

DUŠEVNÉ ZDRAVIE V ŠKOLSKOM PROSTREDÍ V KONTEXTE SVETLA MENTAL HEALTH IN THE SCHOOL ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF LIGHT

Martin Nosko

Fakulta psychológie, Paneurópska vysoká škola, SR

lightvitae@gmail.com

Abstrakt

Príspevok pojednáva o pôsobení svetla na duševné zdravie v školskom prostredí s dôrazom na kognitívne schopnosti žiakov. V úvode prinášame európske štatistiky v danej oblasti s upozornením na organizáciu školského prostredia a využitím svetla ako jeho neoddeliteľnej zložky. V jadre príspevku je detailnejší pohľad na primárny zdroj svetla – Slnko a umelé zdroje vytvorené človekom s ich parametrami. V tomto kontexte pojednáva článok o tom, ako tieto parametre pôsobia na úrovni oka, mozgu a neurotransmiterov. Príspevok tiež prináša výsledky zahraničných výskumov v danej oblasti, ako aj prvé výsledky výskumu autora, ktorý aktuálne prebieha. Doterajšie výskumné zistenia preukazujú štatisticky významný vzťah v kontexte svetlo – človek a jeho duševné a telesné zdravie. Tieto fakty potvrdzujú, že je potrebné venovať väčšiu pozornosť kvalite osvetlenia v triedach, ak chceme, aby budúce generácie mali možnosť tráviť čas v plnohodnotnom školskom prostredí, a aby im bol zabezpečený komplexný výchovno-vzdelávací proces.

Kľúčové slová: školské prostredie, vplyv svetla, duševné a fyzické zdravie, kognitívne schopnosti

Abstract

The contribution discusses the effect of light on mental health in the school environment with an emphasis on the cognitive abilities of students. In the beginning, we present European statistics in the given area with attention to the organization of the school environment and the use of light as its inseparable component. The core of the post is a more detailed look at the primary source of light – the Sun and man-made artificial sources with their parameters. In this context, the article discusses how these parameters act at the level of the eye, brain and neurotransmitters. The contribution also brings the results of international research in the given area, as well as the first results of the author's research, which is currently underway. Research findings so far demonstrate a statistically significant relationship in the context of light, a person and their mental and physical health, and confirm that it is also necessary to pay more attention to the quality of lighting in classrooms, if we want future generations to have the opportunity to spend quality time in a full-fledged school environment, and that they are provided with a comprehensive educational process.

Key words: school environmnet, impact of light, cognitive abilities, mental and physical health

Úvod

Hodnotiť duševné a fyzické zdravie žiakov a učiteľov v škole je na základe našich poznatkov možné až potom, ako si uvedomíme vplyv všetkých zložiek a faktorov, ktoré sa v školskom prostredí nachádzajú. V psychológii sa zameriavame na úroveň psychického zdravia žiakov a zamestnancov školy, na jeho kognitívne, emocionálne aj sociálne parametre.

Je všeobecne známe, že deti trávajú viac času v škole než kdekoľvek inde, dokonca viac času ako v domácom prostredí. Žiaci navštevujú školu približne 200 dní v roku a 70% z tohto času strávia v triedach. V Európe je viac ako 64 miliónov žiakov a takmer 4,5 milióna učiteľov, ktorí trávajú veľa hodín denne v materských, základných a stredných školách (Baloch et al., 2021). Ak si rozoberieme na drobné slovné spojenie „veľa hodín“, tak sa žiaci a učitelia nachádzajú v triedach počas jedného školského roku približne 1120 hodín, tj. 67 200 minút. V skutočnosti tak učitelia a hlavne deti strávia v školských priestoroch od nástupu do materskej školy až po ukončenie strednej školy takmer 16 rokov života a teda približne 17 920 hodín resp. 1 075 200 minút. Preto je pochopenie o vybavenosti školského prostredia a špeciálne toho v triedach veľmi dôležité, ak chceme zabezpečiť zdravie a úspech budúcich generácií. Je všeobecne známe, že vnútorné prostredie v triede má vplyv na výkon a sociálne vzťahy žiakov. Do vnútorného prostredia spadá vybavenosť triedy učebnými pomôckami, ale aj jej veľkosť, dostatok kyslíka a kvalitného osvetlenia. Osvetleniu sa z tohto pohľadu venuje najmenšia pozornosť, a práve tento príspevok má zámer poukázať na význam svetla a osvetlenia pre všetkých ľudí, ktorí sa v škole nachádzajú, predovšetkým upozorniť na jeho vplyv, na duševné a fyzické zdravie a výkonnosť žiakov.

ZDROJE SVETLA A ICH PARAMETRE

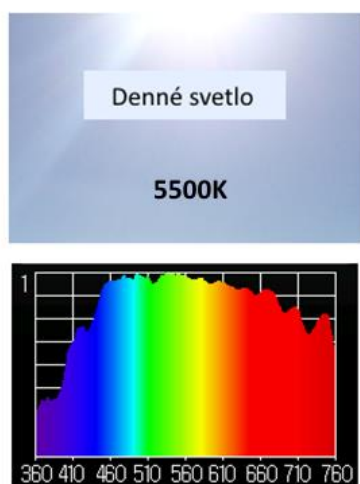
Slnko ako primárny zdroj svetla

Na to, aby mohol existovať život tak, ako ho poznáme, je potrebných niekoľko zložiek. Patria sem – voda, vzduch a Slnko resp. svetlo. Svetlo preto považujeme za biologicky aktívne a ovplyvňujúce všetko živé na zemskom povrchu, vrátane nás ľudí. Slnko ako jeho hlavný zdroj obsahuje viacero fyzikálnych jednotiek. Tvorí ich vlnové dĺžky merané

v nanometroch (ďalej iba nm), ktoré sú v laickej verejnosti vnímané ako farby (dúha), jednotka Kelvin (K) je označovaná pre teplotu týchto farieb a jednotka Lux (lx) odráža silu osvetlenia. Tieto tri veličiny sú pre nás dostačujúce, aby sme mohli pochopiť rozdiel medzi vonkajším a vnútorným prostredím (Solt et al., 2017). Rovnako pracujú pri vývoji umelého svetla aj spoločnosti vyrábajúce osvetlenie.

Je potrebné si uvedomiť, že primárnym zdrojom svetla bolo po celú dobu ľudskej evolúcie Slnko. Na základe rotácie zeme okolo neho sa vyvinuli denné a nočné živočíšne druhy. Človek ako denný živočíšny druh bol a vždy bude svetlom priťahovaný – bez neho nikdy nebude schopný podať maximálny možný výkon a využiť potenciál, ktorý nám naše telo ponúka.

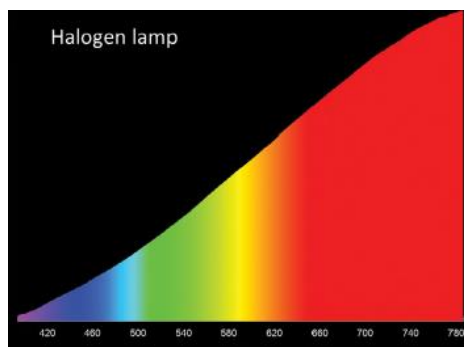
Denné svetlo pri jasnej oblohe obsahuje všetky vlnové dĺžky, teda je plnospektrálne (obr. č. 1.), jeho teplota farieb je okolo 5500 kelvinov (obr. č. 1) a sila žiarenia závisí od ročného obdobia, ale vo svetlej časti roka (jar-leto) má približne 100 000 luxov (Aarts et al., 2017).



Obrázok 1: Spektrálne zloženie farieb denného svetla merané v nm
zdroj: vlastná tvorba

Nástup modernej spoločnosti – prvý zdroj umelého svetla

Prvým veľkým prelomom v histórii ľudstva bol vynález Edisonovej žiarovky a nástup industriálnej etapy. Vďaka tomuto objavu sa človek mohol presunúť do interiérov budov. Jej farebné spektrum je porovnateľné s novším zdrojom halogénovej žiarovky (obr. č. 2) (Aarts et al., 2017).

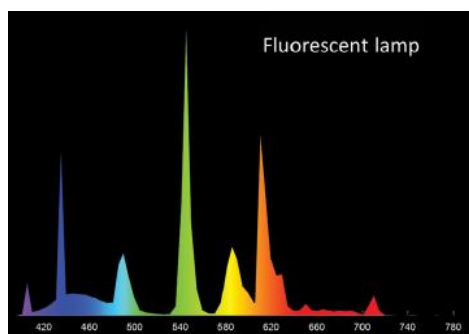


Obrázok 2: Halogénová žiarovka

Zdroj: upravené autorom podľa Aarts et al. (2017).

Fluorescenčné osvetlenie – technológia 20. storočia

Po druhej svetovej vojne sa začína používať fluorescenčné tzv. žiarivkové osvetlenie, ktoré sa používa vo väčšine interiérov, teda aj slovenských škôl, ešte aj dnes. Jeho farebné zloženie je oproti tomu slnečnému ochudobnené (obr. č. 4.), jeho teplota je 3000-4000 kelvinov a jeho sila je okolo 500 luxov (Aarts et al., 2017).



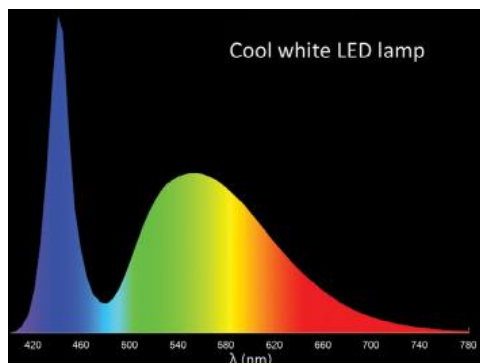
Obrázok 3: Fluorescenčná lampa

Zdroj: upravené autorom podľa Aarts et al. (2017).

LED technológia – 21. storočie

S príchodom 21. storočia začína aj nástup toho najlepšieho v oblasti svetelnej technológie, čo sme ako ľudstvo doteraz vytvorili – LED technológia. Je to energeticky najšetrnejší zdroj svetla a je možné v ňom kombinovať fyzikálne jednotky Slnka v náš prospech. Svetelný priemysel nemá za potrebu sa venovať tejto otázke, a tak sa vyrába jednodruhovú „kancelárske“ LED biele osvetlenie (obr. č. 5). Jeho farebné zloženie je lepšie ako žiarivkové (fluorescenčné), ktoré ho začína pomaly nahrádzať, ale stále má určité prepady, pre človeka v tak dôležitých farbách. Chýba azúrová modrá, rovnaká farba ako ju vnímame na oblohe, väčšia časť červenej a blízka infračervená sa v nich nenachádza vôbec. Teplota farieb je 6500

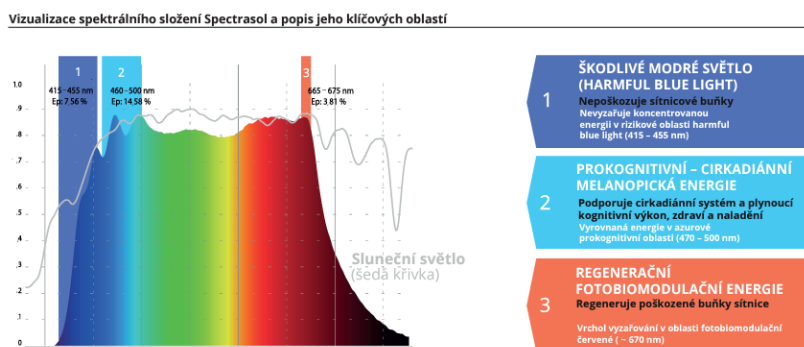
kelvina (Morrow et al, 2018) a sila osvetlenia sa pohybuje okolo 500 luxov na pracovnom stole (Aarts et al., 2017).



Obrázok 4: Studená biela LED lampa
Zdroj: upravené autorom podľa Aarts et al. (2017).

Bio-optimalizované pro-kognitívne osvetlenie

Bio-optimalizované pro-kognitívne osvetlenie je takmer dokonalou náhradou slnečného žiarenia. Jeho tvorcami sú svetelní technici z Českej republiky. Práve na viacerých českých školách sa už zrealizoval longitudiálny výskum o vplyve tohto druhu osvetlenia na kognitívne procesy žiakov. Vplyv svetla sa skutočne preukázal ako štatisticky významný, a to najmä v koncentrácii pozornosti žiakov, v ich rozsahu pamäti a rýchlosti ich reakcií, dokonca sa zvýšila aj subjektívne prežívaná spokojnosť žiakov v škole a zlepšili sa ich príchody do školy. Toto osvetlenie je farebne plnospektrálne (obr. č. 6), podobne ako slnečné, teplota farieb je 4800 kelvinov a sila osvetlenia je okolo 1000 luxov.



Obrázok 5: Vizualizácia spektrálneho zloženia Spectrasol a popis jeho kľúčových oblastí

Zdroj: www.spectrasol.cz

Ako sa na svetelné prostredie na školách pozerá legislatíva

Školské triedy, kabinety, zborovne a pod. sa zaraďujú medzi pracovné priestory. Požiadavky na osvetlenie v školách sú dané vyhláškou Ministerstva zdravotníctva SR č. 541/2007 Z. z. o podrobnostiach a požiadavkách na osvetlenie pri práci. Vyhláška je vykonávacím predpisom k zákonu č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia.

Gašparovský (2009) uvádza, že tak ako sa z hygienického hľadiska nesmú prevádzkovať niektoré jedálenské alebo reštauračné zariadenia, aj nevyhovujúce osvetlenie je dostatočným dôvodom na zastavenie prevádzky. Už v tomto období považoval osvetlenie na školách za problém, ktorého dopady sú iba otázkou času.

Slovenské technické normy sa venujú hlavne sile osvetlenia (jednotka lux). Tým, že táto vyhláška sa schválila v roku 2007, bola medzičasom zrušená a momentálne sa čaká na prevzatie tej európskej do sústavy slovenských technických noriem (Slovenská akadémia vied, 2019).

ORGÁNY ZÁVISLÉ OD SVETLA – CIRKADIÁNNY RYTMUS

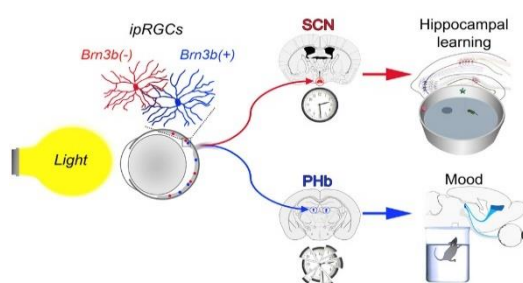
Oko náš hlavný zmyslový orgán a priame spojenie s mozgom

Počas života spracujeme najviac vonkajších podnetov a informácií prostredníctvom oka. Oko sa tak stáva nie iba vstupnou bránou do duše, ale zároveň je aj vstupnou bránou so svetom okolo nás. Na jeho zadnej časti sa nachádza sieťnica, ktorú tvoria milióny receptorov pre denné a nočné videnie. Denné spracujú energiu prichádzajúcu vo forme svetla, či už s prirodzených alebo umelých zdrojov. Tieto receptory sa delia na tri druhy: červené, zelené a modré tzv. RGB. Dlhšie sa myslelo, že máme v oku iba tieto receptory, no zistenie a popísanie ich priamej funkcie, doplnilo túto teóriu o novoobjavené receptory v oku – ipRGCs tzv. vnútorné fotosenzitívne gangliové bunky (Hattar et al. 2002). Tento komplex receptorov nedokáže rozlíšiť, o aký zdroj svetla ide, ich úlohou je spracovať svetelnú informáciu a poslať ju ďalej do mozgu. Deje sa tak prostredníctvom očných nervov a v mieste, kde sa križujú sa nachádzajú naše vnútorné biologické hodiny. Ide o párovú štruktúru – suprachiazmatické jadrá (SCN). Tieto hodiny následne regulujú vyplavovanie hormónov, mieru energie a nálady. Je to hlavný dirigent nášho cirkadiálneho systému, ktorý zároveň tak určuje, či má naše telo pracovať v dennom alebo nočnom režime. Sú súčasťou hypotalamu a preto sú priamo prepojené s hypofýzou a epifýzou alebo inak povedané, určujú kedy sa bude vyplavovať kortizol a melatonín (Fernandez et al., 2018; Münch et al, 2017). Melatonín je

naším najsilnejším antioxidantom a pre opravu počas spánku ho potrebuje každý orgán (Ferlazzo et al., 2020). Tým, že je to nočný hormón, súvisí s ním aj kvalita spánku a jeho architektúra. Bez jeho dostatočného množstva nebude správne prebiehať štruktúra spánku a teda neprebehne ideálne dlhá fáza hlbokého spánku, po ktorej nasleduje REM fáza. Tá slúži okrem iného aj pre emocionálnu rovnováhu (Walker, 2019). Melatonín sa tvorí zo serotonínu, a ten zo svetla.

Oko a serotonín

Serotonín, tento pre nás dôležitý neurotransmitter, sa začína tvoriť už v oku, odkiaľ má následne priamy vplyv na mozgové centra. Jeho množstvo tak súvisí s emóciami a motivačným aspektom ľudského správania, dokonca zahrňujúce úzkosť, depresiu, impulzivitu, atď. Narastajúce množstvo dôkazov upozorňuje na to, že serotonín hrá dôležitú úlohu pre učenie a pamäť (Fernandez et al., 2018; Meneses a Liy, 2012; Münch et al, 2017).



Obrázok 6: Svetlo ovplyvňuje náladu a učenie prostredníctvom odlišných dráh sietnica-mozog
Zdroj: upravené autorom podľa Fernandez et al. (2018).

Svetlo má tak priamy vplyv na aktivitu nervových okruhov a na funkciu neurotransmitterov. Serotonín vykazuje denné aj sezónne variácie. Jeho nedostatok môžeme pociťovať hlavne počas zimných mesiacov, pretože je stimulovaný slnečným žiarením (Münch et al., 2017). V takom prípade nastáva väčšia miera depresie, ktorá v niektorých prípadoch prechádza až do chorobných stavov. V prípade choroby ide o sezónnu afektívnu poruchu - SAD, jej oficiálna liečba sa vykonáva prostredníctvom svetelnej terapie a tá má 70-

90% úspešnosť (Praško et al., 2008). Zároveň je to aj prosociálny neurotransmitter a robí nás tak ešte viac spoločenskými bytosťami.

VÝSKUMNÉ ZISTENIA

V prvej časti príspevku sme venovali pozornosť preukázateľnému vplyvu Slnka resp. svetla na náš organizmus a orgány, prostredníctvom ktorých sa to uskutočňuje. V druhej časti príspevku prinášame výsledky výskumov, ktoré sa v tejto oblasti zrealizovali, s dôrazom na učebný výkon žiakov v školách.

Celoeurópsky výskum o vplyve svetelných podmienok na učebný výkon žiakov

Za najrozsiahlejší výskum vplyvu svetla na učebný výkon žiakov možno považovať demografický výskum naprieč Európou (Baloch et al., 2020). Zúčastnilo sa ho 2837 žiakov na 54 základných školách, v 148 triedach a v 13 krajinách Európy. Priemerný vek detí bol od 8 do 12 rokov. Cieľom výskumu bolo zistiť, či existujú výkonnostné rozdiely závislé od geografickej polohy krajiny. Z toho vyplývajúce svetelné podmienky rozdielne v južnej a severnej časti Európy. Do úvahy sa bralo školské prostredie a jeho parametre ako: výška stropu, veľkosť triedy, veľkosť a poloha okien voči svetovým stranám a aj následný výhľad z okien do prírody alebo zastavenej časti mesta. Rovnako sa brali do úvahy svetelné podmienky v danej triede a aj to, či do triedy prenikalo priame slnečné svetlo alebo bola závislá na umelom svetle, prípadne aj kombinácia oboch aspektov. Autori štúdie prihliadali aj na fakt, v ktorej časti roka bol vykonaný test, a to, či sa v danej lokalite vyskytuje slnečné svetlo prevažnú časť dňa alebo naopak. Na základe týchto parametrov autori zhodnotili, že celkový svetelný stav v triedach považujú za prínos prirodzeného aj umelého svetla. Test pozostával z úloh zameraných na kognitívne schopnosti žiakov, ako je logika a pamäť. Vo všetkých premenných za zistili určité rozdiely v skóre a najmenší bol zaznamenaný v oblasti vonkajšieho prostredia – mestské vs. zeleň. Najväčší rozdiel v skóre súvisel s veľkosťou okien. Žiaci v triedach s menšími oknami dosiahli horší výsledok ako tí, ktorí mali v triedach okná veľké. Veľkosť okien sa tak preukázala ako najsilnejší indikátor na výkon žiakov s koeficientom 10.673 ($P=0,001$). O niečo lepšie výsledky sa dostavili u žiakov, ktorých triedy mali orientované okná smerom na juh, čo iba potvrdzuje fakt o dôležitosti slnečného svetla na biológiu nášho tela. Určitý rozdiel bol zaznamenaný aj z pohľadu sezóny, kedy boli lepšie výsledky dosiahnuté v jesenných ako zimných mesiacoch. Zhrnutie a záver od autorov tohto

celoeurópskeho výskumu podporujú hypotézu, že svetlo je dôležitým ukazovateľom pre schopnosť učenia sa a následného výkonu.

Porovnanie účinku farebnej teploty LED technológie a fluorescenčnej na výkon a náladu žiakov

V ďalšom zahraničnom výskume (Morrow et al., 2018) sledovali a porovnávali vplyv starej fluorescenčnej (žiarivky) a novej LED technológie na vybrané dimenzie procesu učenia a správania sa študentov. Zamerali sa hlavne na teplotu farieb. Vychádzali z predpokladu, že vyššia teplota farieb osvetlenia bude mať pozitívny vplyv na učenie a správanie študentov. Dáta zbierali prostredníctvom dotazníka, na ktorom participovali učitelia. Odpovedalo v ňom 75 učiteľov a riaditeľov z troch stredných škôl. Autori sa vo výskume zamerali na týchto 5 behaviorálnych kategórií, a to:

- 1) vzdelanie – zlepšenie v učení vychádzajú z učebných osnov
- 2) angažovanosť – zvýšenie úrovne pozornosti, zníženie úrovne rušivého správania
- 3) vzťahy – zvyšovanie vzájomnej sebaúcty učiteľ- žiak, zvyšovanie školského povedomia, zlepšenie nálady a motivácie
- 4) dochádzka – menej prípadov neskorých príchodov a absencií v škole
- 5) zdravie a kvalita života – vplyv na fyzickej úrovni tela

Na základe odpovedí učiteľov možno konštatovať, že svetlo a farebná teplota svetla má výrazný vplyv na učebný výkon a správanie žiakov. Autori na základe výsledkov svojho výskumu konštatujú, že osvetlenie v triedach zohráva dôležitú rolu pri správaní sa žiakov, v ich postojoch a angažovanosti a sú rovnako významné ako pre zabezpečenie akademického úspechu žiakov, tak aj ich fyzickej, kognitívnej a emocionálnej pohody.

Ďalší výskum so skúmaním vplyvu svetla na zdravie jedincov uskutočnili odborníci z oblasti biologickej psychológie (Lasakujte a Cajochen, 2018). Ich hypotéza o vplyve svetla na vybrané parametre zdravia sa potvrdila a dospeli k podobným výsledkom, ako predchádzajúce výskumy. Výskum bol zaujímavý aj tým, že do neho zaradili aj premennú teplota svetla a jej vplyv na srdcovú frekvenciu. Potvrdila sa predchádzajúca hypotéza, že srdcová odpoveď súvisiaca s námahou, klesala so zvyšujúcou sa farebnou teplotou svetla.

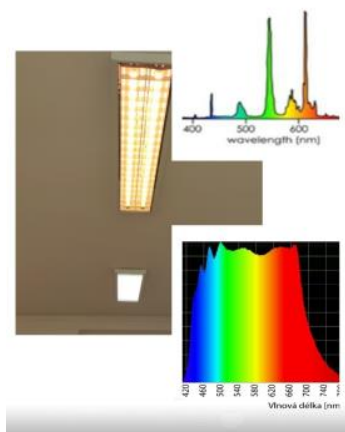
Tieto výsledky výskumov ukazujú, že spektrálne vlastnosti svetla môžu ovplyvniť mobilizáciu mentálneho úsilia jedincov, ale zároveň aj zvyšovať ich frekvenciu srdca. Teda

čím je nižšia teplota farieb (jednotka kelvin), tým je väčšia fyzická námaha človeka, ale nie iba na úrovni mozgu a očí. Staré fluorescenčné osvetlenie vyžaruje od 3000 K do 4000 K a nové LED biele osvetlenie 4500 K až 6500 K. Výsledky tejto štúdie tak podčiarkujú slová doc. Ing. Gašparovského o časovanej hrozbe v osvetlení školského prostredia na duševné a fyzické zdravie žiakov a pracovníkov škôl.

České bio-optimalizované pro-kognitívne svetlo a ich výskum

V pražskom gymnáziu nainštalovali odborníci plnospektrálne umelé osvetlenie, ktoré malo simulovať slnečné svetlo. Cieľom výskumníkov a vedcov bolo zistiť, či môže mať takéto svetlo vplyv na študijné výsledky a výkon žiakov v štúdiu. Vytvorili sa dve pracovné skupiny žiakov – v jednej sledovanej skupine pracovali žiaci (N-50) pod starým typom osvetlenia a v druhej, experimentálnej skupine (N-50) pracovali žiaci pod tzv. pro-kognitívnym osvetlením. Učebné výsledky vo výraznej miere preukázali zvýšený výkon v testoch koncentrácie u tých žiakov, ktorí mali možnosť pracovať v triedach so svetlom imitujúcim slnečné svetlo. Tento efekt sa pripisuje hlavne azúrovo-modrej farbe, ktorú bežné typy osvetlenia neobsahujú. Táto farba stimuluje receptory v oku – ipRGCs (vnútorné fotosenzitívne gangliové bunky). Svetlomodrá farba (rovnaká, aká je farba oblohy) zvyšuje motiváciu osoby, ktorá je tejto farbe vystavená. Závěry štúdie podčiarkujú, že žiaci, ktorí pracovali pod plnospektrálnym svetlom (kvalitatívne podobnom ako skutočné denné svetlo) dosiahli oveľa lepšie výsledky v pamäťových testoch ako aj v testoch, ktoré sú zamerané na koncentráciu pozornosti. Vo výskume sa štatisticky vyhodnocoval kognitívny výkon žiakov, chronobiologické faktory, ako aj neskoré príchody žiakov do školy a ich subjektívne hodnotenie vnútorného prostredia. Opäť sa ukázalo, že práve svetelné prostredie je regulátorom našich vnútorných biologických hodín (SCN), od ktorých sa následne odvíja kvalita spánku. V pamäťových testoch urobili žiaci v triedach s pro-kognitívnym svetlom menej chýb ($p < 0,05$) a ich krátkodobá pamäť bola významne lepšia ($p < 0,02$) ako u žiakov v kontrolnej skupine. V teste zameranom na schopnosť sústredenia vychádza medián percenta chýb vyšší u kontrolnej skupiny. Z experimentu vyplýva dôležitý poznatok, že učebné výsledky a výkony žiakov sú štatisticky významne vyššie v triedach s plnospektrálnym osvetlením (Maierová, 2020). Z týchto výsledkov sa dá tak jednoznačne poukázať na to, že plnospektrálne pro-kognitívne svetlo plnohodnotne nahrádza prirodzené slnečné svetlo, najmä v období, kedy ho je výrazný nedostatok.

Na základe horeuvedených faktov o vplyve svetla na ľudský organizmus, sme sa rozhodli tu na Slovensku zrealizovať obdobný výskum ako v Českej republike. Cieľom nášho výskumu je sledovať, do akej miery dlhodobé (longitudinálne) pôsobenie osvetlenia simulujúce slnečné svetlo a trvalo nainštalované v školských triede ovplyvňuje vybrané dimenzie kognitívneho a sociálneho vývinu žiakov základných škôl. Zamerali sme sa na skúmanie úrovne kognitívneho vývinu a kognitívnych procesov žiakov, najmä ich koncentráciu pozornosti, logické myslenie a riešenie problémov (Test kognitívneho vývinu CHIPS), rýchlosť pracovného, osobného tempa (Disjunkčný reakčný čas DRČ), logické matematické operácie (Orientačný test rozumových schopností OTRS) a súdržnosť triedy a spokojnosť v triede (Naša trieda MCI). Výsledky pre-testu vykonaného v decembri 2022 ukázali, že lepšie výsledky vo všetkých použitých výskumných metódach dosiahli žiaci v triedach, kde bolo dlhodobo nainštalované plnospektrálne pro-kognitívne osvetlenie. Najvýznamnejší rozdiel sa preukázal v teste zameranom na reakčný čas. Tento test dokončilo v stanovenom čase v kontrolnej skupine len necelých 30% žiakov, kým v experimentálnej skupine to bolo až 83% žiakov. Výskumné zistenia naznačujú, že pro-kognitívne osvetlenie dlhodobo pôsobiace na žiakov v triedach zvýši nielen úroveň kognitívnych procesov a výkony žiakov, ale možno sa domnievať, že bude mať pozitívny efekt aj na ostatné sledované premenné.



Obrázok 7: Bio-optimalizované pro-kognitívne vs. Fluorescenčné osvetlenie
Zdroj: vlastná tvorba

ZÁVER

Ak si uvedomíme, koľko času strávia žiaci v školskom prostredí, stáva sa pre nás význam svetla a osvetlenia, ako jeden z parametrov školského prostredia, mimoriadne dôležitým. A na to, aby sme mohli lepšie uchopiť jeho celkový význam, je potrebné vrátiť sa až k samotnému

zrodu vesmíru a života na našej planéte, a významu Slnka pre náš ľudský život, pre naše prežívanie, správanie a fungovanie v osobnom, rodinnom aj pracovnom živote.

Zdroje:

Aarts, M. P. J., Brown, S. A., Bueno, B., Gjedde, A., Mershc, D., Münch, M., Scartezzini, J. L., Volf, C., Wienold, J., Wirz-Justice, A., Bodart, M., & Kaempf, J. (2017). Reinventing daylight. In S. Sanders & J. Oberst (Eds.), *Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture* (1st ed., pp. 33-37). The American Association for the Advancement of Science. <https://www.science.org/content/resource/changing-perspectives-daylight-science-technology-and-culture>

Baloch, M. R., Maesano, N. C., Christoffersen, J., Mandin, C., Csobod, E., de Oliveira Fernandes, E., Annesi-Maesano, I., & SINPHONIE Consortium (2021). Daylight and School Performance in European Schoolchildren. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 258-270. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010258>

Ferlazzo, N., Andolina, G., Cannata, A., Costanzo, G. M., Rizzo, V., Currò, M., Ientile, R., & Caccamo, D. (2020). Is Melatonin the Cornucopia of the 21st Century? *Antioxidants*, 9(11), 1088. <https://doi.org/10.3390/antiox9111088>

Fernandez, D. C., Fogerson, P. M., Ospri, L. L., Thomsen, M. B., Layne, R. M., Severin, D., Zhan, J., Singer, J. H., Kirkwood, A., Zhao, H., Berson, D. M., & Hattar, S. (2018). Light Affects Mood and Learning through Distinct Retina-Brain Pathways. *Cell*, 175(1), 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.08.004>

Found My Fitness. (2019, February 28). *Dr. Matthew Walker on Sleep for Enhancing Learning, Creativity, Immunity, and Glymphatic System* [Video file]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=bEbt7uS6P8&t=17s>

Gašparovský, D. (2009). Osvetlenie škôl a školských zariadení 2. ASB. <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/osvetlenie-a-elektroinstalacie/osvetlenie-skol-askolskych-zariadeni-2>

Hattar, S., Liao, H. W., Takao, M., Berson, D. M., & Yau, K. W. (2002). Melanopsin-Containing Retinal Ganglion Cells: Architecture, Projections, and Intrinsic Photosensitivity. *Science*, 295(5557), 1065-1070. doi: [10.1126/science.1069609](https://doi.org/10.1126/science.1069609)

Lasauskaite, R., & Cajochen, Ch. (2017). Influence of lighting color temperature on effort-related cardiac response. *Biological Psychology*, 132, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.11.005>

Maierova, L., & Kytka, I. (2020). Vyhodnocení vlivu pro-kognitivního osvětlení v budově Gymnázia Na Pražáčce: Závěrečná výzkumná zpráva. České vysoké učení technické v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov.

Meneses, A., & Liy, G. (2012). Serotonin and emotion, learning and memory. *Reviews in the Neurosciences*, 23(5-6), 543-553. doi: [10.1515/revneuro-2012-0060](https://doi.org/10.1515/revneuro-2012-0060).

Morrow, B. L., & Kanakri, S. M. (2018). The impact of fluorescent and led lighting on students attitudes and behavior in the classroom. *Advance in Pediatric Research*, 1-12. doi:[10.24105/apr.2018.5.15](https://doi.org/10.24105/apr.2018.5.15)

Münch, M., Brondsted, A. E., Brown, S. A., Gjedde, A., Kantermann, T., Martiny, K., Mersch, D., Skene, D. J., & Wirz-Justice, A. (2017). The effect of light on human. In S. Sanders & J. Oberst (Eds.), *Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture* (1st ed., pp. 16-23). The American Association for the Advancement of Science. <https://www.science.org/content/resource/changing-perspectives-daylight-science-technology-and-culture>

Praško, J., Brunovský, M., Závěšická, L., & Doubek, P. (2008). Sezónní afektivní porucha a léčba jasným světlem. *Psychiatrie pro praxi*, 9(2), 72-76. https://www.solen.cz/artkey/psy-200802-0004_Sezonni_afektivni_porucha_a_lecba_jasnym_svetlem.php

Slovenská akadémia vied. (2019). *Nová Európska norma pre denné osvetlenie v budovách*. https://www.sav.sk/?lang=sk&charset=&doc=services-news&source_no=20&news_no=8326

Solt, J., Aarts, M. P. J., Andersen, M., Appelt, S., Bodart, M., Kaempf, J., Bueno, B., Kuhn, T. E., Coccolo, S., Scartezzini, J. L., Schüler, A., Szybinska Matusiak, B., Volf, C., Wienold, J., Wirz-Justice, A., & Fournier, C. (2017). Daylight in the built environment. In S. Sanders & J. Oberst (Eds.), *Changing perspectives on daylight: Science, technology, and culture* (1st ed., pp. 24-32). The American Association for the Advancement of Science. <https://www.science.org/content/resource/changing-perspectives-daylight-science-technology-and-culture>