika (UPPP), která, jak už z názvu plyne, formou plastické operace remodeluje oblast pharynxu (hrtanu). Během tohoto zákroku jsou běžně odstraňovány mandle. V roce 1985 vznikla další nová metoda, která ulehčovala lidem s obstrukční spánkovou apnoí, byla představena Colinem Sullivanem a byla to forma přetlaku, resp. kontinuální pozitivní přetlak, kdy se pacientovi pomocí masky aplikuje vzduch o vyšším tlaku, než je atmosferický. Tato metoda ulehčovala dýchání horním dýchacím cestám a je stále v medicíně využívána. Dále pak vznikla první “učebnice” nesoucí název: “Principles and Practice of Sleep Medicine”, a to v roce 1989 (Fujita et al., 1981; Hendrick, 1998; Sullivan et al., 1981).

Poslední, nejaktuálnější fáze, trvá od roku 1990 či 1991 (není přesně stanoveno). K přechodu do této fáze vedlo založení ASDA ve Washingtonu a změna legislativ, což vedlo ke vzniku národní komise pro výzkum spánkových poruch. Komise pak odstartovala rozsáhlou studii na Americkém lidu v roce 1990. V roce 2001 přišel vědec A. Ekirch s poznatkem, že lidé byli v minulosti zvyklí na to spát ve dvou blocích. Tuto problematiku studoval 16 let a vyšlo najevo, že bifázický druh spánku, tj. ve 2 blocích je zdravotně přínosnější pro tělo a minimalizuje riziku vzniku chorob, jako jsou například mrtvice a další. V dnešní době jsme však od bifázického spánku odklonili naši pozornost, neboť nekoreluje s pracovními návyky, které vyžadují zpravidla 6–8 hodin

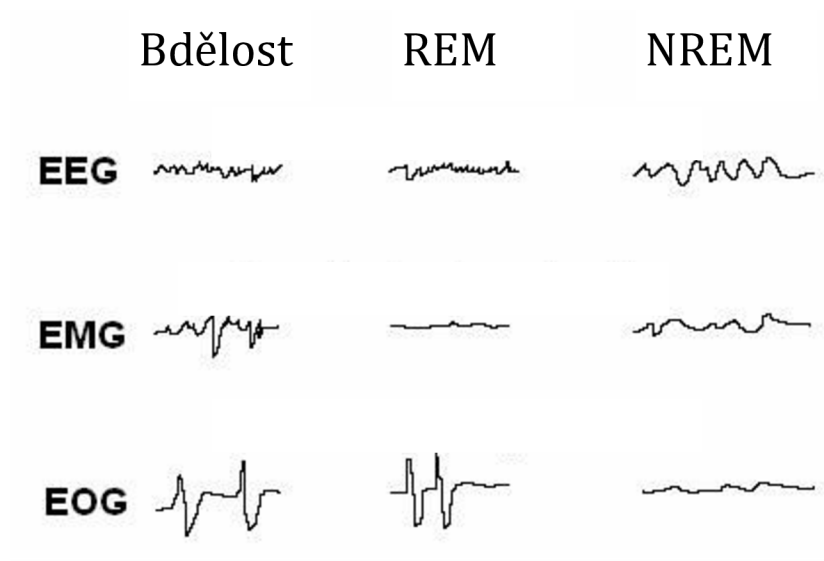
nepřetržitého pobytu na pracovišti, maximálně doplněno jednou 30 minut dlouhou pauzou na oběd (Ekirch, 2001; Hendrick 1998; Rosen et al., 1993; Vargas, 2020).

Výše jsme zmínili jména Nathaniela Kleitmana a Williama C. Dementa, což jsou bezesporu největší jména v kontextu historie spánku. Byli to první průkopníci, kteří zaseli semínko pro další generace výzkumu. Za zmínku však také stojí i Bedřich Roth. Bedřich Roth byl československý neurolog narozen do židovské rodiny v Ružomberoku roku 1919. Svou alma mater měl na Karlově univerzitě v Praze, respektive na fakultě medicíny. Během svého mládí zažil těžké chvíle, jelikož ve svých 20 letech byl na území, na kterém mu šlo o život. V roce 1941 úspěšně utekl do Švýcarska. Zpočátku skončil v pracovním táboře, ale krátce byl propuštěn a mohl pokračovat ve svých medicínských studiích. Nakonec skončil ve Francii, kde přes krátkou domluvu s doktorem Matthewsem došlo až ke složení zkoušek medicíny. Ke složení však musel zlepšit svou francouzštinu. Uspěl. Později dostal diplom i z Univerzity Karlovy v Praze. Začal intenzivně pracovat na výzkumu narkolepsie. V praxi může postižený najednou upadnout do spánku, trpět extrémní ospalostí a nelze tyto stavy potlačit. Touto nemocí trpí 2 lidé z 1 000. V roce 1957 vydal knihu “Narkolepsie a hypersomnie”. O 5 let později vyšel její německý překlad a o dalších 18 let později, tj. v roce 1980 i v anglickém jazyce. Na následky nádorového onemocnění lymfatické tkáně zemřel v roce 1989, ve věku 70 let (Roth, 1957; Roth, 1980).

V roce 2007 vznikla Česká společnost pro výzkum spánku a spánkovou medicínu. Na našem území je v dnešní době velký počet spánkových laboratoří, které většinou spadají pod krajské nemocnice, jako například Krajská nemocnice Liberec, Fakultní nemocnice na Homolce, Fakultní nemocnice v Ostravě a další. Dále je v Česku Národní ústav duševního zdraví (NUDZ). Na závěr je zde rozšířena firma INSPAMED, která také provozuje několik spánkových laboratoří u nás. Každoročně je již od roku 2008 pořádán Světový den spánku, cílem je oslavit benefity zdravého spánku a pozitivní vliv na dlouhověkost. Slaví se vždy v průběhu března, rozmezí bývá 13.–20. března (Inspamed, 2021).

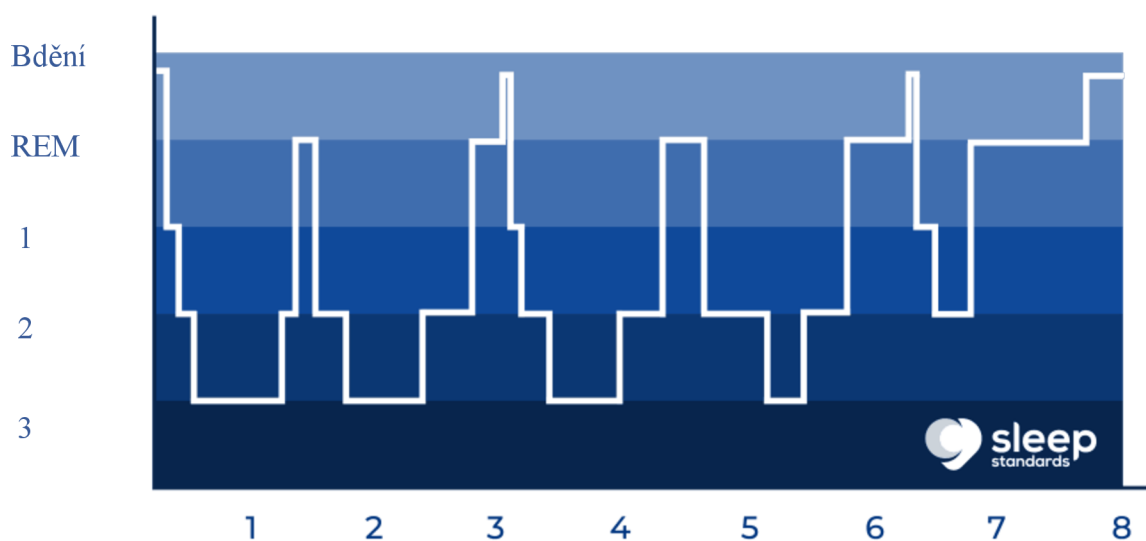
## 1.2.2 Fáze spánku

Spánek jako celek působí jednoduše, avšak v praxi se spánek dělí na několik různých fází. Tyto fáze se za sebou opakují zpravidla 4–5x za noc. Na základní úrovni se spánek dělí na 2 části. Fáze 1. nastává tehdy, kdy člověk během spaní rychle hýbe očima – to je fáze s rychlými pohyby očí (REM). 2. je fáze hlubokého spánku bez rychlých pohybu očí (NREM). Než se jedinec dostane k těmto dvěma fázím spánku, tak si musí projít etapou usínání, což je mezistupeň mezi bdělostí a



**Obrázek 1.** Aktivita EEG, EMG a EOG  
(Thiruvellan, 2010)

spánkem. Tato etapa je pro laika lehce rozpoznatelná třeba tehdy, kdy si chce dát po obědě “šlofika”. když ulehne a zavře oči, tak sebou často škube, probudí se, usne znovu. Právě toto je fáze usínání. Čas do usnutí bývá u zdravého jedince zpravidla 15–20 minut, po kterých se dostává do REM spánku. Z REM přechází do NREM1, poté do NREM 2, NREM3 až do úrovně NREM4, což je nejhlubší fáze spánku (Memar, 2018; Suni, 2020).



**Obrázek 2.** Fáze spánku  
(Cadwalleder, 2020)



Během REM fáze nastává jeden zajímavý paradox. Tato fáze spánku se už bere jako hluboký spánek. Pokud se ale podíváme na obrázek na další stránce, konkrétně na graf elektroencefalografu (EEG), který znázorňuje elektrické reakce v mozkové kůře, tak vidíme, že je skoro stejný ve fázi REM a během bdění. Ve fázi NREM jsou elektrické signály delší periody a s větší amplitudou, mozek v této fázi pracuje nejpomaleji a zároveň nejvíce regeneruje (Cherry, 2020; Memar, 2018; Suni, 2020).

Pokud se na stejném obrázku podíváme na ukazatel elektromyografie (EMG), jež znázorňuje svalovou aktivitu, tak je možné vyčíst, že ve fázi REM dochází k téměř úplné paralýze. Během paralýzy není jedinec schopen ovládat své tělo. Tyto stavy jsou doprovázeny pocitem strachu a nemožností se pohnout, dokud se člověk neprobere. Spánková paralýza se vyskytuje, pokud je jedinec příliš unavený, nebo je ve stresu (Memar, 2018; Suni, 2020).

Poslední ukazatel, elektrookulograf (EOG), je znázornění oční aktivity během těchto tří fází. Opět můžeme vidět vysokou podobnost během REM spánku a bdění, dokonce během REM spánku je aktivita oka, respektive jeho pohyby ještě intenzivnější (Memar, 2018; Suni, 2020).

Výše byly jednotlivé fáze popsány. Následně budou tyto fáze rozvedeny jedna po druhé. REM fáze je dlouhá zpravidla 20–25% z celkového času spánku. K REM fázi dochází zhruba každých 90 minut. Zpravidla se opakuje 4–5x za noc. Nejdelší úsek REM je nad ránem. REM spánek není z hlediska základních životních instinktů a potřeb důležitý. Na druhou stranu je nutný pro intelektuální činnost. Zajímavostí je, že REM spánek není samozřejmostí u všech živočichů. Jsou i druhy, kterým příroda zkrátka nenadělila a touto fází spánku vůbec neprochází. Jedná se například o hmyz, obojživelníky, ryby a velkou část plazů. Plnohodnotným spánkem, tak jak byl výše popsán, prochází jen ptáci a savci, to znamená evolučně nejmladší živočichové. Výjimku zde tvoří kytovci. Delfini a kosatky nezažívají REM spánek vůbec, neboť by se díky minimální svalové aktivitě jednoduše utopili. Ostatní podobní savci, jako jsou tuleni nebo lachtani, prožívají i REM spánek, ale ve větší míře na souši, ve vodě jen zřídka (Cherry, 2020; Walker, 2018).

NREM spánek dělíme na 3 či 4 fáze (záleží na zdroji). V této práci jsou podány fáze 3. Jak již bylo uvedeno, tak ve fázi NREM, narozdíl od fáze REM, nedochází k aktivitě očí. Tělo si ale stále drží svalový tonus a mozková aktivita zpomaluje (Suni, 2020).

Ve fázi NREM1 dochází ke zpomalování tělesných funkcí, jako je dýchání, srdeční frekvence a mozková aktivita. V této fázi by bylo velmi lehké jedince probudit. Svalový tonus

zůstává přítomný. Pokud není jedinec rušen, tak fáze NREM1 přechází po 1–5 minutách do fáze NREM2 (Walker, 2018).

Fáze NREM2 nastává tehdy, když klesne srdeční frekvence a tělesná teplota. V této fázi jsou přítomny K-komplexy, což jsou nesilnější události v lidském EEG. Spolu s K-komplexy pak také přichází tzv. “spánková větvena”, která dle vědců omezuje přijímání okolních podnětů a tím stabilizují hluboký spánek. Tato fáze trvá kolem 25 minut v jednom cyklu a celkově tvoří až 50% celkového spánku (Dang-vu et al., 2011).

NREM3, tak je označována nejhlubší fáze spánku. V této fázi spánku je obtížné někoho vzbudit. V první polovině spánku převažuje NREM3 fáze spánku nad REM, ale jak se spánek přehoupne za polovinu, NREM3 fáze se zkracuje a převažují mělčí fáze. V každém jednom cyklu trvá NREM3 20–40 minut v závislosti na délce spánku, životosprávě a dalších faktorech (Cadwalleder, 2020; Cherry, 2020).

Každý optimální spánek se skládá z 4–5 cyklů. Každý z cyklů trvá přibližně 90 minut a je obsažen o REM fázi, fáze NREM1, NREM2, NREM3 (U fáze NREM3 to platí jen do posledního cyklu, kdy čas strávený ve spánku přebírá spíše REM fáze, jak můžeme vidět ze schématu výše. Pokud si spočteme průměrný počet cyklů a jejich délku, dostáváme se na 6–8 hodin spánku (Walker, 2018)

### **Monofázický spánek**

Jak už z předpony plyne, tak se jedná o jeden dlouhý spánkový blok za jeden den. V praxi to znamená, že pracující jedinec ráno vstane, přes den pracuje, má 30 minut dlouhou pauzu na oběd, po které jde ihned pracovat, skončí v práci, navečeří se a jde spát. A takto stále dokola (Porcu, 2009).

### **Bifázický spánek**

Bifázický druh spánku je význačný tím, že ho praktikují civilizace, které mají omezený přístup k elektřině, můžeme například mluvit o původních kmenech. Tito lidé praktikují spánek dvakrát během dne a to: přes noc, jak jsme zvyklí v našem moderním světě, ale i přes den, respektive po obědě, kdy si dopřejí zhruba 30 minut, které dokáží dobít spoustu energie. V moderním, leč uspěchaném světě můžeme bifázický spánek najít například v Řecku, kde je zaběhlá odpolední siesta. Je dokonce vědecky doloženo, že odpočinek po obědě snižuje až o 37 % riziko srdeční choroby, jedná se o studii, kdy vědci z Harvardu porovnávali vzorek lidí, jeden vzorek žil monofázicky, druhý pak bifázicky. Ve výsledku po 6 letech vyšlo najevo, že to má své benefity a

tento “šlofik” už figuruje ve zdravotních doporučeních. Předškoláci ve věku 3–5 let spí většinou bifázicky a to 10–13 hodin denně. Většinou to bývá kolem 10 hodin přes noc a zbytek si dospí zpravidla ve školkách, či doma po obědě. Školáci ve věku 6–13 let spí 9–11 hodin denně (Walker, 2018).

### **Polyfázický spánek**

Polyfázický spánek je typický u novorozenců, kojenců a malých dětí. Znamená to, že tyto skupiny spí alespoň třikrát a více za den v různých časových úsecích. Novorozenci, kteří jsou ve věku do 3 měsíců spí zpravidla 14–17 hod. denně. Kojenci ve věku 4–11 měsíců spí 12–15 hodin denně. Batolata ve věku 1–2 roky spí 11–14 hodin denně. S narůstajícím věkem přecházíme z polyfázického druhu spánku na spánek bifázický (Porcu, 2009).

### **1.2.3 Mechanismus spánku**

Spánek se objevuje v jednodenním časovém intervalu, kdy se střídá s bděním, takže rozlišujeme cyklus spánek-bdění-spánek. Během spánku se potlačuje retikulární formace a aktivace nc. raphei a nc. suprachiasmaticus, které spolu komunikují. Tyto dva shluky jader jsou zodpovědné za NREM fáze spánku. Dále se objevuje zvýšení prahu dráždivosti, což znamená, že na spoustu informací během spánku nereagujeme, neboť díky zvýšenému prahu jsou podprahové, tzn. tělo nereaguje. Snižuje se propriocepce, což je zjednodušeně pocit vlastní polohy těla. Dále se vylučuje DSIP (delta sleep inducing peptide), což je peptid, který se vylévá do jedné z mozkových šterbin.

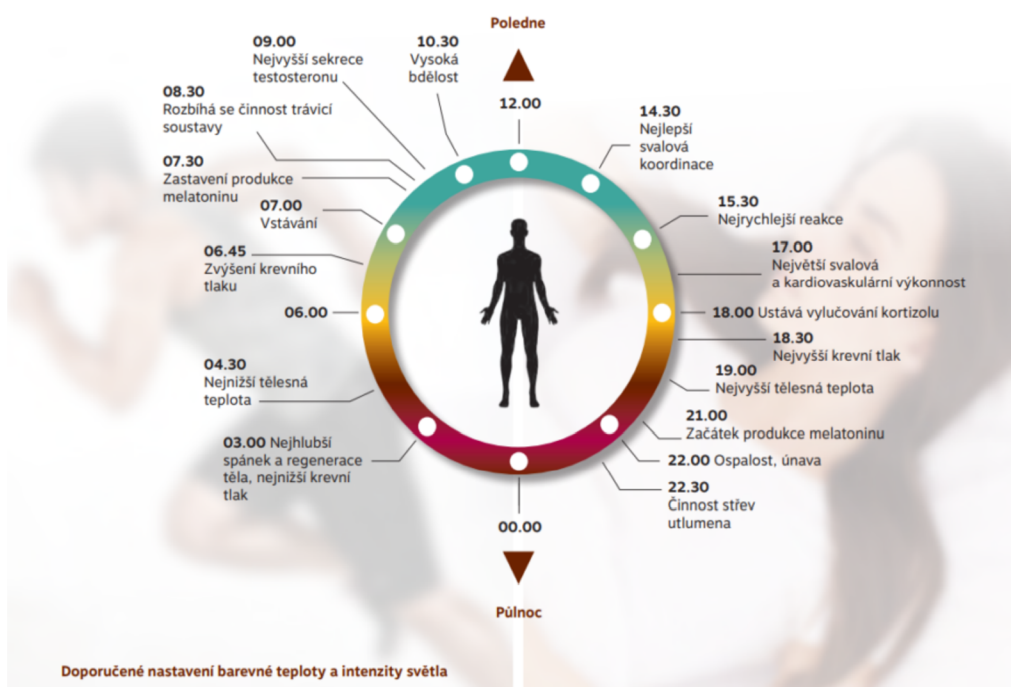
Spánek je dle informací výše úzce spojen s cirkadiánním rytmem. Ten je řízen pomocí nucleu suprachiasmaticus. Jedná se o shluk neuronů v počtu přibližně 20000. Tyto neurony pracují s informací fotosensitivních ganglionových buněk. V jednoduchosti právě tyto neurony stojí za rozlišováním světla a tmy, tj. dne a noci. Dle informací vyhodnocují situaci a na základě situace dávají pokyn do dalších částí mozku, např. do hypofýzy. Hypofýza je zodpovědná za vyplavování melatoninu, jež je brán za fundamentální spánkový hormon. Bez těchto neuronů by nemohl cirkadiánní rytmus vůbec fungovat, a proto se vyskytují nové vědní disciplíny a nové trendy v oblasti spánku, kterou je např. spánková hygiena (NIH, 2019).

### **1.2.4 Cirkadiánní rytmus**

Cirkadiánní rytmus je součástí nejen lidského bytí, ale i všech ostatních živých organismů na této planetě, které jsou schopny reagovat na střídání světla a tmy, resp. dne a noci. Cirkadiánní

rytmus, je biorytmus, který se u lidí opakuje jednou za astronomický den, to je 23 hodin 56 minut a 4 sekundy (Walker, 2018).

Dalším, velmi známým a zásadním biorytmem je roční cyklus, který má 365 dní a dělí se na jednotlivá roční období, tj. jaro, léto, podzim, zima. Jedná se svým způsobem o programy, kterým, jak už je zmíněno výše, se řídí drtivá většina živých organismů napříč všemi druhy, od lidí až po obyčejné květiny, či bakterie. Lidé už se tím však striktně neřídí, neboť v dnešní době nám moderní technologie ve velké míře ulehčují život. Přes léto v podobě klimatizací, v zimě naopak topením.



**Obrázek 3.** Cirkadiánní rytmus

(Reisinger, 2020)

Jak je patrné z obrázku výše, během cirkadiánního rytmu se opakují jednotlivé události stále dokola, pokud je vše v normě. Začneme v 6:00, kdy poměrná část z nás vstává. Okolo 6:45 nám nejrychleji za den roste krevní tlak, to potvrzují i studie, kdy během ranních hodin bývá nejvíce infarktů myokardu (Schwartz, 2015).

V 7:30 se zpomaluje vyplavování melatoninu. Snižuje se také jeho hladina v krvi. Okolo 10. hodiny dopolední je člověk nejvíce obezřetný, má nejrychlejší reflexy a nejlepší pozornost. Ve 14:30 by jedinec měl mít nejlepší koordinaci. V souvislosti s koordinací je tato hodina ideální i na reakce. Později, okolo 17. hodiny, nastupuje nejlepší efektivita kardiovaskulárního systému a také největší síla. Nejvyšší teplota a tlak krve se objevují v 19 hodin. Ve 21 hodin se začíná vyplavovat melatonin. U některých živočišných druhů je sekrece melatoninu závislá na ročním období, kdy v

temných zimních měsících probíhá sekrece dřívě, neboť slunce zapadá dřívě. Severské studie dokonce ukazují, že během střídání polárního dne a noci je ovlivněna sekrece melatoninu a to u tuleňů a sobů, jimž se sekrece téměř zastavuje během jara a léta, tj. polárního dne. Ve 22 hodin klesá aktivita střev a tím pádem se významně snižuje spotřeba energie. Tento bod je velmi subjektivní a ovlivňuje ho poslední zkonsumované jídlo, respektive skladba a načasování (Leppäluoto, 2016).

### 1.2.5 Zdravotní význam spánku

Spánek jako takový, má nezastupitelnou roli pro všechny živočichy. Během spánku totiž dochází k obnově a opravě buněk a zejména k “odpočinku” mozku. Svaly totiž na rozdíl od mozku mohou fungovat nepřetržitě, pokud jsou dostatečně a správně zásobovány. Bohužel mozek takové akce schopen není a je potřeba mu dopřát kýžený odpočinek.

Spánkových benefitů je hodně. Dlouhověkost je jedním z nich. Benefit dlouhověkosti lze ukázat na konkrétní studii, kdy byla vybrána skupina 21 268 dvojčat, každý jedinec byl ve věku alespoň 18 let. Následně byla dvojčata rozdělena do skupin dle délky jejich spánku a to na 3 skupiny. 1. skupina byla pro jedince spící méně než 7 hodin. 2. skupina byla pro jedince spící 7–8 hodin a 3. skupina byla pro jedince spící nad 8 hodin. Longitudinální studie trvala 22 let a ukázala, že riziko úmrtí je u 1. skupiny o 26 % u mužů, respektive o 21 % u žen, vyšší, než u 2. skupiny. 3. skupina na tom byla o trochu lépe, kdy u mužů byla úmrtnost vyšší o 24 % a u žen o 17 % (Hublin, 2007).

Vliv na náladu je další ze spánkových ukazatelů. Ve studii o spánkové deprivaci a vlivu na emoce se Z. Saghir zmiňuje, že pokud je spánek narušen, tak se skutečnost promítne na náladě. Jedince trpící spánkovou deprivací, což je několik dní po sobě jdoucí špatný spánek, tak se jedinec cítí vztekle, je agresivnější, naštvaný. Ve studii je dokonce uvedeno, že ke změnám na emoční úrovni může docházet už po jedné probdělé noci (Saghir, 2018).

O tomto nás již v minulosti přesvědčila spousta výzkum, kdy za pomoci spánkové deprivace jedinec přecházel do různých stavů. Například ten z přelomu let 1963 a 64, kdy R. Gardner ve věku 17 let podstoupil v laboratoři pod dohledem W. C. Dementa pokus, v němž nespal 264 hodin. Zprvu to na jeho tělo nemělo výraznější účinky, kromě únavy. Ke konci výzkumu však R. Gardner trpěl výpadky paměti, měl problémy s koncentrací, kdy ho W. C. Dement požádal o odčítání čísla 7 od 100 a R. Gardner se zastavil na 65, když se ho doktor zeptal proč, tak Gardner neměl tušení, co dělal. Trpěl také halucinacemi. Po skončení výzkumu usnul na 14 hodin a 40 minut (Coren, 1998).

J. Minkel se svým kolektivem pracoval na studii, kde prokazoval souvislost mezi spánkem a schopností udržovat pozornost, či reagovat na podněty. V jeho pokuse bylo zjištěno, že přibližně po 16 hodinách bdění nastává výraznější pokles v úrovni pozornosti a soustředění. Při neadekvátním spánku trpíme také zhoršenou náladou. Stačí jedna noc bez spánku a už na sobě pocítíme známky zhoršené nálady, pocitu zmatení, zlosti a vyčerpání. Toto bylo dokázáno na vzorku 12 mladistvých ve věku 14–18 let, kdy polovina byli chlapci a druhá polovina dívky. Výzkum probíhal celkem tři noci. Každý den vyplňovali probandi a probandky dotazníky, kde hodnotili svou náladu a další ukazatele. První dvě noci spali normálně dle spánkových doporučení. Třetí noc však proběhla beze spánku a během následujícího dne se úroveň nálady razantně snížila. Kromě již výše zmíněného zhoršení nálady se prokázalo, že dívky jsou na tyto stresory náchylnější (Minkel, 2012; Short, 2015).

V další studii, kdy vědci ze Švédska vzali vzorek téměř 44 000 lidí a zkoumali, jaká korelace je mezi délkou spánku a úmrtností. Bylo zjištěno, že lidé, kteří spí 5 a méně hodin mají společně s lidmi spícími více než 8 hodin největší úmrtnost a to 10–15% ze zkoumaných jedinců. Lidé, kteří spí 6–7 hodin mají úmrtnost do 8%, jedná se tedy o velký rozdíl v úmrtnosti v závislosti na době spánku. Konkrétní studie nám jen potvrzuje zdravotní význam spánku a podtrhuje doporučovaných 6–8 hodin denně. Cokoli nad a pod tuto hranici s sebou nese zdravotní rizika (Åkerstedt, 2017).

Spánek je důležitý jak pro opravu mozkové tkáně, tak pro opravu a růst svalů, neboť dochází k vyplavování různých hormonů, jež jsou pro funkci organismu nezbytné. Jako příklad si můžeme uvést růstový hormon (HGH), ten se vyplavuje především v přechodu do hlubších fází spánku (NIH, 2019).

## **1.2.6 Spánkové poruchy**

### **Insomnie**

Insomnie znamená ve volném překladu nespavost. Nespavost je základní spánková porucha, kterou trpí nemalá část populace. Tento typ poruchy pod sebe zahrnuje celkem široké spektrum problémů, mj. jsou to: problémy s usnutím, noční buzení, špatná kvalita spánku a další a mohou se vyskytovat i v dobrém prostředí pro spánek (Shechter, 2018).

Tuto poruchu dělíme na akutní a chronickou. Při akutní fázi se nic moc neděje, neboť při správné životosprávě většinou sama odezní. Kdežto chronická forma insomnie je závažnější

problém z hlediska lidského zdraví. Mezi symptomy patří dlouhá doba při usínání, kdy se myšlenky honí sem sama člověk není schopen usnout. Další ze symptomů je spánek jen v krátkých časových úsecích. Druhý zmiňovaný problém je nejrozšířenější a postihuje zejména starší lidi. Posledním z hlavních příznaků je probuzení a neschopnost následného usnutí. Chronickou nespavost diagnostikujeme tak, že trvá minimálně 3 dny v týdnu po dobu alespoň 3 měsíců. Pokud bychom chtěli být konkrétní, tak studie zabývající se USA uvádí, že nespavostí trpí 50–70 milionů místní populace, pokud bychom to generalizovali celosvětově, tak dostaneme 15–21 % lidí s chronickou nespavostí, což si jistě zaslouží pozornost (Sateia et al., 2015).

### **Hypersomnie**

Hypersomnie je protipól insomnie, jedná se tedy zjednodušeně o spavost. Hypersomnie je charakterizována jako problém jedince zůstat bdělý přes den”. Lidé trpící touto nemocí pak jsou schopni kdykoli ve dne usnout, téměř za jakékoli situace. Mezi hlavní symptomy patří vysoká ospalost přes den, potřeba několika “šlofiků” ve dne, delší spánek v noci. Tato forma hypersomnie postihuje zhruba 1 jedince ze 2000. Rozlišují se dvě formy narkolepsie a to narkolepsie 1. typu (dříve narkolepsie s kataplexií) a 2. typu. Rozdíl mezi těmito formami je v přítomnosti kataplexie. Kataplexie je náhlé “vypnutí” svalů. Stává se při silnější emoci. Tento typ narkolepsie se vyznačuje ztrátou mozkových jader, které mají na starost tvorbu hypokretinu. Druhá forma narkolepsie je téměř identická jako první forma, nicméně bez přítomnosti kataplexie. Léčba probíhá léčením symptomů (ASA Authors, 2016; Sateia et al., 2015).

### **Poruchy cirkadiánních rytmů**

Tyto poruchy zahrnují příznaky, jako jsou: obtížné usínání, probouzení se během noci, probuzení se brzy ráno a nemožnost znovu usnout. Spadají do nich následující poruchy (Reid, 2009).

#### **Jet Lag**

Jet lag, česky “pásmová nemoc” je stav, kdy narušíme svůj spánkový cyklus, nejčastěji nastává při mezikontinentálním létání napříč časovými pásmi. Tělo se poté přizpůsobuje na nové časové pásmo klidně až týden, než se dostane do normálu. Nově je také zavedený termín social jet lag, což je situace, kdy jdeme na nějakou společenskou akci, koncert, apod. Můžeme si pod tím tedy představit akce, které trvají do pozdních nočních hodin (Reid, 2009).

### **Syndrom spánkové apnoe**

Problémy s dýcháním během spánku postihují zhruba 15 % celkové populace (opět vztaženo na americký lid). Spánková apnoe je takový stav, kdy postižený jedinec přestává normálně na několik vteřin dýchat. Mezi hlavní symptomy patří: časté buzení, chrápání, přerušované dýchání zpozorované třetí osobou. Tuto nemoc rozlišujeme do dvou kategorií, tou první a častější je obstrukční spánková apnoe, při které jsou svaly zadní části krku příliš uvolněné a tím se zamezuje dýchání, což vede k mikroprobuzení. Toto se může opakovat až 100x za hodinu (Suni, 2021).

### **Spánková paralýza**

Tato porucha je dočasná nemožnost pohybu, proto paralýza, během spánku. Vyskytuje se krátce po usnutí nebo při buzení. Jedinec je ve stavu bdělosti i spánku. Jak již bylo uvedeno, tak tento jev nastává krátce po usnutí nebo při buzení, to znamená ve fázi REM spánku. V této fázi spánku není téměř žádný svalový tonus a to vysvětluje nemožnost se hýbat. Tato porucha se vyskytuje více u jedinců, kteří nedodržují spánková doporučení a celkem je přítomna u 8 % populace (Suni, 2020).

## **1.2.7 Monitoring spánku**

Toto téma kritické v návaznosti na výzkum spánku a vytváření kvalitních studií, které vedou ke zlepšení spánku, respektive léčení poruch a zvýšení kvality života. Jak jsme si uvedli z historického hlediska, tak boom ve zkoumání spánku započal až ve 20. století. S příchodem výzkumů přišly samo sebou také výzkumné metody. Metod je z historického hlediska opravdu celá řada a dělí se na dva základní způsoby měření. Prvním způsobem je subjektivní monitoring. Subjektivní monitoring zahrnuje různé dotazníky a spánkové deníky, kdy si jedinec dělá sám svůj report. Do deníku se zpravidla píše čas ulehnutí do postele, čas probuzení, pocit odpočinutí. Dále se mohou uvádět proměnné, jako je třeba poslední jídlo, přísun kofeinu, fyzická aktivita ve večerních hodinách a další. Ačkoli se to na první pohled nezdá, tak subjektivní monitoring je dostatečně relevantní metoda. Druhou metodou je objektivní monitoring. Jedná se o přesná data, která se pak statisticky srovnávají a z toho vychází výsledek. Může to být monitorování pomocí fotografií, nahrávání spánku na kameru, elektroencefalografie (EEG), matrace s různými senzory, ať už tlakovými, či snímajícími napětí, různé infrared záznamy, počítadla kroků, ultrazvukové sondy a mnoho dalších. Dnes je na trhu celá spousta gadgetů (vychytávka), které monitorují spánek na docela slušné úrovni. Nejrozšířenější jsou fitness náramky a hodinky, tj. Apple Watch, Fitbit, Garmin, Suunto, a další. Další rozšířenou věcí jsou prstýnky. Například od finské společnosti Oura Health, jež nese název Oura Ring. K dostání jsou i různé chytré polštáře, podložky pod polštář,



matrace. V nedávnu se na trhu objevila firma Muse, která nabízí jakousi čelenku, která mimo obvyklých spánkových charakteristik nabízí i měření EEG. Pomyslným zlatým hřebem těchto gadgetů je postel od společnosti Sleep Number 360, což je postel, jejíž cena se pohybuje okolo 5000 USD a postel zvládne upravit teplotu matrace, vyhodnotit spánek a dát uživateli report, dokáže upravit tvrdost matrace a spousta dalších věcí (Apple, 2021; ActiGraph, 2021).

Pro vědecké účely se spánek monitoruje ideálně polysomnografií, jež probíhá ve spánkových laboratořích nebo pomocí akcelerometrem, což jsou přístroje fungující na bázi akcelerometru, který snímá pohyby a převádí je do čísel. Dle vyhodnocených čísel se pak vyhodnocují pomocí vzorců jednotlivé spánkové epochy. Z vědeckého pole jsou akcelerometry nejrozšířenější a nejdostupnější (ActiGraph, 2021).

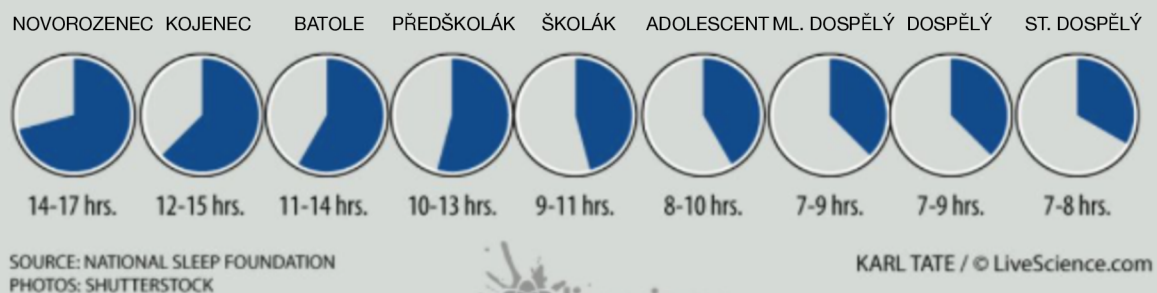
## 1.2.8 Spánková doporučení

Napříč společností kolují různá spánková doporučení, vydává je například nezisková organizace Sleep foundation nebo National institute of health. Ve většině se opakují pravidla, která si uvedeme v následujících řádcích. Striktní doporučení spánkových organizací jsou rozdělena dle věku jedince.

Novorozenec (0–3 měsíce), kojeneček (4–11 měsíců), batole (1–2 roky), předškolák (3–5 let), školák (6–13 let), adolescent (14–17 let), mladý dospělý (18–25 let), dospělý (26–64 let), starší dospělý (65 a více let). Pro tuto práci byli zvoleni jedinci ve věku 18–26 let, jedná se tedy o mladé dospělé a dospělé. Zdravotní doporučení zní následovně: Pro obě sledované skupiny je spánkové doporučení 7–9 hodin spánku. Pro mladé dospělé je pak dostačující rozmezí 6–11 hodin. Pro dospělé je dostačující 6–10 hodin. Z toho plyne, že cokoliv nad 10, respektive 11 hodin a cokoliv pod 6 hodin je špatně a nese s sebou jistá rizika (Hirshkowitz et al., 2015).

Další metrikou je efektivita spánku. Efektivita spánku se vypočítá, když se celková doba spánku vydělí celkovou dobou v posteli a to se vynásobí 100, vzorec vypadá následovně.  $(TST/TIB)*100$ , kdy TST znamená celkový čas ve spánku a TIB znamená celkový čas v posteli, tento podíl se pak vynásobí 100, aby byl výsledek v procentech. Doporučení napříč všemi věkovými kategoriemi je následovné: 85–89 % je norma spánkové efektivity. Pokud má jedinec efektivitu vyšší a cítí se unaven, je nutné přidat více prostoru pro spánek. Pokud se jedinec drží pod spodní hranicí, je nutné se na spánek více zaměřit (Reed et al., 2016).

## KOLIK SPÁNKU JE POTŘEBA?



**Obrázek 4.** Spánkové doporučení napříč věkem  
(Tate, 2016)

Latence je potřebný čas od zhasnutí světel po usnutí, respektive po prezenci alespoň 15 sekund REM spánku během 30 sekundové epochy. Zpravidla je to něco okolo 10 minut. Pokud jedinci vykazují nižší hodnoty, tak jsou zpravidla příliš unaveni a je třeba si vyhradit více času na spánek (Thomas, 2013).

Měli bychom dodržovat pravidelný denní režim, aby tělo přesně vědělo, kdy se má přichystat ke spánku. to znamená, že bychom měli ulehát do postele v okně, které je v rozmezí maximálně 20 minut (konkrétně v mém případě tedy platí 22:10–22:30). Pravidelnost je z hlediska udržitelnosti klíčová. S ulehnutím do postele se na druhém konci pojí i vstávání, to by mělo probíhat bez budíku a opět jen s malou odchylkou (Hirshkowitz, 2015).

Dalším doporučením je, že bychom se měli vyhýbat “šlofikům” přes den. Zde je to diskutabilní, neboť jsme si uvedli studii, ve které bifázický spánek (tj. s odpoledním odpočinkem) vedl ke zdravějšímu životu. Nicméně pokud je “šlofiků” víc, tak budeme mít večer problém s únavou a bude se nám hůře usínat (Hirshkowitz, 2015; Walker, 2018).

Správně připravená místnost je z hlediska spánku dalším z klíčových faktorů. Z ložnice by měla zmizet veškerá elektronika, telefony a věci, co svítí. Pokud je místnost z hlediska elektroniky

v pořádku, měli bychom dále dbát na správnou teplotu. Spodní hranice je subjektivní, ale měla by se zpravidla držet kolem 16 °C. Horní hranice je pak 19 °C. Se správnou teplotou by měl být v místnosti čerstvý vzduch. Pokud se člověk bojí, že “ofoukne”, tak je na místě pořídit zvlhčovač vzduchu a nechat okno zavřené. S teplotou je spjata i tma v místnosti. Je tedy dobré mít ložnici zatemněnou těžkými záclonami, které propouští jen minimum nebo žádné světlo. Je dokonce výzkumem dokázáno, že lidé, kteří spí v chladné místnosti, spálí během noci více tukové tkáně. Tato studie zkoumala 5 mužů po dobu 4 měsíců, každý měsíc spali v jiné teplotě, resp. 24, 19, 24, 27 °C, kdy první měsíc byla srovnávací fáze. Všichni měli dietu od profesionálů a prokázalo se, že během druhého měsíce, tj. s nejnižší teplotou, bylo spáleno v noci nejvíce tukové tkáně (NIH, 2006).

Kofein a jiné stimulanty během dne. Je běžné vidat lidi, kteří si dávají kávu i po večeri, to je však velmi špatně. Kofein se váže na adenosinové receptory a ty pak ignorují adenosin, který pak nemůže inhibovat nervové signály a my se necítíme ospalí. V doporučeních bývá uváděna 15. hodina odpolední, kdy bychom měli přestat konzumovat kofeinové nápoje, zelené čaje a jiné stimulanty. Před spaním by se také neměly užívat cigarety, alkohol a některé léky. Před spánkem by také neměla být nadměrná fyzická aktivita, která by díky vyplavení endorfinů, či zvýšení srdeční frekvence, bránila klidnému usnutí (Drake et al., 2013).

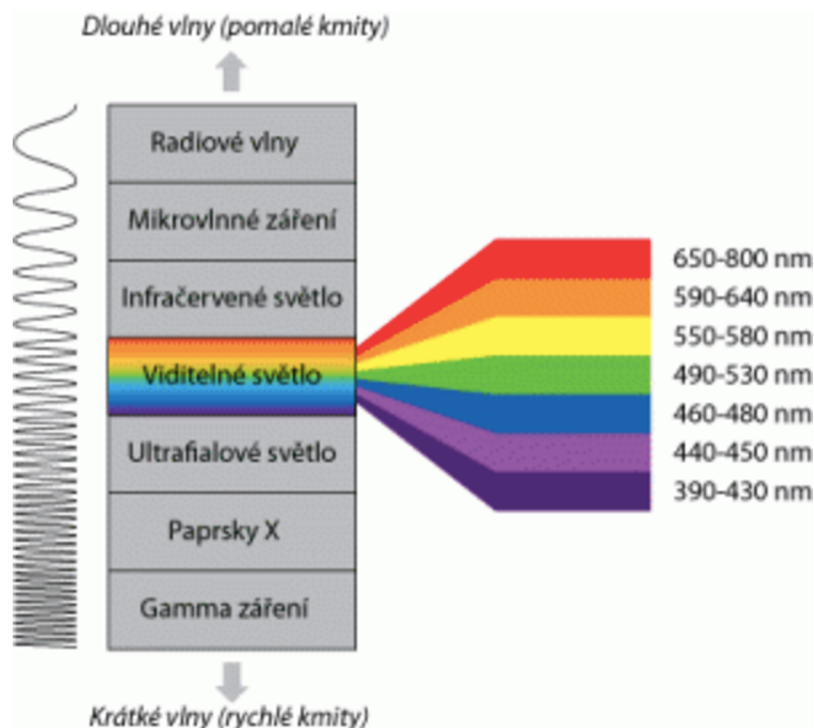
Poslední jídlo před spánkem by mělo být naposledy 2–3 hodiny před spánkem a mělo by být lehké, je to z důvodu trávení, je také tedy důležitá skladba jídla, které před spaním budeme konzumovat. Pokud chceme konzumovat maso, tak opravdu v přiměřené míře a ideálně krůtí, potažmo kuřecí maso. Z příloh je to jedno, pokud se vyhneme knedlíkům. Dále jsou vhodné třešně, banány, mandle, nebo med. Pokud už nestíháme z jakéhokoli důvodu večeřet alespoň dvě hodiny před spaním, tak bychom místo pevné stravy měli zařadit shake. Shake by měl obsahovat rychle a snadno stravitelné ingredience, jako výše zmíněné banány, třešně, vhodné je také zařadit tzv. “noční protein”, který funguje na bázi postupného vstřebávání živin a nezatěžuje tolik trávicí systém. Bylo dokázáno, že konzumace syrovátkového proteinu nijak negativně neovlivnila spánkové charakteristiky (Snijders, 2019).

Je též velmi důležité se z hlediska dlouhodobého horizontu držet čísel. Čísla, která jsou pro nás rozhodující, jsou: efektivita, celková délka spánku, strávený čas v jednotlivých fázích. Efektivita spánku znamená vztah mezi časem, kdy spíme a celkovým časem stráveným v posteli. Z hlediska norem bychom měli překračovat 85 %, zdraví jedinci se dokáží držet do 89 % efektivity. Ruku v ruce s efektivitou jde i celková doba spánku. Ideální doba spánku u věkové kategorie 18–60

let je uváděna 7–9 hodin spánku. Cokoli pod nebo na tuto hranici je z dlouhodobého hlediska riskantní a nese s sebou riziko různých nemocí (Snijders, 2019; Watson 2015).

## 1.3 Světelné záření

Světlo, respektive viditelné elektromagnetické záření, je na této planetě již od jejího vzniku. V obecném měřítku se jedná o elektromagnetické záření o délce kmity 400–700 nm (Konečný, 2018).



**Obrázek 5.** Vlnové délky světla  
(Radiobiologie, 2020)

### 1.3.1 Fyzikální charakteristika světla

Světlo je definováno jako elektromagnetické záření s určitou vlnovou délkou. Světlo vzniká změnami v pohybu částic, které jsou elektricky nabitě, například elektrony. Vlnová délka viditelných vln je v rozmezí 380–750 nm. V těchto délkách rozlišujeme světlo dle elektromagnetického spektra. Každé záření má různé parametry. Vlny kratší než fialové světlo jsou zástupci UV záření. Rozlišujeme 3 typy elektromagnetického záření UV. Jedním ze zásadních UV zdrojů záření je slunce, které vyzařuje vlny o délce 380–710 nm. Prvním typem UV záření je UVA,

což je elektromagnetické záření s délkou 315–400 nm. UVA se dále dělí na UVA-I s délkou 340–400 nm a UVA-II s délkou 315–340 nm. UVA záření prochází atmosférou téměř nefiltrovaně, na povrch země prochází až 90 % paprsků. UVB je záření se střední vlnovou délkou a to 280–315 nm. Oproti UVA je UVB relativně vysoce filtrované atmosférou a na povrch země proniká kolem 10 % záření. Poslední, nejkratší typ viditelného záření, je UVC. Zde se vlnová délka udává 100–280 nm. Veškeré záření typu UVC je filtrováno atmosférou a z toho důvodu na povrch země nedopadají žádné paprsky typu UVC (CDC, 2021).

### 1.3.2 Zdroje světelného záření

Existuje velká škála zdrojů světelného záření. Rozdělíme si je podle do různých úrovní:

Žhnutí. to chápeme jako vznik světla díky vysoké teplotě objektu. Do této podkapitoly patří spalování, různé druhy lamp, např. lánové lampy, olejové lampy, kerosinové lampy, karbidky, plynové lampy, apod. Jako další sem řadíme vysokoenergetické částice, např.: atomová bomba, Čerenkova radiace, anihilace. Vesmírné a atmosférické zdroje: Slunce, hvězdy, celé galaxie, shluky hvězd, meteority, bolidy. Dále sem řadíme: svíčky, ohňostroje, oheň, výbušniny (Gundermann, 1999).

Luminiscence, respektive světélkování je ten druh světla, který nevzniká z tepla. Řadíme sem především bioluminiscenci, což je biochemická reakce živých organismů, příkladem jsou světlušky, kril, nebo foxfire, který je viditelný na některých houbách. Patří sem luminiscence tvořená chemickou reakcí, například tyčky běžně známé pod názvem glow sticks, jež prasknutím začnou svítit. Figuruje zde i zima, jež spadá pod kryoluminiscenci, to znamená, že objekt vydává světlo, když je chlazen. Elektroluminiscence je jev, kdy se procházející elektrické energie skrze látku (luminofoř) přemění na světlo. Sem řadíme např. AMOLED displeje nebo lasery. Fotoluminiscence je jev, kdy těleso absorbuje fotony a poté těleso světélkuje. Příkladem je fluorescence (často u buřol, kompasů, hodinek) a fosforescence. Výše jsme si rozdělily dva základní zdroje světla. V kontextu s touto prací bychom se měli soustředit na světlo z displejů, žárovek, televizí a slunce fosforescence (Gundermann, 1999; Konečný, 2018).

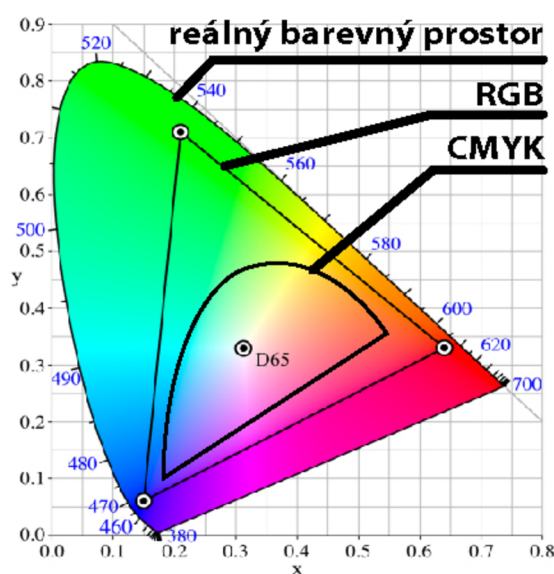
### 1.3.3 Problematika displejů a jejich záření

Displeje a obrazovky v našich životech tvoří nezastupitelnou roli už několik dekád. Interpretují nám kvanta informací, zprostředkovávají zábavu, jsou součástí naší práce, zkrátka bez displejů se dnes již neobejdeme, ledaže bychom žili někde sami v lese. Než se dostaneme do

problematiky samotných displejů, je třeba si uvést základní barevné modely, se kterými obrazovky pracují.

Pracujeme se dvěma schémata míchání barev, je to aditivní míchání barev a subtraktivní míchání barev. V prvním uvedeném případě se barvy sčítají. To znamená, že začínáme na černé (nic nesvítí) a končíme na bílé (svítí všechny barvy). Pro druhý způsob, subtraktivní, platí, že barevné složky se zde odčítají. To v praxi vypadá tak, že začínáme na bílém podkladu a pomocí přidávání jednotlivých odstínů se dostáváme až na černou barvu (Farley, 2010).

## Barevné modely



**Obrázek 6.** Porovnání RGB a CMYK modelů  
(Ex-press, 2021)

### 1) RGB model

Tento model funguje na bázi tří základních barev, jimiž jsou: červená (R), zelená (G), modrá (B). RGB model je ze všech nejrozšířenější u zobrazovacích záření, jako jsou displeje, obrazovky, panely. Pro každou ze tří výše zmíněných barev lze použít intenzitu barvy. Tato intenzita je v rozmezí 0–256, kdy 0 znamená zhasnutou diodu dané barvy a 256 znamená plnou intenzitu. Pro celkový počet možných barev u modelu RGB musíme spočítat třetí mocninu 256, čímž získáme 16 777 216 možných barev (Pedamkar, 2021).

## 2) CMY(K) model

Model CMY(K), neboli C – Cyan, M – Magenta, Y – Yellow, K – Key. Je subtraktivní barevný model využívaný především v tiskařství. Tento model je svým barevným složením velmi podobný výše zmíněnému modelu RGB, nicméně je doplněn ještě o tzv. Key, což je černá barva, neboť při smíšení C+M+Y vznikne místo černé barvy barva tmavě hnědá. Typická černá vznikne smísením všech tří pigmentů + se ještě na tuto vrstvu nanese Key. Barevný prostor je menší, než u RGB (Pedamkar, 2021).

## 3) HSB model

Tento model si zakládá na třech proměnných, těmi jsou hue (H), saturation (S), brightness (B). Funguje to tak, že první proměnná, hue, udává barevný odstín. Odstín je na stupnici 0–360°. K odstínu se poté udává procentuálně saturace 0–100 %, kdy 0 % znamená základní šedá a 100 % znamená plně saturovaná barva. Poslední proměnnou je brightness. V praxi 0 % brightness znamená černá, nehledě na ostatní proměnné. Při 100% brightness je barva zřetelná, ale má v sobě bílý nádech, ideální je tedy brightness okolo 50%. Výhodou oproti ostatním modelům je lehká porovnatelnost, známe totiž stupně na koláči spektra a procentuální zastoupení saturace se světlem (Kennedy, 2020).

## 4) CIE model

Jeden z nejstarších barevných modelů. Jeho vymyšlení se datuje do roku 1931 a vznikl pod hlavičkou Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Kombinuje v sobě tři základní barvy velmi podobné modelu RGB. I přes své “stáří” je považován za jeden z nejpřesnějších barevných modelů a to díky nezávislosti na konkrétním zobrazovacím zařízení. Po barevných modelech si uvedeme několik základních druhů displejů a obrazovek, které dnes používáme. (Nave, 2007).

### **Displeje a obrazovky**

#### 1) Cathode ray tube (CRT)

Nejstarším moderním a nám tím nejznámějším typem displeje je typ CRT. Ačkoli se tato technologie dnes takřka nepoužívá a to především díky vysoké hmotnosti, velikosti a neustálému blikání, tak na druhou stranu má tato technologie vynikající pozorovací úhly, velmi dobrou věrnost barev, rychlost odezvy a také kontrastní poměr. Jejich hlavní nevýhodou je tedy již zmíněná velikost a takzvaný flickering, který má za následek časté pálení očí, respektive jejich únavu (Láníček, 2009).

## 2) Plasma monitor panel (PDP)

Tento typ technologie byl na výsluní v letech 1998–2008, kdy jako první na trh nastoupil model televize od společnosti Fujitsu a to v roce 1996. Plazmová obrazovka funguje na bázi malé komory s ionizovanou směsí neonu a xenonu, která je vložena mezi dvě skleněné desky. Výhodou této technologie byly daleko živější barvy a lepší kontrast oproti předchůdcům. Nevýhodou byla technologická náročnost (Láníček, 2009; LEDme, 2021).

## 3) Liquid crystal display (LCD)

Tento typ displeje je v dnešní době tím nejrozšířenějším z jednoduchého hlediska, díky poměru cena/výkon. Funguje na bázi tekutých krystalů, jež byly objeveny již na konci 19. století. Nejmarkantnější vzestup LCD model zaznamenal s příchodem notebooků. Dnes se jedná o nejrozšířenější model. Funguje tak, že základem je zdroj světla, dnes pásy diod, které putují přes polarizační filtr, skleněný substrát, tekuté krystaly (které jsou řízeny elektronikou zařízení), přes RGB filtr, kde se udá výsledná barva jednotlivého pixelu a na druhá polarizační filtr (Láníček, 2009; Škopek, 2013).

### 1) Thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD)

Tento typ displeje je relativně náročný na spotřebu energie a má horší kontrast, než novější LED, má dobré pozorovací úhly, netrpí stroboskopickým efektem, vyšší životnost oproti LED díky zaběhlé LCD technologii, nicméně je dražší na výrobu (Škopek, 2013).

### 2) In-plane switching liquid crystal display (IPS-LCD)

Tento podtyp LCD modelu vznikl za úkolem zlepšit pozorovací úhel, který byl u základního LCD značně omezený. Za tímto vylepšením stojí společnost Hitachi a datuje se do roku 1996.

Ruku v ruce s displeji a obrazovkami jde i osvětlení, ať už exteriérové či interiérové. Dnešní doba se posouvá vpřed, všude samá LED technologie, která není na škodu, pokud je užitá správně (Láníček, 2009).

## 4) Light emitting diode (LED)

LED typ displeje funguje na bázi malých diod, kdy je celá obrazovka pokryta miniaturními diodami. Tyto diody svítí třemi barvami, a to: červená, zelená, modrá. Fungují tedy na klasickém principu RGB. Poslední a nejkvalitnější technologie, je dostupná svou rozmanitou použitelností, cenou. O prvenství pomyslně bojuje s LCD, neboť LED zobrazovací zařízení jsou vývojově mladší. OLED (Organic light emitting diode) Naprostý vrchol mezi displeji, velmi kvalitní barvy,



pozorovací úhly a odezva. Spadají sem typy displejů jako: AMOLED, což je další vývojový level této technologie (LEDme, 2021).

Pokud nebudeme brát v potaz různé rtuťové, halogenové, xenonové a další podkategorie svítidel, tak v jednoduchosti rozlišujeme dva typy.

#### 1) Vysokotlaká sodíková výbojka

Tento typ osvětlení funguje v jednoduchosti na bázi ohřívání inertního plynu, což vytváří samotné světlo a dělí na dvě kategorie: nízkotlaká sodíková výbojka a vysokotlaká sodíková výbojka. Nízkotlaká výbojka se vyznačuje monochromatickostí, což má za následek, že pod jejím světlem nejsme schopni rozlišit barvy. Na druhou stranu z hlediska světelného znečištění a s tím i spojený vliv na cirkadiánní rytmus je toto bezkonkurenční světelný zdroj. Bohužel se používá již minimálně a to zejména díky své monochromatickosti (Kondziolka, 2011).

Druhá jmenovaná, vysokotlaká sodíková výbojka používá ve svém nitru mimo sodíku také například rtuť. Tyto výbojky se v minulosti používaly jako hlavní zdroj veřejného osvětlení. Avšak kvůli horšímu rozlišování barev a nástupu LED technologie, která je bezesporu levnější, se od “sodíkovek” přechází na novější LED osvětlení (Kondziolka, 2011).

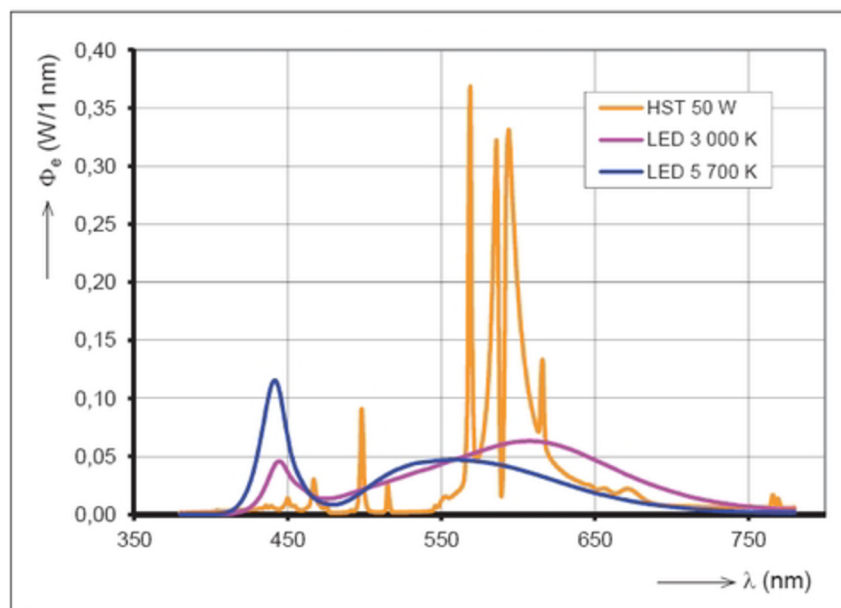
#### 2) LED

Jak už jsme si popsali výše, LED světlo funguje na bázi diody, která vyzařuje světlo. V dnešní době je to nejpoužívanější zdroj světla zejména díky své dostupnosti, ceně, životnosti a spotřebě. Oproti klasickým žárovkám, které mají uváděných cca. 1000 hodin životnosti, mají LED žárovky životnost až 60000 hodin, což je markantní rozdíl. V sektoru veřejného osvětlení je to z ekonomického hlediska bezesporu vítěz. Z hlediska environmentálního už to tak šťastné není. Jak je vidět na obrázku níže, tak veřejné osvětlení v režii LED zdroje má ve svém barevném spektru zastoupeno vlnění o vlnové délce 400–480 nm, což je pro životní prostředí špatně, kdežto klasická sodíková výbojka má jeden peak začíná jedním malým vrcholem okolo 500 nm a primární zastoupení je až kolem 560 nm. Dle Walkera je vliv LED osvětlení na vyplavování melatoninu až dvojnásobný ve srovnání s klasickými žárovkami (Kondziolka, 2011; Walker, 2018).

## 1.4 Spánek a světelné záření

Jak již bylo uvedeno v kapitole o cirkadiánním rytmu, tak světlo a spánek jsou dva úzce propojené termíny. Spánek je totiž skrze suprachiasmatická jádra ovlivňován právě světlem. Světlo ho dokáže ovlivnit jak pozitivně, jako například vystavení se přímému slunci. Tím jedinec provede synchronizaci cirkadiánního rytmu. Nicméně lze ho ovlivnit i negativně a to například v případě používání telefonů před spaním (Walker, 2018).

### 1.4.1 Světelné zdroje a jejich význam pro cirkadiánní rytmus

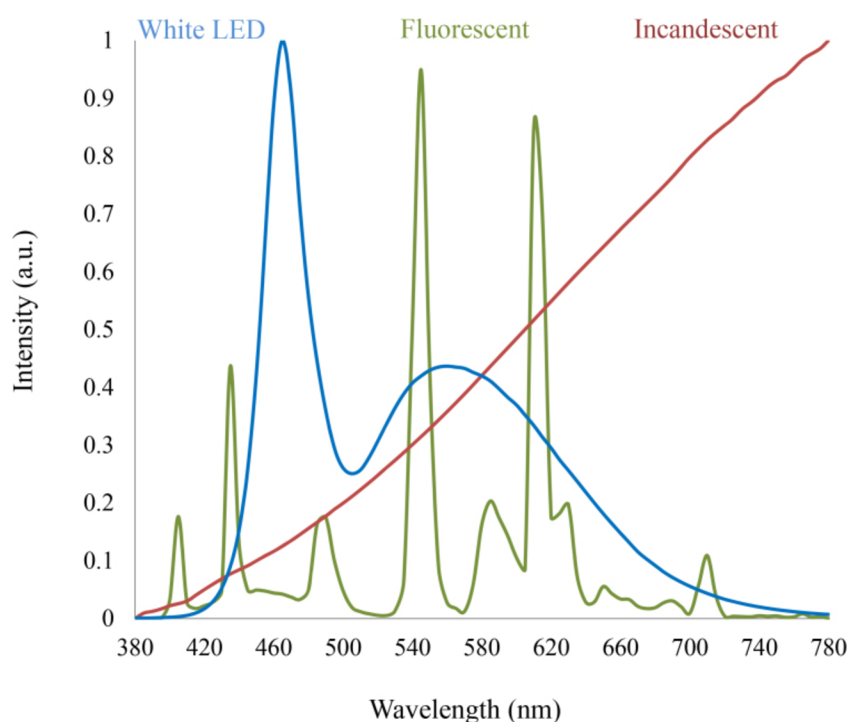


**Obrázek 7.** Porovnání barevného spektra LED a HST zdroje (Žák, 2015)

Světelné zdroje mají pro cirkadiánní rytmy zásadní roli. Víme totiž už, že cirkadiánní rytmy se řídí dle světla a tmy, neboli dne a noci. Pokud by byla ideální situace, tak bychom neměli žádná umělá světla, potažmo bychom měli umělá světla s přirozeným plným spektrem barev. Jako problém můžeme vidět celkovou nevzdělanost v této oblasti, kdy měníme staré sodíkové výbojky na ulicích za nové, levné, leč značně nezdravé LED lampy. Pokud přejdeme od osvětlení k obrazovkám, tak 9 z 10 obyvatelů USA přiznává, že během hodiny před ulehnutím do postele používají zařízení, která emitují modré světlo. Televize byla nejvíce zastoupenou složkou a to z 60 %, ostatní byly telefony, laptopy a jiné zařízení. Studie prokazuje, že čím více interaktivní technologické zařízení jedinec před spaním použije, tj. například laptop, mobilní telefon, herní

konzole, tak tím horší je usnutí a výrazně to snižuje kvalitu pocitu odpočinku. Další alarmující věcí je, že 97 % populace USA má ve své ložnici elektronické zařízení, které opět ruší spánek.(Gradisar, 2013; Walker, 2018).

Pokud je člověk vystaven světlu ve večerních hodinách, tj. po setmění. Tak přibližně po expozici trvající 30 minut se posune vyplavování melatoninu o přibližně 1 hodinu. Zároveň tato expozice světlem nemá vliv na noční hladiny melatoninu, jen již zmíněné posunutí (Tähhkämö et al., 2019).



**Obrázek 8.** Porovnání vlnové délky u LED, rtušové a klasické žárovky (Tosini, 2016)

Na obrázku 8. je srovnání vlnového spektra odlišných zdrojů světla a to LED, nízkotlaké rtušové výbojky a klasické žárovky. Je patrné, že nejmodernější technologie LED má pro náš cirkadiánní rytmus opravdu špatné následky. Vystavením se tomuto typu záření před spaním si posouváme stimulaci spánku pomocí melatoninu, jehož vyplavení se tímto oddaluje (Walker, 2018).

### 1.4.2 Problematika displejů a jejich vliv na spánkové charakteristiky

Novodobé displeje s sebou spolu se spoustou výhod přináší i negativní věci. V jednoduchosti displeje dělají to, že svým vyzařováním modrého světla oddalují nebo zabraňují vyplavování melatoninu (záleží na délce a intenzitě expozice) spánek se tím pádem posouvá do pozdějších hodin a zkracuje. Nejenže zkracují dobu hloubkového spánku, potřebného k opravným

procesům v těle, ale mají také značný vliv na REM spánek, který ovlivňuje náladu a paměť. Mimo to mají vliv i na NREM fázi spánku, která má na starosti opravu a regeneraci organismu. (FN BRNO, 2020)

Modré světlo a efektivita spánku jsou dvě proměnné, které spolu korespondují. Jelikož je spánek ovládán pomocí receptorů reagujících na světlo a tyto receptory mají nejvyšší citlivost v krátkých vlnových délkách do 460 nm. Z této skutečnosti plyne, že modré světlo dokáže oddálit vyplavení melatoninu a tím zhoršit spánkové charakteristiky, jako například hodnoty latency, což je doba, kdy je jedinec v posteli, zhasne světla a usíná (ta doba od zhasnutí po usnutí je latency). Modré světlo má ale i další negativní účinky, například na dobu spánku, kterou snižuje. Toto se děje díky již zmíněné citlivosti oka na modré světlo. V praxi si pak mozek myslí, že je den a zůstává v bdělosti. V dlouhodobém horizontu je modré světlo škodlivé natolik, že je důvodem vzniku některých onemocnění a změnách na emocionální úrovni, jako například vznik deprese (Newsom, 2021).

Displeje jsou v dnešní době založeny zejména a LED technologií, okrajově pak LCD. LED technologie je opravdu velmi dobrá, minimálně co se týče vlastností a kvality obrazu. Nicméně pro spánek je tato technologie jedna z nejhorších, kdy LED diody obsažené v displejích a obrazovkách emitují více krátkých elektromagnetických vln a tím pádem více “nezdravého” modrého světla o vlnové délce do 500 nm. Na druhou stranu výrobci softwarů v dnešní době nabízí relativně dostačující řešení v podobě aplikací, které vyfiltrují modrou složku světla z displejů. Výrobce Apple má integrovanou funkci Night shift, která po setmění automaticky zapne lehký barevný filtr a naladí obrazovku do oranžova, touto funkcí disponují i jiní výrobci, nebo je na trhu přímo software, který dokáže zcela eliminovat odrou složku. Dalším stupněm u Applu je úplná filtrace modré, kdy zůstane displej téměř červený, ale za to je kompletně bez krátkých vlnových délek negativně ovlivňujících spánek, tuto funkci umí mimo u jiných výrobců přinést jen aplikace (Apple, 2021).

Ze studií uvedených v další kapitole je patrná korelace mezi poklesem melatoninu a používání elektroniky vyzařující modré světlo během večera. Dokonce i noční návštěva lednice nám může ovlivnit spánkové charakteristiky, neboť se jedná o velmi intenzivní světlo okolo 80 luxů (Apple, 2021; Newsom, 2021).

### **1.4.3 Aktuální přehled výzkumných zjištění**

V dnešní době už je na toto téma zpracovaná řada studií. Ve zmíněných studiích se potvrzuje domněnka, že nadbytek modrého světla ve večerních hodinách viditelně ovlivňuje spánkové

charakteristiky, jako je efektivita spánku a další. Jako příklad můžeme uvést studii z roku 1980, kdy A. Lewy vydal studii s názvem: “light supresses melatonin secretion in humans”. Tato studie je základem pro dnešní zkoumání ovlivnění cirkadiálního rytmu světlem, respektive škodlivost světla o krátkých vlnových délkách (modré). Ve své studii A. Lewy dokázal, že pokud v noci rozsvítíme, má to okamžitý vliv na sekreci melatoninu. Výzkum prováděl tak, že po usnutí probandů rozsvítil na určitý časový úsek a poté jim měřil hladiny melatoninu. Používal světelný zdroj o svítivosti 2500 luxů, což je téměř pobyt pod zataženou oblohou. Pro představu si uvedeme pár hodnot. 1 lux je například měsíční svit. 10 luxů má svíčka ve vzdálenosti do půl metru. Když si doma čteme, potřebujeme kolem 750 luxů. Obloha může mít od 3000 do 100000 luxů. Po deseti minutách výzkumu se rapidně začala snižovat hladina melatoninu a do hodiny byli probandi a probandky na hladinách, které jsou měřitelné přes den na slunci. Je zde tedy jasně patrná korelace mezi expozicí světlem v noci a sekrecí melatoninu. A to vše už v roce 1980 (Lewy, 1980).

Další studií vhodnou ke zmínění je studie vědců z Massachusetts z roku 2020, která nese název: “Circadian Potency Spectrum with Extended Exposure to Polychromatic White LED Light under Workplace Conditions” zde se vědci snažili rozklíčovat, na jakou vlnovou délku je melatonin nejnáchylnější. V jejich výzkumu využívali 12 hodinovou expozici, ve které prokázali, že světlo o vlnové délce 438–493 nm je v pozdních hodinách nejvíce škodlivé (Moore-Ede et al., 2020).

Další studie se věnovala právě používáním brýlí s blokací modrého světla před spaním, které používáme i v této práci. Skupina 15 probandů ve věku 15–65 let byla vybrána do této studie, jedinou podmínkou bylo potřeba trpět chronickou nespavostí, tzn. alespoň 3 měsíce. Výzkum spočíval v nošení brýlí s filtrem proti modrému světlu po dobu jednoho týdne alespoň 120 minut před spaním. Po dobu druhého týdne bylo za úkol nosit stejné brýle, nicméně nebyly opatřeny filtrem proti modrému světlu a zkoumal se tak placebo efekt (Shechter et al., 2018).

V roce 2016 vyšla studie, ve které Beaven a Ekström dali do kontextu souvislost mezi vlivem modrého světla a kofeinu na lidskou kognici. Konkrétně porovnávali vliv dávky 240 mg kofeinu a 60 minut expozice modrým světlem o intenzitě 40 luxů. Na studii participovalo 24 zdravých jedinců, z toho 13 mužů a zbytek žen ve věku o průměru 26 let. Podmínkou bylo nepracovat v posledních 12 měsících na noční směny, nekouřit, za poslední 2 měsíce nebýt v jiném časovém pásmu. Výzkum proběhl tak, že probandi a probandky přijeli v 17 hodin na stanoviště, kde po dvou hodinách půstu podstoupili psychomotorický test, poté šli na pokoj. Byly tři etapy výzkumu. 1. byla složena z dávky placebo tabletky namísto kofeinu a expozice světlem. 2. byla z požití tabletky s kofeinem a expozice světlem. 3. jen z požití tabletky kofeinu. Poté probandi a

probandky znovu podstoupili psychomotorický test a vědci poté zkoumali rozdíly. Z výsledků plynulo, že kofein a modré světlo ve večerních hodinách mají negativní vliv na kognitivní a reakční funkci (Beaven et al., 2016).

Další studie proběhla v Číně, kde vědci zkoumali délku spánku a zastoupení zeleniny ve stravě, kde jejich hypotéza byla, že lidé s vyšším příjmem zeleniny a spánkem mezi 7–9 hodinami je ideální. Tato studie trvala 6 let a byli v ní zastoupeni jedinci ve věku 15–65 let. Nejmenší riziko úmrtí měli dle hypotézy jedinci s vyšším příjmem zeleniny a spánkem v časovém rozmezí 7–9 hodin. Největší riziko se ukázalo pro skupiny, ve kterých je malý příjem zeleniny a spánek maximálně do 6 hodin anebo 10 a více hodin. Je nutno podotknout, že spánek nad 10 hodin je většinou doplněn o chorobu, kdy se tělo potřebuje vypořádat právě s ní a z toho důvodu vyžaduje větší dotaci spánku (Bai et al., 2021).

Guarana a spol. ve své práci zkoumají vliv modrého světla na pracovní výkon a kvalitu spánku. Ve své práci použili brýle proti modrému světlu. Měření probíhalo v Brazílii, kdy byl k dispozici vzorek větší než 3000 jedinců. Výzkumu se zúčastnili manažeři a zaměstnanci call center. Probandům byly zaslány brýle proti modrému světlu a podobné brýle, které byly bez zabarveného horníků a tím pádem nefiltrovaly modré světlo. Měření proběhlo ve dvou skupinách. První skupina byla označena jako 0, kdy probandi a probandky nenosili brýle proti modrému světlu. Druhá skupina byla označena jako 1, tyto probandi a probandky brýle nosili. Kvalita spánku byla poté vyhodnocována subjektivní metodou, kdy probandi a probandky používali dotazník, ve kterém vyplňovali různé otázky o jejich spánku. Z výsledků vyšlo, že daleko lepších subjektivních výsledků zaznamenali probandi a probandky tehdy, kdy nosili večer brýle se zabarveným zorníkem (Guarana et al., 2021).

Ačkoli je spánková hygiena pro širokou veřejnost stále relativně nový pojem, tak už na toto téma vzniklo několik studií, konkrétně například jedna z uvedených výše, kdy probandi dostali na týden brýle, které modré světlo filtrovaly a druhý týden brýle, které nefiltrovaly. Výsledky hovořily pro ty s filtrem. Na Českém území jsme žádnou studii, která by se věnovala přímo filtraci modrého světla na spánek nenašli. Z toho důvodu se dá usuzovat, že jsme v tomto ohledu pozadu.

## **2 Cíle práce**

### **2.1 Hlavní cíl**

Hlavním cílem předložené bakalářské práce je zjistit vliv expozice modrého světelného spektra před spánkem na spánkové charakteristiky u dospělých osob.

### **2.2 Dílčí cíle**

Jako dílčí cíle byly stanoveny následující:

- 1) Analyzovat výsledky spánkových charakteristik z akcelerometrie.
- 2) Komparovat výsledné spánkové charakteristiky v kontextu intervenčního a kontrolního týdne.

# 3 Metodika výzkumu

## 3.1 Výzkumný soubor

Tabulka 1. Základní charakteristika výzkumného souboru

Muži	Věk (roky)	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI
Proband 1	24	80	1,85	23,4
Proband 2	23	83	1,82	25,3
Proband 3	24	76	1,78	24,0
Proband 4	23	75	1,79	23,4
Proband 5	26	78	1,77	24,9
Proband 6	26	119	1,78	37,6
Proband 7	21	83	1,81	25,3
Proband 8	18	83	1,87	23,7
Proband 9	18	88	1,95	23,1
$\bar{x}$	22,7	83,56	1,82	25,25
$\sigma$	2,9	13,5	0,056	4,45
Ženy	Věk (roky)	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI
Probandka 1	22	62	1,68	22,0
Probandka 2	23	56	1,72	18,9
Probandka 3	22	58	1,71	19,8
Probandka 4	22	68,6	1,65	25,2
Probandka 5	21	61	1,68	21,6
Probandka 6	23	57	1,62	21,7
Probandka 7	23	42	1,64	15,6
Probandka 8	22	58	1,68	20,5
Probandka 9	26	55	1,65	20,2
$\bar{x}$	22,7	57,5	1,67	20,6
$\sigma$	1,3	6,7	0,031	2,44

Vysvětlivky:  $\bar{x}$  – průměrná hodnota;  $\sigma$  – směrodatná odchylka



K empirickému šetření byl záměrně vybrán výzkumný soubor o velikosti 20 probandů. Jednotliví probandi byli vybíráni na základě životosprávy, zda-li pracují na plný úvazek, sportují a aby byl vyvážen počet mužů i žen. Bylo osloveno 20 lidí ve věku 18–25 let, jež splňovali kritéria výběru. Inkluzivní kritéria byla: nepracovat na plný úvazek, sportovat alespoň 60 minut minimálně 2x týdně, nekouřit a nechodit v pracovním týdnu na večírky. Tato kritéria byla zadána tak, aby výsledná data byla, co možná nejsourodější. Z oslovených s výzkumem jedinci souhlasili. z nichž bylo 10 mužů a 10 žen. Podrobnější charakteristika viz. obrázek 9 Díky nedodržení instrukcí bylo nutno data ze od dvou probandů vynechat, tím pádem byla pro srovnání použita data od 18 probandů a probandek.

## 3.2 Výzkumné metody

K výzkumu byly použita metoda akcelerometrie, zejména vzhledem k dostupnosti měřících přístrojů na Katedře tělesné výchovy a sportu Fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické Technické univerzity v Liberci. Dále byly použity brýle proti modrému světlu.

### 3.2.1 ActiGraph GT9X

Pro výzkum byly použity akcelerometry od společnosti ActiGraph. Akcelerometry byly zapůjčeny z Katedry tělesné výchovy a sportu Fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické Technické univerzity v Liberci. Akcelerometr ActiGraph GT9X měří pohyby pomocí tříosého akcelerometru, disponuje také ještě druhým akcelerometrem, gyroskopem a magnetometrem. Dokáže vyhodnocovat pohybová data a polohu těla. Tento konkrétní akcelerometr dokáže sledovat následující spánková data: pozice těla, prodleva mezi ulehnutím do postele a usnutím (latency), celkový čas v posteli, počet probuzení a průměrná doba probuzení, celkový čas ve spánku (TST), čas strávený bdělostí po prvním usnutí (WASO) a efektivita spánku. Akcelerometr má následující specifikace: rozměr 3,5 x 3,5 x 1 cm, mají hmotnost 14 gramů, životnost baterie dle použití, ale uváděno je 14 dnů, interní paměť činí 4 GB, to je pro představu cca 240 dní standardního měření. Vzorkovací frekvence může být nastavena v rozmezí 30–100 Hz. Přístroj byl inicializován v originálním programu ActiLife pro snímání pomocí všech dostupných os při frekvenci 100 Hz. Byl nošen na nedominantním zápěstí (ActiGraph, 2021).

### 3.2.2 Brýle bránící expozici modrým světlem

Tyto brýle zamezují vystavení oka modrému světlu. Brýle jsou specifické svými skly, která jsou zabarvena do červena. Dle výrobce by měly zabraňovat průniku světla o krátkých vlnových délkách, tj. modré světlo, jak jsme si již specifikovali v teoretické části, je viditelné elektromagnetické záření a délce vln světlo o délce vlny 380–500 nm. Všechny probandky a probandi měli stejné brýle, které pochází od firmy Votamax, brýle mají certifikát o blokaci modrého světla až do 565 nm. Ve výzkumu bylo nutné brýle nosit alespoň 90 minut před ulehnutím do postele (Votamax, 2021).



**Obrázek 9.** Proband s brýlemi

## 3.3 Procedura

Měření proběhlo na přelomu měsíců února a března. Konkrétním datem startu výzkumu bylo 26. 2. 2021 ve 20:00 a konec 11. 3. 2021 ve 12:00. Bylo získáno celkem 14 nocí, ze kterých vyšla finální data, celkem bylo při počtu 20 akcelerometrů získáno 280 jednotlivých dat z nocí. Probandi a probandky dostali také záznamový arch, kde vyplňovali údaje o ulehnutí do postele, vstávání, kdy měli poslední jídlo a jaký subjektivní pocit měli ze spánku.

## 3.4 Zpracování dat

Ke zpracování dat jsem použil vyexportovaná data ze software od společnosti ActiLife, která byla z programu vyexportována do “.csv” souboru. Předtím došlo k detekci spánkových epoch

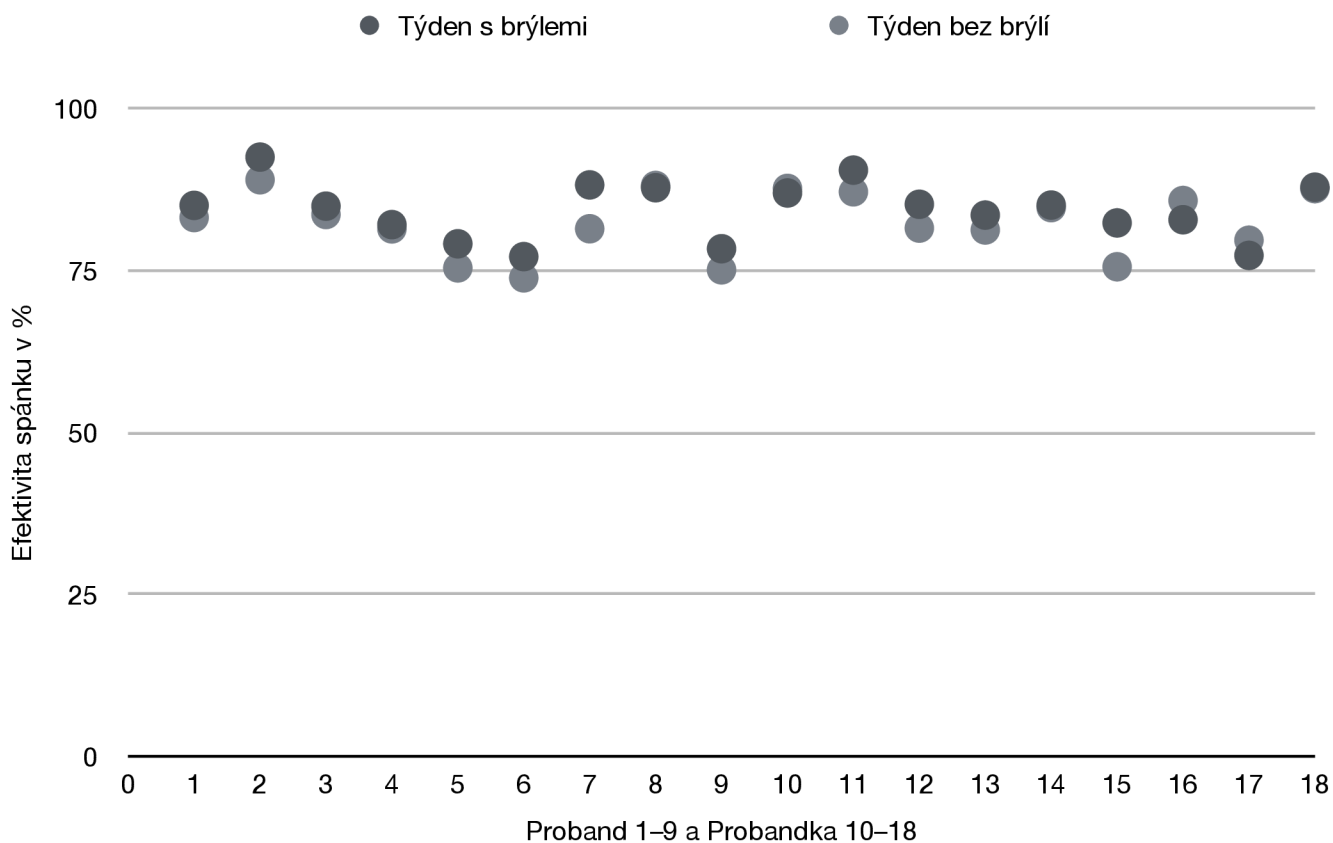
(za pomoci záznamového archu), následná konverze ze surových dat na 60s epochu a pomocí algoritmu Cole-Kripke byly spočítány jednotlivé spánkové charakteristiky.

K základnímu statistickému zpracování dat a zjištění popisných charakteristik (aritmetický průměr, nejvyšší a nejnižší hodnoty, směrodatná odchylka a další) jsem poté použil aplikaci Numbers od společnosti Apple.

Soubory jsem jednotlivě přepisoval do souhrnné tabulky, ve které byla všechna čísla pohromadě, mohl jsem tedy využít průměrů nocí, před kterými byly nošeny brýle s druhou skupinou, kdy brýle nošeny nebyly. Zpracoval jsem většinu dat a vyloučil jen chybová, která se naprosto lišila od ostatních nocí. Po domluvě s vedoucím jsem vynechal data z páteční a sobotní noci, neboť víkendová data se dle předpokladu lišila zejména díky tomu, že víkendy bývají spojené se sociálním nočním životem. Zároveň jsem nepoužil data z 1. a 8. dne výzkumu, neboť pro mnohé to byla první zkušenost s blokací modrého světla a část vzorku to nesla negativně. To znamená horší data díky novému podnětu pro tělo. Odstranění prvních dnů výzkumu jsem provedl kvůli reaktivitě, neboť jsme předpokládali, že tělo bude reagovat na nový podnět v podobě brýlí negativně. Reaktivita ovšem nemusí znamenat jen negativní reakci, může to znamenat i opak, důležitá je odchylka od normálu. Podněty mohou být různorodé, změna prostředí, jídlo, změna v načasování spánku, v konkrétním případě však brýle a akcelerometr (Lavrakas, 2008).

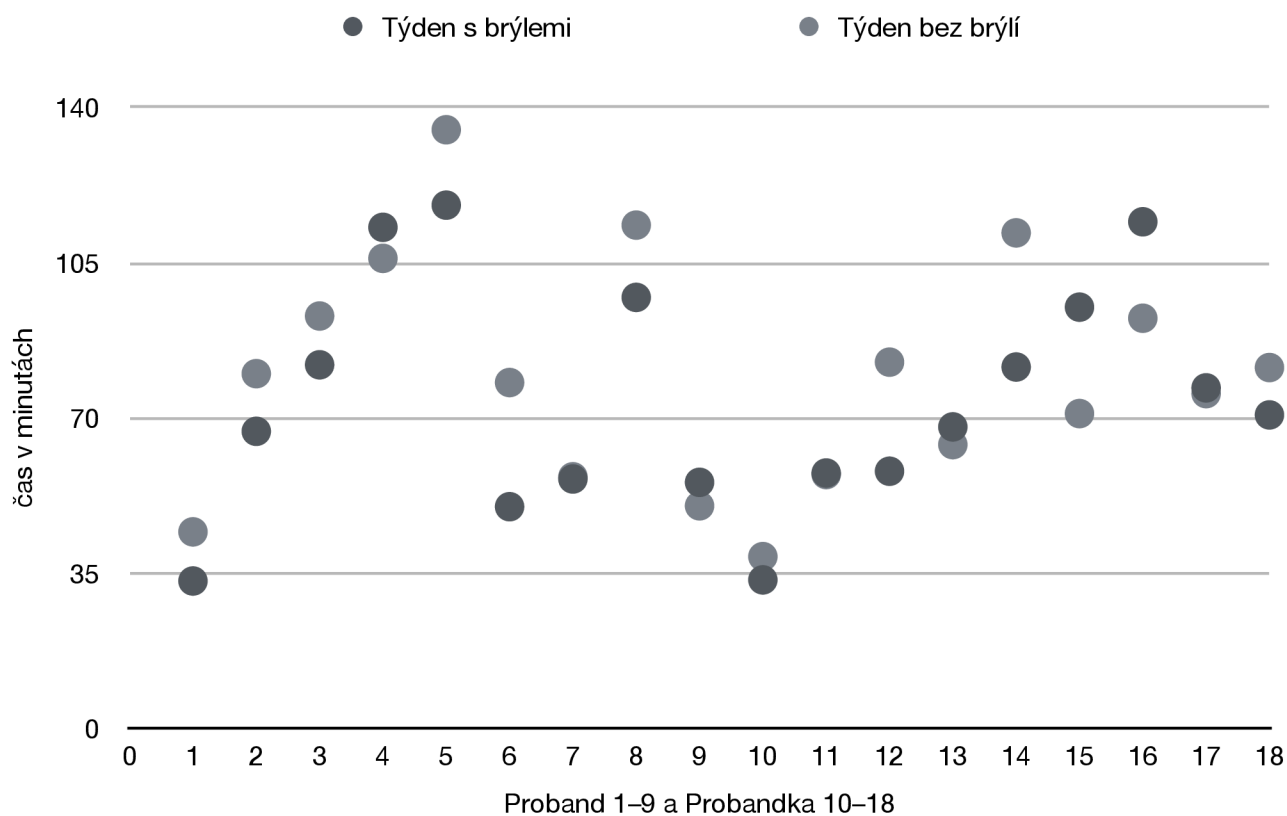
# 4 Výsledky a diskuze

## 4.1 Výsledky



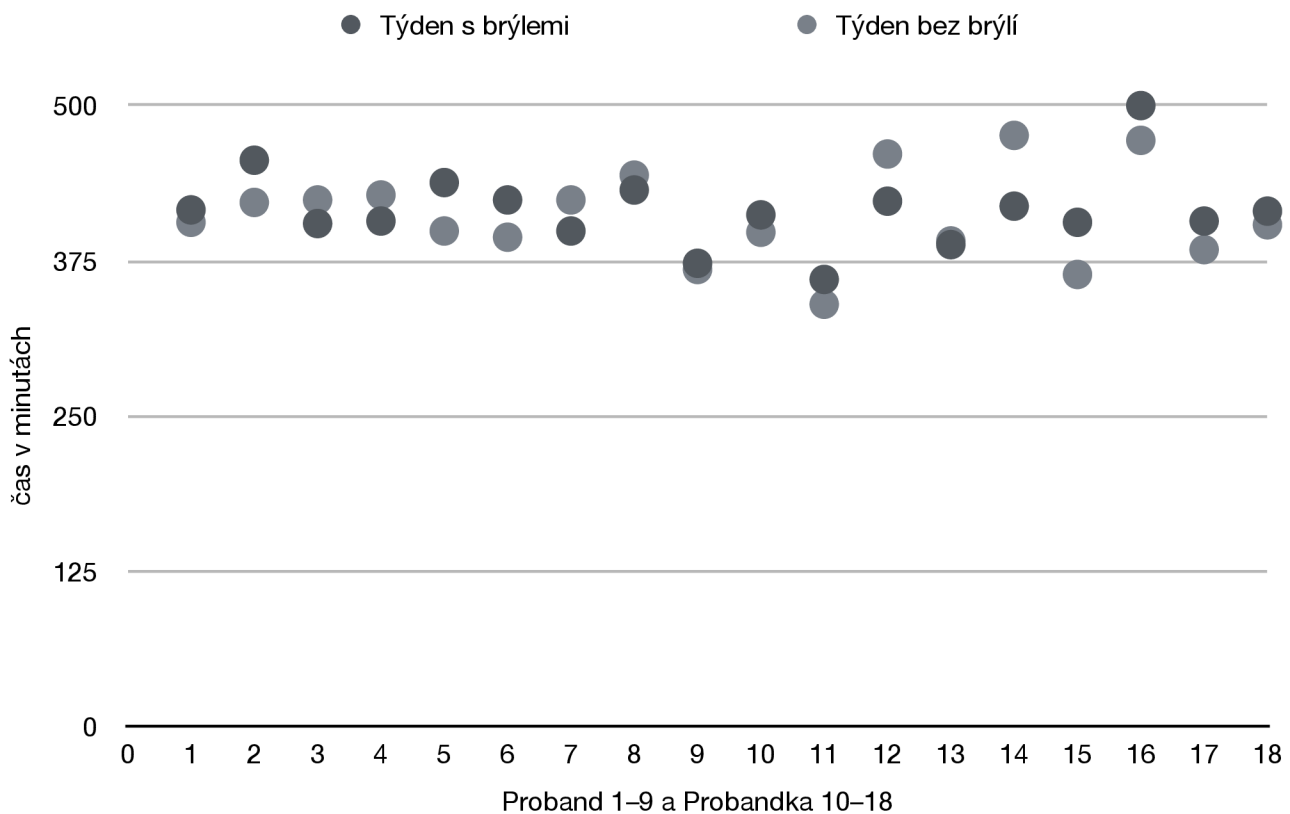
**Obrázek 10.** Efektivita spánku

První graf se týká efektivity spánku. Rozdíl mezi oběma týdny je patrný. Z finálního počtu 18 probandů se jen 4 jedinci dostali do hodnot, kdy efektivita spánku byla vyšší v týdnu bez použití brýlí proti modrému světlu. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána 92,5 % u muže (což je nad doporučení), u ženy pak 88,21 % a obě dvě nejvyšší hodnoty v týdnu s brýlemi. Nejnižší hodnota byla zaznamenána 75,4 % u muže a 73,86 %, obě hodnoty v týdnu bez brýlí. Průměrná efektivita spánku z obou týdnů dosahovala 83,38 %, což je neuspokojivé, neboť z doporučení by hodnota měla dosahovat 85–89 % a do toho rozmezí se v obou týdnech vešli jen 1 proband a 2 probandky.



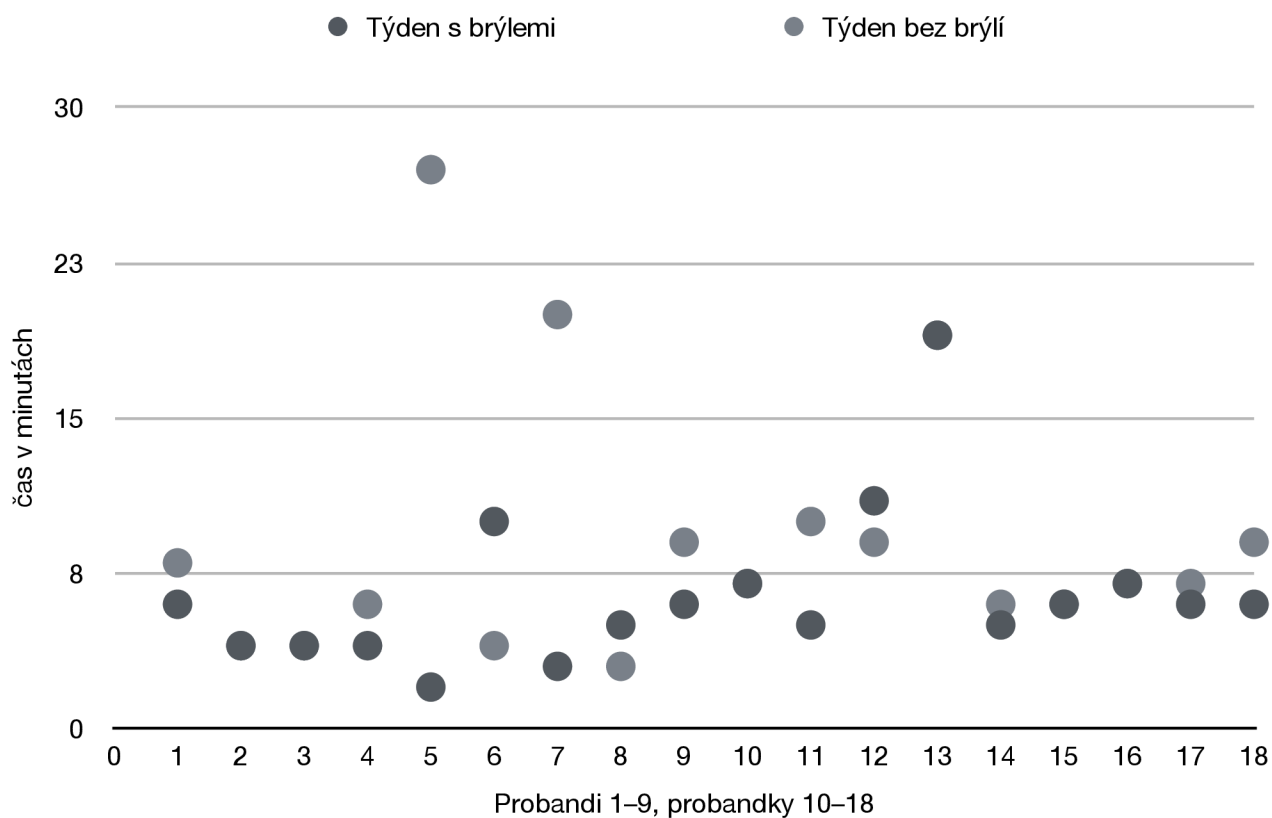
**Obrázek 11.** Hodnoty WASO

Wake after sleep onset (WASO) je hodnota, která udává počet probdělých minut od usnutí do úplného probuzení. Nejnižší hodnota u mužů je 33,25 minut a u žen 50 minut. Obě hodnoty jsou z týdne s brýlemi. Nejvyšší hodnoty nočního bdění byly zaznamenány 113 minut u mužů a to v týdnu s brýlemi, u žen byla tato hodnota dokonce 135 minut a to u stejné ženy jako s nejvyšší efektivitou spánku (tyto dvě hodnoty spolu úzce souvisí) v týdnu bez brýlí.



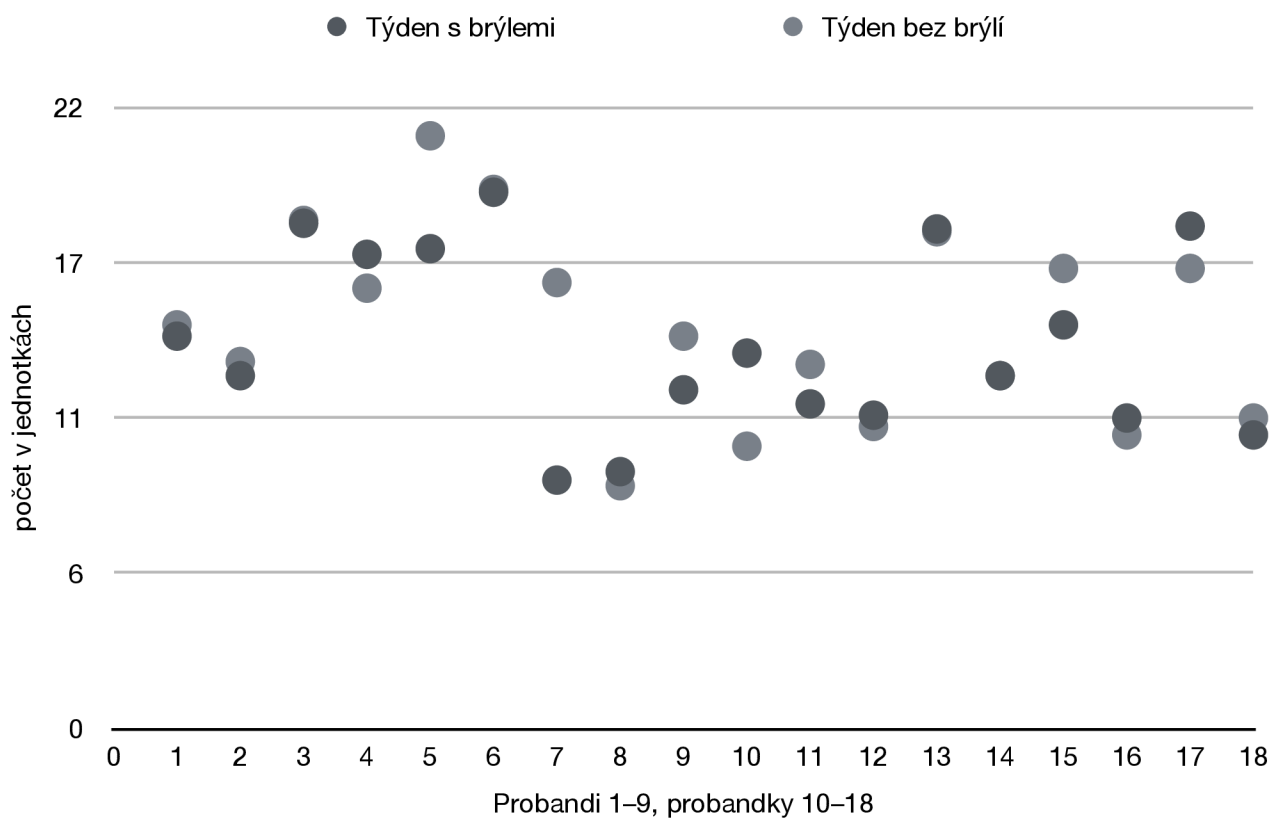
**Obrázek 12.** Celková doba spánku

Celkový čas strávený ve spánku. Zde jsme v průměru dostali na čísla 415 minut (týden s brýlemi) ku 410 minutám čistého času stráveného ve spánku. V průměru to znamená 412,5 minuty. V procentech je 1,3% rozdíl, což se může zdát málo, ale pokud to vynásobíme 1 rokem, tzn. 365, tak za rok i s takovýmto rozdílem naspíme o 30 hodin více. Největší hodnotou u mužů 461 minut a u žen 500 minut, u mužů se jednalo o týden bez brýlí, u žen týden s brýlemi. Nejnižší hodnoty byly obě zaznamenány v týdnu bez brýlí a to 340,5 minut u mužů a 363,5 minut u žen.



**Obrázek 14.** Hodnoty latency

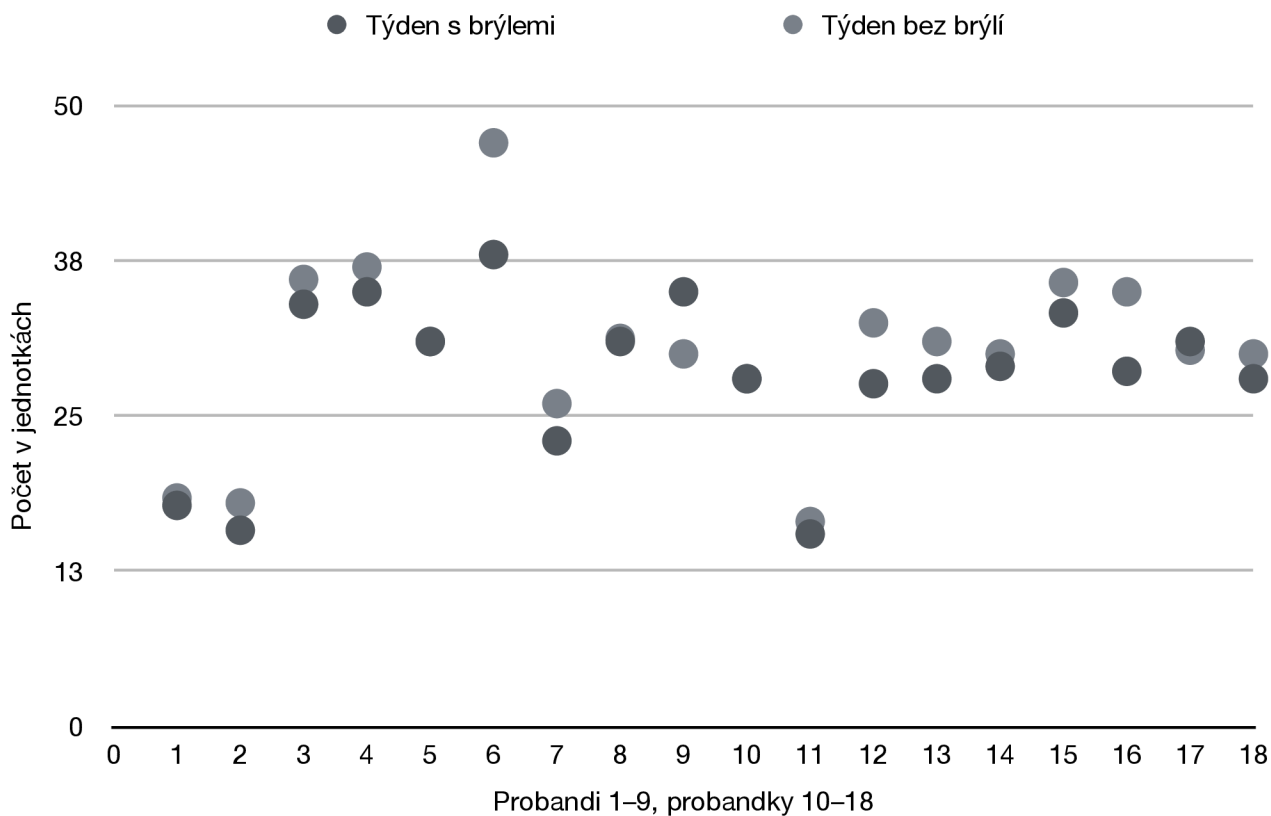
Latency je čas, který potřebujeme k usnutí od ulehnutí do postele. Ze získaných hodnot můžeme vidět, že průměrná hodnota měření byla 7,7 minut potřebných k usnutí. U mužů byla nejvyšší průměrná hodnota zaznamenána během týdne bez brýlí a to 27 minut. U žen nejvyšší hodnota činila 20 minut a opět v týdnu bez brýlí. Nejnižší hodnoty byly 2 minuty u mužů a 3 minuty u žen, obě hodnoty byly zaznamenány v týdnu s brýlemi.



**Obrázek 15.** Pohybový index

Na obrázku 15. jsou zaznamenány hodnoty pohybového indexu. V praxi platí, že čím méně, tím lépe. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u muže a to 21 v týdnu bez brýlí, u žen tato hodnota byla 19,1 v týdnu s brýlemi. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u ženy a to 8,64, u mužů nejnižší hodnota byla 10, obě nejnižší hodnoty byly zaznamenány v týdnu s brýlemi.





**Obrázek 16.** Počet probuzení

Hodnoty z obrázku 16. ukazují hodnoty počtu probuzení. Nejvyšší hodnota u mužů byla zaznamenána v týdnu bez brýlí a to 47 u muže, u žen byla nejvyšší hodnota 35,75 a opět v týdnu bez brýlí. Nejnižší hodnota byla zaznamenána 15,5 u muže v týdnu s brýlemi a 23 u ženy a to v týdnu bez brýlí.

**Tabulka 3.** Přehled průměrných hodnot spánkových charakteristik

	Efektivita (%)	WASO	Čas ve spánku (min)	Latence (min)
<b>Týden s brýlemi</b>	84,21	73,75	415	6,28
<b>Týden bez brýlí</b>	82,55	78,33	410	9,17
<b>̄</b>	83,38	76,04	412,5	7,725
<b>σ</b>	1,17	3,24	3,54	2,04
	Čas v posteli (min)	Počet probuzení	Délka probuzení (min)	Pohybový index
<b>Týden s brýlemi</b>	495	29	2,50	13,88
<b>Týden bez brýlí</b>	500	30	2,58	14,26
<b>̄</b>	497,5	29,5	2,54	14,07
<b>σ</b>	3,54	0,71	0,06	0,27

Výsvětlivky:  $\bar{x}$  – průměrná hodnota,  $\sigma$  – směrodatná odchylka

V této tabulce výše jsou vidět průměrné hodnoty jednotlivých spánkových charakteristik. Efektivita v týdnu s brýlemi dosáhla lepších hodnot o 1,61 %. Hodnoty WASO byly lepší o bezmála 5 minut, což se může zdát málo, ale pokud se tato hodnota vynásobí 365 dny, tak ročně vyjde téměř 30 hodin spánku navíc. Celková doba spánku se zde liší o 5 minut, kdy 415 minut dosáhl týden s brýlemi a 410 týden bez brýlí. Spánkové doporučení však u této metriky splněny nebyly. Latence vyšla lépe v týdnu s brýlemi a to o 2,89 minut. Čas v posteli vyšel lépe v týdnu bez brýlí, ale tato hodnota by měla alespoň nad 510 minut, neboť když sečteme spánkové doporučení 420 minut, k tomu 25 minut WASO, 10 minut latency a efektivitu alespoň 85 %, tak jsme na 520 minutách. Počet probuzení se lišil ve prospěch týdne s brýlemi a to o 1 nižší, s tím spojená délka probuzení byla také nižší v týdnu s brýlemi. Pohybový index vychází téměř o půl jednotky lépe pro týden s brýlemi.

## 4.2 Diskuze

Ve výzkumu, ve kterém figurovalo 9 probandů a 9 probandek byl zkoumán vliv modrého světla na spánkové charakteristiky, jakými byly: doba usnutí, celková doba spánku, efektivita spánku, celková doba v posteli, WASO, počet probuzení a pohybový index. Tyto proměnné ukázaly, že vzorek probandů a probandek až na tři výjimky nesplňuje základní spánková doporučení.

Efektivita spánku byla jedna ze stěžejních metrik.. Naměřené hodnoty byly 84,21 % u skupiny s brýlemi a 82,55 % u skupiny bez brýlí. V průměru spánkovému doporučení 85–89 % vyhovovali v obou týdnech jen 1 proband a 2 probandky. Spánkové normy jsou tedy 85–89 %, při

nižší i vyšší efektivitě je nutno hledat důvod, proč tomu tak je a vyhradit si na spánek větší časové okno (Hirshkowitz, 2015).

Další proměnnou byla hodnota probděního spánku od prvního usnutí (WASO). Zde byla získána hodnota o 4,58 minut nižší během týdnu s brýlemi, což dokazuje negativní dopad modrého světla na spánek. U hodnot WASO platí, že čím lépe, tím méně. Obecně je bráno, že pokud je výskyt hodnot WASO vyšší než 31 minut alespoň 3x za týden po dobu 6 měsíců, tak se jedná o nespavost.

Další hodnotou byla celková doba strávená ve spánku. Ve výzkumu vyšlo, že probandi a probandky nosící brýle proti modrému světlu mají o pět minut delší spánek než druhá skupina bez brýlí. Nicméně ve spánkových doporučeních je k dosažení normy potřeba alespoň 420 minut spánku, tj. 7 hodin. Probandi a probandky však v týdnu s brýlemi, kdy byly hodnoty lepší, naspali 415 minut spánku. Nedosažení doporučené spánkové hranice nemůžeme dávat za vinu ani ročnímu období, neboť měření bylo provedeno na konci února a začátku března, kdy se nejedná ani o temný a ani o světlý měsíc. Z dlouhodobého hlediska tento nedostatek spánku může zapříčinit vznik chorob. V kontextu s populací vyšla tato sledovaná skupina hůře, kdy pro srovnání ve společnosti se s nespavostí potýká 40 % lidí v USA a v této studii až 60 %. Nicméně studie trvala dva týdny a za tak krátkou dobu nelze usoudit, zda někdo trpí nespavostí, k té je totiž nutno pozorovat symptomy alespoň 6 měsíců. (Hirshkowitz, 2015).

Z hlediska doba potřebné k usnutí (latency) bylo zjištěno, že skupina, která nosí před spánkem brýle proti modrému světlu, usíná rychleji, než skupina bez brýlí. Konkrétně byly získány hodnoty 6,28 minut u skupiny s brýlemi a 9,17 minut u skupiny bez brýlí. Z hlediska doporučení by se měli jedinci držet v rozmezí 10–20 minut, což nespĺňuje ani jedna ze skupin. Nutno podotknout, že v případě nižší hodnoty 10 minut je potřeba vyhradit si na spánek větší časové okno. Samozřejmě i doba delší, než 20 minut může poukazovat na negativní faktor ve na zvyklosti spojené se spánkem. Nemožnost usnutí často bývá spojena s příjmem kofeinu v odpoledních hodinách, těžké cvičení v pozdních hodinách, což má za také za následek vyšší klidovou tepovou frekvenci anebo expozice modrým světlem, jak bylo provedeno v této studii (Thomas,2013).

Probouzení je během noci normální. Na konci každého spánkového cyklu se dostáváme do REM fáze, ze které je velmi snadné se probudit. Pokud má jedinec například velký hlad, tak právě v této fázi se probudí a jde si pro jídlo. Počet probuzení hraje v noci také roli. naměřené hodnoty byly 29,5 probuzení za noc v průměru. Získané výsledky můžeme porovnat se studií, ve které je

zkoumána nespavost u pacientů s chronickým typem nespavosti. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, chronická nespavost je stav, kdy na sobě jedinec pozoruje známky únavy, nevyspalosti. V jedné studii z roku 2012 bylo uvedeno, že při zkoumání osob s respiračními problémy bylo dosaženo nižší hodnoty počtu probuzení, než v této studii. Hlavními příčinami probuzení byly dýchací obtíže. Ačkoli to může být zavádějící, že osoby s dýchacími problémy mají nižší počet probuzení (v průměru o 4) za noc oproti zdravým probandům a probandkám z této studie. Svou roli však mohla hrát délka probuzení, kdy jsme se v této studii dostali na cca 150 vteřin a ve zmiňované studii byly probuzení delší cca o 60 vteřin. Příliš probuzení za noc může značit spoustu věcí. Může to být nevhodné prostředí, které by mělo být ideálně temné, vyvětrané a o teplotě do 19 °C, může to však také značit závažnější problémy, jako třeba různé respirační onemocnění. (Krakow,2012).

Výsledky, které tento výzkum přinesl, dokazují určitý vztah mezi modrým světlem a zhoršenou kvalitou spánku, poukazují také na fakt, že velká část populace trpí nedostatkem spánku..

### **4.3 Silné a slabé stránky výzkumu**

Silnou stránkou tohoto výzkumu byla prvotní pilotní studie, která položila základ pro další měření. Použití akcelerometrů, jako objektivní metody, bylo dobré z hlediska získání validních dat. Navíc bylo měření doplněno záznamových archem. Akcelerometry pro základní charakteristiky spánku, jako je latency, efektivita, celková doba spánku, splňují svůj účel. Pokud by ale studii měla být na vyšší úrovni a například vyhodnotit zastoupení jednotlivých spánkových fází, tak by musela být použita metoda polysomnografie. Akcelerometr je lehké zapomenout, málo utáhnout, apod. To stejné platí u brýlí. Je zde pravděpodobnost zapomenutí brýlí, jejich sejmutí a podobně. Další slabou stránkou výzkum byl malý rozsah výzkumného souboru. Oproti původní představě 280 nocí bylo díky vynechání prvních nocí z každého týdne a nocí z pátku na sobotu a ze soboty na neděli získáno o 80 nocí méně. O dalších 28 nocí méně díky nedodržení pokynů ze strany 1 probandky a 1 probanda. Výsledky tak nelze dostatečně generalizovat.

## 5 Závěry

Hlavním cílem předložené bakalářské práce bylo zjistit vliv expozice modrého světelného spektra před spánkem na spánkové charakteristiky u dospělých osob.

Práce obsahovala historii zkoumání spánku, významné osobnosti v kontextu se spánkem. Dále práce obsahovala popis spánku jako takového, kde byly konkrétně popsány spánkové fáze, spánková doporučení, spánkové poruchy a ve stručnosti řízení spánku. Po spánku práce obsahovala úvod do problematiky světelného záření, kde bylo popsáno viditelné světlo, tj. elektromagnetické vlnění o určité délce. V práci byly také popsány barevné modely, že existují aditivní a subtraktivní metody míchání barev a na závěr této kapitoly byl charakterizován barevný prostor. Další část byla zaměřena na světelné záření. Následoval popis používaných obrazovek, displejů a světelných zdrojů v dnešní době. Byly uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých obrazovek a zdrojů. Na závěr teoretické části byl uveden přehled aktuálních studií, které s tímto tématem souvisí.

Součástí práce byl také výzkum, kde za použití brýlí proti modrému světlu byl pozorován vliv a jeho případná škodlivost na spánkové charakteristiky. Výzkum probíhal v termínech 14. 11. – 31. 11. 2020, kdy probíhala pilotní studie a 26. 2. – 13. 3. 2021, kdy probíhal samotný výzkum, jehož součástí bylo 20 probandů. Výzkum byl rozdělen na dva týdny, kdy v prvním týdnu jedna skupina nosila brýle proti modrému světlu a druhá skupina byla bez brýlí. Po týdnu výzkumu se skupiny vyměnily a stejně jako první, tak proběhl i druhý týden výzkumu.

Získaná data byla následně statisticky zpracována. Během zpracování bylo rozhodnuto, že se použijí data, která jsou bez prvních dní a bez nocí z pátku na sobotu a bohužel díky chybovosti dat se musely 1 proband a 1 probandka vyškrtnout, tím pádem zůstalo 18 probandů. Ze získaných dat se podařilo prokázat, že modré světlo má negativní vliv na spánkové charakteristiky, konkrétně prodlužuje dobu potřebnou k usnutí (latency) o bezmála 3 minuty, zhoršuje efektivitu spánku o 1,70 %, zkracuje dobu spánku o 5 minut a zvyšuje počet probuzení v noci v průměru o 1 probuzení.

Jako praktické doporučení plynoucí z výsledků by bylo dobré omezit expozici modrému světlu alespoň 90 minut před ulehnutím do postele. Dalším kritickým doporučením je vyhradit si více času na spánek, neboť v průměru byla celková doba spánku pod doporučenou hranicí 7 hodin. K těmto doporučením je dobré dále využít brýle proti modrému světlu s blokací alespoň 90%. Druhou variantou je vyvarovat se používání elektroniky ve večerních hodinách a zařídit si interiérové osvětlení, které koresponduje se světelnou hygienou. Dalším doporučením je v případě noční

potřeby toalety znovu použít brýle proti modrému světlu v případě použití osvětlení, respektive zůstat ve tmě.

## 6 Referenční seznam

- ÅKERSTEDT, Torbjörn, Francesca GHILOTTI, Alessandra GROTTA, Andrea BELLAVIA, Ylva Trolle LAGERROS a Rino BELLOCCO, 2017. Sleep Duration, Mortality and the Influence of Age. *European Journal of Epidemiology*. 32(10), 881-891. ISSN 0393-2990. Dostupné z: doi:10.1007/s10654-017-0297-0
- ASA AUTHORS, 2016. *Hypersomnia: Symptoms, causes, definition and treatments* [online]. New Zealand [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.sleepassociation.org/sleep-disorders/more-sleep-disorders/hypersomnia/>
- BAI, Chen, Muqi GUO, Yao YAO, John S. JI, Danan GU a Yi ZENG, 2021. Sleep Duration, Vegetable Consumption and All-Cause Mortality Among Older Adults in China: A 6-Year Prospective Study. *BMC Geriatrics*. 21(1), 739-743. ISSN 1471-2318. Dostupné z: doi:10.1186/s12877-021-02278-8
- BEAVEN, C. Martyn, Johan EKSTRÖM a Denis BURDAKOV, 2013. A Comparison of Blue Light and Caffeine Effects on Cognitive Function and Alertness in Humans. *Plos One*. 8(10), 904-931. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0076707
- CADWALLEDER, Shaun, 2020. *Stages of sleep – An understanding of sleep cycles* [online]. West Midlands [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.myhomevitality.com/stages-of-sleep-an-understanding-of-sleep-cycles/>
- CDC, 2021. *UV Radiation* [online]. Atlanta [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/nceh/features/uv-radiation-safety/index.html>
- COREN, Stanley, 1998. *Sleep Deprivation, psychosis and mental efficiency* [online]. New Jersey [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.psychiatrytimes.com/view/sleep-deprivation-psychosis-and-mental-efficiency>
- DANG-VU, T. T., M. BONJEAN, M. SCHABUS, et al., 2011. Interplay Between Spontaneous and Induced Brain Activity During Human Non-Rapid Eye Movement Sleep. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108(37), 15438-15443. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.1112503108
- DRAKE, Christopher, Timothy ROEHRS, John SHAMBROOM a Thomas ROTH, 2013. Caffeine Effects on Sleep Taken 0, 3, or 6 Hours before Going to Bed. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 09(11), 1195-1200. ISSN 1550-9389. Dostupné z: doi:10.5664/jcsm.3170
- EKIRCH, A. Roger, 2001. Sleep We Have Lost: Pre-industrial Slumber in the British Isles. *The American Historical Review*. 30(21), 343–386. ISSN 1937-5239. Dostupné z: doi:10.1086/ahr/106.2.343
- EL-ESAWI, Mohamed A., 2018. Introductory Chapter: Circadian Rhythms and Their Molecular Mechanisms. *Circadian Rhythm - Cellular and Molecular Mechanisms*. 34(11), 345-358. ISBN 978-1-78923-338-4. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.78756

- ERIKSON, Erik H a Joan M ERIKSON, 1997. *The life cycle completed*. 3. vyd. New York: W.W. Norton. ISBN 039303934X
- EX-PRESS, 2021. *Barvy v tisku* [online]. Brno [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <http://www.ex-press.cz>
- FAKULTNÍ NEMOCNICE BRNO, 2021. *Spánek* [online]. Brno [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.fnbrno.cz/data/files/NK/2009/1-Fyziologie%20spánku.pdf>
- FARLEY, Jennifer, 2010. *A short guide to color models* [online]. Kilrush [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.sitepoint.com/a-short-guide-to-color-models>
- FUJITA, Shiro, William CONWAY, Frank ZORICK a Thomas ROTH, 1981. Surgical Correction of Anatomic Abnormalities in Obstructive Sleep Apnea Syndrome: Uvulopalatopharyngoplasty. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 89(6), 923-934. ISSN 0194-5998. Dostupné z: doi:10.1177/019459988108900609
- FULLER, Richard A, Katherine N IRVINE, Patrick DEVINE-WRIGHT, Philip H WARREN a Kevin J GASTON, 2007. Psychological Benefits of Greenspace Increase with Biodiversity. *Biology Letters*. 3(4), 390-394. ISSN 1744-9561. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2007.0149
- GRADISAR, Michael, Amy R. WOLFSON, Allison G. HARVEY, Lauren HALE, Russell ROSENBERG a Charles A. CZEISLER, 2013. The Sleep and Technology Use of Americans: Findings from the National Sleep Foundation's 2011 Sleep in America Poll. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 09(12), 1291-1299. ISSN 1550-9389. Dostupné z: doi:10.5664/jcsm.3272
- GUARANA, Cristiano L., Christopher M. BARNES a Wei Jee ONG, 2021. The Effects of Blue-Light Filtration on Sleep and Work Outcomes. *Journal of Applied Psychology*. 106(5), 784-796. ISSN 1939-1854. Dostupné z: doi:10.1037/apl0000806
- GUNDERMANN, Karl-Dietrich, 1999. *Luminescence* [online]. Clausthal [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/luminescence>
- HENDRICK, D J a D M MITCHELL, 1998. Introduction. *Thorax*. 53(2), 82-92. ISSN 0040-6376. Dostupné z: doi:10.1136/thx.53.2008.S2
- HIRSHKOWITZ, Max, Kaitlyn WHITON, Steven M. ALBERT, et al., 2015. National Sleep Foundation's Sleep Time Duration Recommendations: Methodology and Results Summary. *Sleep Health*. 1(1), 40-43. ISSN 23527218. Dostupné z: doi:10.1016/j.sleh.2014.12.010
- HUBLIN, Christer, Markku PARTINEN, Markku KOSKENVUO a Jaakko KAPRIO, 2007. Sleep and Mortality: A Population-Based 22-Year Follow-Up Study. *Sleep*. 30(10), 1245-1253. ISSN 1550-9109. Dostupné z: doi:10.1093/sleep/30.10.1245
- CHERRY, Kendra, 2021. *The 4 stages of sleep* [online]. New York: Verywell. ISBN: 1785216139
- KENNEDY, Erik, 2020. *The HSB color system: A practitioner's primer* [online]. Seattle [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://learnui.design/blog/the-hsb-color-system-practicioners-primer.html>



- KONDZIOLKA, Jan, 2011. *Volba světelného zdroje z pohledu jeho vlivu na světelné znečištění* [online]. Těrlicko [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/svetelne-znecisteni/volba-svetelneho-zdroje-z-pohledu-jeho-vlivu-na-svetelne-znecisten.html>
- KONEČNÝ, Martin, 2018. *Co je to luminiscence?* [online]. Praha [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: [https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/13-14-Konecny\\_M.pdf](https://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/13-14-Konecny_M.pdf)
- KRAKOW, Barry, Edward ROMERO, Victor A. ULIBARRI a Shara KIKTA, 2012. Prospective Assessment of Nocturnal Awakenings in a Case Series of Treatment-Seeking Chronic Insomnia Patients: A Pilot Study of Subjective and Objective Causes. *Sleep* 35(12). ISSN 0161-8105. Dostupné z: doi:10.5665/sleep.2244
- LANGMEIER, Josef a Dana KREJČÍŘOVÁ, 2006. *Vývojová psychologie*. 2. vyd. Praha: Grada. ISBN 80-247-1284-9.
- LÁNÍČEK, Petr, 2009. *Jak fungují monitory* [online]. Praha: Cnews [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/jak-funguji-monitory-crt-lcd-a-plazma/>
- LAVRAKAS, Paul, 2008. *Encyclopedia of survey research methods* [online]. Chicago [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: doi:10.4135/9781412963947
- LEDME, tým. *LED technologie - Základní informace* [online]. Opava [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: [https://ledme.cz/textove-novinky/4\\_led-technologie-led-osvetleni.html](https://ledme.cz/textove-novinky/4_led-technologie-led-osvetleni.html)
- LEPPÄLUOTO, Juhani, 2016. Association of Melatonin Secretion with Seasonal Luminosity in Human Subjects. *International Journal of Circumpolar Health*. 62(3), 223-227. ISSN 2242-3982. Dostupné z: doi:10.3402/ijch.v62i3.17559
- LEWY, A., T. WEHR, F. GOODWIN, D. NEWSOME a S. MARKEY, 1980. Light Suppresses Melatonin Secretion in Humans. *Science*. 210(4475), 1267-1269. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.7434030
- LINEBERGER, Margaret D., Colleen E. CARNEY, Jack EDINGER a Melanie K. MEANS, 2006. Defining Insomnia: Quantitative Criteria for Insomnia Severity and Frequency. *Sleep*. 4, 479–485. . Dostupné z: doi:10.1093/sleep/29.4.479
- MEMAR, Pejman a Farhad FARADJI, 2018. A Novel Multi-Class EEG-Based Sleep Stage Classification System. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 26(1), 84-95. ISSN 1534-4320. Dostupné z: doi:10.1109/TNSRE.2017.2776149
- MĚKOTA, Karel a Jiří NOVOSAD, 2005. *Motorické schopnosti*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0981-X.
- MINKEL, Jared D., Siobhan BANKS, O. HTAIK, Marisa C. MORETA, Christopher W. JONES, Eleanor L. MCGLINCHEY, Norah S. SIMPSON a David F. DINGES, 2012. Sleep Deprivation and Stressors: Evidence for Elevated Negative Affect in Response to Mild Stressors when Sleep Deprived. *Emotion*. 12(5), 1015-1020. ISSN 1931-1516. Dostupné z: doi:10.1037/a0026871
- MOORE-EDE, Martin, Anneke HEITMANN a Rainer GUTTKUHN, 2020. Circadian Potency Spectrum with Extended Exposure to Polychromatic White LED Light under Workplace

Conditions. *Journal of Biological Rhythms*. 35(4), 405-415. ISSN 0748-7304. Dostupné z: doi:10.1177/0748730420923164

NAVE, R., 2007. *CIE Color space* [online]. Innsbruck [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/cie.html>

NEWSOM, Rob, 2021. *How blue light affects sleep* [online]. Washington [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.sleepfoundation.org/bedroom-environment/blue-light>

NIH, 2019. *Brain Basics: Understanding sleep* [online]. Maryland [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Understanding-Sleep#3>

NIH, 2006. *Your guide to healthy sleep* [online]. Maryland [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/all-publications-and-resources/brief-your-guide-healthy-sleep>

PEDAMKAR, Priya, 2021. *RGB color model* [online]. Mumbai [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.educba.com/rgb-color-model/>

PORCU, S., M. CASAGRANDE, M. FERRARA a A. BELLATRECCIA, 2009. Sleep and Alertness During Alternating Monophasic and Polyphasic Rest-Activity Cycles. *International Journal of Neuroscience*. 95(1-2), 43-50. ISSN 0020-7454. Dostupné z: doi:10.3109/00207459809000648

RADIOBIOLOGIE, 2020. *Neionizující záření* [online]. Brno [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/12.html>

REID, Kathryn a Phyllis ZEE, 2009. Circadian Rhythm Disorders. *Seminars in Neurology*. 29(04), 393-405. ISSN 0271-8235. Dostupné z: doi:10.1055/s-0029-1237120

REED, David L. a William P. SACCO, 2016. Measuring Sleep Efficiency: What Should the Denominator Be? *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 12(02), 263-266. ISSN 1550-9389. Dostupné z: doi:10.5664/jcsm.5498

REISINGER, Lukáš, 2020. *Cirkadiánní rytmus* [online]. Praha [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <http://lreisinger.cz/2020/11/26/cirkadialni-rytmus/>

SAGHIR, Zahid, Javeria N SYEDA, Adnan S MUHAMMAD a Tareg H BALLA ABDALLA. The Amygdala, Sleep Debt, Sleep Deprivation, and the Emotion of Anger: A Possible Connection? *Cureus*. 10(7), 657-671. ISSN 2168-8184. Dostupné z: doi:10.7759/cureus.2912

SATEIA, Michael J, 2014. International Classification of Sleep Disorders-Third Edition. *Chest*. 146(5), 1387-1394. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1378/chest.14-0970

SHECHTER, Ari, Elijah Wookhyun KIM, Marie-Pierre ST-ONGE a Andrew J. WESTWOOD, 2018. Blocking Nocturnal Blue Light for Insomnia: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Psychiatric Research*. 96, 196-202. ISSN 00223956. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpsychires.2017.10.015

- SHORT, Michelle A. a Mia LOUCA, 2015. Sleep Deprivation Leads to Mood Deficits in Healthy Adolescents. *Sleep Medicine*. 16(8), 987-993. ISSN 13899457. Dostupné z: doi:10.1016/j.sleep.2015.03.007
- SCHWARTZ, Bryan G., Guy S. MAYEDA, Steven BURSTEIN, Christina ECONOMIDES a Robert A. KLONER, 2015. When and Why Do Heart Attacks Occur? Cardiovascular Triggers and Their Potential Role. *Hospital Practice*. 38(3), 144-152. ISSN 2154-8331. Dostupné z: doi:10.3810/hp.2010.06.308
- SUNI, Eric, 2021. *Sleep apnea* [online]. New York [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.sleepassociation.org/sleep-apnea/>
- SUNI, Eric, 2020. *What you should know about sleep paralysis* [online]. New York [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.sleepfoundation.org/parasomnias/sleep-paralysis>
- SUNI, Eric, 2021. *How much sleep do we really need?* [online]. New York [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.sleepfoundation.org/how-sleep-works/how-much-sleep-do-we-really-need>
- SNIJDERS, Tim, Jorn TROMMELEN, Imre W. K. KOUW, Andrew M. HOLWERDA, Lex B. VERDIJK a Luc J. C. VAN LOON, 2019. The Impact of Pre-sleep Protein Ingestion on the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise in Humans: An Update. *Frontiers in Nutrition*. 6, 199-212. ISSN 2296-861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2019.00017
- ŠKOPEK, Pavel. *Techbox: technologie displejů: Je lepší TFT nebo AMOLED?* [online]. Přeštice [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/techbox-technologie-displeju---je-lepsi-tft-nebo-amoled-11330>
- TATE, Karl. *How much sleep you need as you age* [online]. Louisiana [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.livescience.com/54249-how-much-sleep-you-need-as-you-age-infographic.html>
- TÄHKÄMÖ, Leena, Timo PARTONEN a Anu-Katriina PESONEN, 2019. Systematic Review of Light Exposure Impact on Human Circadian Rhythm. *Chronobiology International*. 36(2), 151-170. ISSN 0742-0528. Dostupné z: doi:10.1080/07420528.2018.1527773
- THIRUVELAN, Paul, 2010. *Brain activity* [online]. Oslo [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <http://healthy-ojas.com/sleep/sleep-stages.html>
- THOMAS, D. a W.M. ANDERSON, 2013. Multiple sleep latency test (MSLT). *Encyclopedia of Sleep*. 9(11), 96-99. ISBN 9780123786111. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-378610-4.00146-7
- TOSINI, Gianluca, 2016. *Effects of blue light on the circadian system and eye physiology* [online]. Atlanta [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/303682799\\_Effects\\_of\\_blue\\_light\\_on\\_the\\_circadian\\_system\\_and\\_eye\\_physiology/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/303682799_Effects_of_blue_light_on_the_circadian_system_and_eye_physiology/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)
- VARGAS, Lara, 2020. *The full history of human sleep and sleep patterns* [online]. Santa María [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://savvysleeper.org/history-of-sleep/>
- WALKER, Matthew P., 2018. *Proč spíme: odhalte sílu spánku a snění*. 2. vyd. Brno: Jan Melvil Publishing. ISBN 978-80-7555-050-7.

WATSON, Nathaniel F., M. Safwan BADR a Gregory BELENKY, 2015. Recommended amount of sleep for a healthy adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *SLEEP*. 20(1), 173-178. ISSN 0161-8105. Dostupné z: doi:10.5665/sleep.4716

APPLE, 2021. *Používání Night Shiftu na iPhonu, iPadu a iPodu touch* [online]. [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT207570>

ACTIGRAPH, 2021. *ActiGraph GT9X Link* [online]. [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: <https://actigraphcorp.com/actigraph-link/> [online]. [cit. 2021-7-12].

ZHANG, X., 2014. *Short sleep duration among US adults* [online]. Shanghai [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: [https://www.cdc.gov/sleep/data\\_statistics.html](https://www.cdc.gov/sleep/data_statistics.html)

ŽÁK, Petr, 2015. *Barva světla ve veřejném osvětlení – Část 1 Současný stav a terénní výzkumy* [online]. Praha [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/barva-svetla-ve-verejnem-osvetleni-cast-1-soucasny-stav-a-terenni-vyzkumy--1174>