

Využití přirozeného světla a jeho vlastnosti v různých zeměpisných šířkách

BcA. Vojtěch Lukeš



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Audiovize

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: BcA. Vojtěch Lukeš
Osobní číslo: K18450
Studijní program: N8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby
Studijní obor: Audiovizuální tvorba – Kamera
Forma studia: Prezenční
Téma práce: 1. Teoretická část:
Využití přirozeného světla a jeho vlastnosti v různých zeměpisných šířkách
2. Praktická část:
Kamera u audiovizuálního díla v minimální délce 20 minut, ve výstupní kvalitě
uvedené ve Výrobní knize AAV.

Zásady pro vypracování

1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 30 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: Jednotná formální úprava teoretické části práce, její uložení a zpřístupnění se řídí aktuální verzí příslušné směrnice rektora. Student odevzdává 1 ks fyzické (tištěné) práce v pevné vazbě. Tištěná verze práce obsahuje originální „Zadání DP/BP“ včetně příslušných podpisů a studentem podepsané Prohlášení o původnosti práce. Práce v elektronické podobě obsahuje nascanované „Zadání DP/BP“ se všemi formálními náležitostmi a také nepodepsané Prohlášení studenta o původnosti práce. Plný text elektronické verze ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) student odevzdá nahráním do IS/STAG a do příslušné složky na NAS-AAV (viz níže).

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti do podoby akademického/odborného textu.

2. Praktická část:

1) Kamera u audiovizuálního díla v minimální délce 20 minut, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV. 2) Kamera u souboru audiovizuálních děl oficiálně schváleného před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba, ve výstupní kvalitě uvedené ve Výrobní knize AAV. 3) Projektová část (realizovaná prostřednictvím metody výzkumu uměním). Předložit veškeré materiály, které sloužily pro vývoj a přípravu absolventského projektu (např. fotografie z obhlídek, kamerové zkoušky, technický scénář, explikace apod.) a doplnit je rozbohem resp. úvahou – srovnáním jak by autor – kameraman postupoval při vytvoření díla, pokud by se projekt snímal černobíle nebo barevně. Varianta musí být schválena před odevzdáním Výrobní komisí ateliéru Audiovizuální tvorba.

Další požadované materiály praktické části:

- a) Upoutávka, teaser či trailer na předložené audiovizuální dílo (var. 1 a 2).
- b) Písemná explikace z pohledu dané specializace. Minimální rozsah 2 normostrany (var. 1, 2, 3).
- c) Anotace (var. 1, 2, 3).
- d) Technický scénář (var. 1).
- e) Štábová listina (var. 1, 2).

V případě, že je dílo autorským počinem nebo není součástí praktické části SZS studenta Produkce, je nutné dodržet doložené požadované materiálu a – h dle zadání specializace Produkce. Tato data odevzdává za projekt vždy jeden člověk. Nezbytná je konzultace s vedením AAV. Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy dle Výrobní knihy AAV pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí závěrečné práce je vytištěný a podepsaný formulář „Údaje o diplomové práci studenta“.

Uložení na NAS:

Ve složce na NAS-AAV, označené „Bakalářská / Magisterská práce“ uložte:

1. Teoretickou práci ve formátu PDF/A a případné přílohy (zkomprimované do jednoho zip souboru) dle specifikací výše.
2. Vytvořte podsložku Praktická práce, která bude obsahovat materiály částí a- h. Řádně nazvaný film/absolventské dílo odevzdávejte ve formátech splňujících vnitřní technické normy AAV pro odevzdávání prací.
3. Vytvořte podsložku s názvem Katalog, která bude obsahovat „Podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně“: 10 kusů obrazové dokumentace praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Forma zpracování diplomové práce: Tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- Goi, M. and Winterhalter, M. (2014). American Cinematographer Manual. Hollywood, Calif.: The ASC Press.
Meeus, J. (2009). Astronomical algorithms. Richmond, Va.: Willmann-Bell
Šmolková, J., Pecařík, J. and Tausk, P. (1978). Barevná fotografie. Praha: SNTL.

Vedoucí teoretické části: **MgA. Martin Štěpánek**
Ateliér Audiovize

Vedoucí praktické části: **MgA. Martin Štěpánek**
Ateliér Audiovize

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2021**



doc. Mgr. Irena Armutidisová
děkanka

L.S.

MgA. Irena Kocí, Ph.D.
vedoucí ateliéru

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že


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

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 20. 5. 2021.....

Jméno a příjmení studenta: Vojtěch... Lukeš.....



.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Práce se věnuje problematice přirozeného denního světla, jeho vlastností a změn v rámci denní a roční doby. Dále zkoumá vliv zeměpisné polohy na tyto změny.

Klíčová slova: kinematografie, kameraman, přirozené světlo

ABSTRACT

The thesis explores the behaviour of natural light throughout daytime and yeartime, In addition it aims to discover correlations between geographical latitude and such behaviour.

Keywords: cinema, cinematographer, natural light

Mé poděkování patří MgA. Martinu Štěpánkovi za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích v průběhu vypracovávání diplomové práce.

OBSAH

Úvod

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 Kvalita

1.1 CRI

1.2 Barevná teplota

2 Charakter

2.1 Charakter světla v průběhu dne

3 Intenzita a směr

4 Charakteristické atmosférické jevy a jejich vliv

4.1 Vliv aerosolu

4.2 Sopečný aerosol

4.3 Vliv ozónu

4.4 Refrakce

5 Možnosti využití přirozených světelných atmosfér

5.1 Solární elevace 30°- 90°

5.2 Solární elevace 6°- 30°

5.3 Solární elevace 0°- 6°

5.4 Solární elevace -6°- 0°

5.5 Solární elevace -12°- -6°

5.6 Solární elevace -18°- - 12°

II. PRAKTICKÁ ČÁST

1 Analýza práce s přirozeným světlem ve vybraných dílech kinematografie

1.1 Days of Heaven

1.2 Nomadland

1.3 Tree of Life

2 Analýza světelných atmosfér ve vybraných místech Evropy

2.1 Praha

2.2 Oslo

2.3 Trondheim

2.4 Svolvaer

2.5 Tromso

3 Univerzální platnost

3.1 Kampala

3.2 Santiago de Chile

3.3 Punta Arenas

3.4 Tokio

3.5 Los Angeles

Závěr

Úvod

Přirozené denní světlo bylo od počátku dějin kinematografie jedním z jejích základních stavebních kamenů. V raných dnech filmové historie bylo Slunce jediným dostatečně silným zdrojem světla pro naexponování tehdejších nepříliš citlivých filmových materiálů. Jako příklad můžeme uvést otevírací střechu v ateliéru Georgese Méliése. Dnes jsou filmaři vybaveni značně modernější záznamovou technikou schopnou snímat i scény se zlomkem tehdejšího nutného osvětlení. Mohlo by se zdát, že Slunce už nepotřebujeme.

Opak je ale pravdou. V otázce intenzity osvětlení jsme již náhrady Slunci ve filmovém světě našli, charakter a vlastnosti denního světla jsou však při určitých podmínkách stále ve svém měřítku nepřekonatelné. Úkolem této práce je najít a analyzovat tyto vlastnosti a zkoumat jejich výskyt v průběhu denní a roční doby. Dále pak popsat jejich vývoj při změnách zeměpisné délky a najít tak příhodná místa pro práci s konkrétními přirozenými světelnými atmosférami.

I. TEORETICKÁ ČÁST

Pro účely porovnávání různých přirozených světelných atmosfér a jejich výskytu bych rád uvedl teoretický základ pro jejich definici. Relevantní vlastnosti světla pro filmové použití lze rozdělit do čtyřech kategorií. Kvalita, charakter, intenzita a směr.

1 Kvalita

Spektrální složení světla určuje pro film jeho kvalitu. Zde je nutné začít úvodem do širší problematiky. Světlo je viditelnou složkou elektromagnetické záření přibližně v rozsahu vlnových délek 380 - 760 nanometrů. Na kratších vlnových délkách viditelné spektrum přechází do ultrafialového záření, na vlnových délkách delších do záření infračerveného. (Habel, 2013)

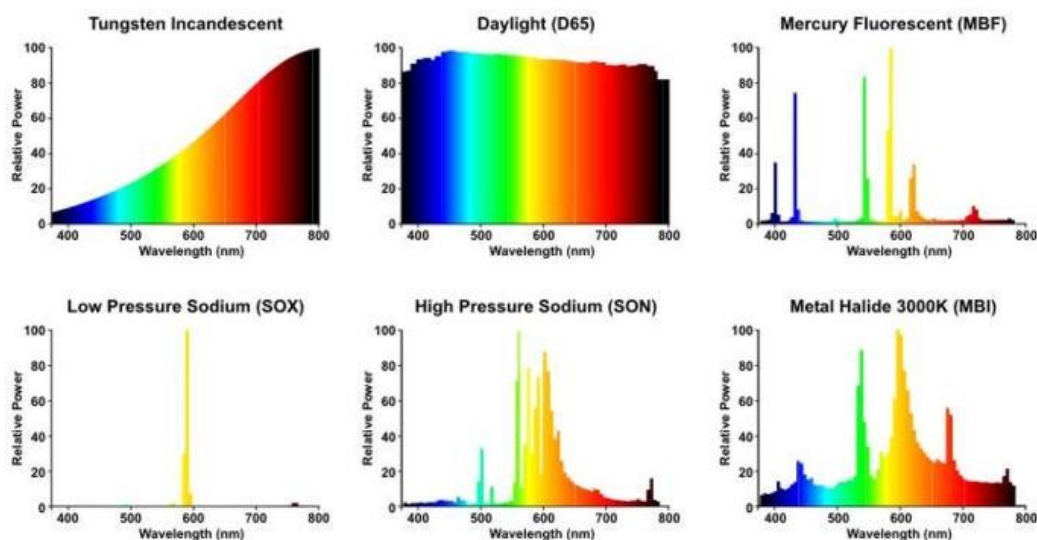
Základním receptorem světla a jeho charakteristik je lidské oko. Vnímání světla je primárně fyziologicky zajištěno světlocitlivými buňkami na sítnici oka - tyčinkami a čípkami. Dále se zraková soustava skládá ze zrakového nervu a zrakového mozkového centra ve středním mozku. (Cihák and Med, 1987) Tyčinky zajišťují základní rozpoznání jasů ve stupních šedi. V oku jich nalezneme přibližně 130 milionů. 7 milionů čípků zajišťuje pak vidění barevné. Čípků jsou v oku tři druhy - červenocitlivé, zelenocitlivé a modrocitlivé. Oko je nejcitlivější v zelené části spektra v oblasti okolo 555nm. (Šmok, 1978)

1.1 CRI

Barvy vnímané lidským okem jsou výsledkem působení světla složeného z určitých vlnových délek, případně jeho odrazu od předmětů. Oko podléhá barevnému metamerismu, různé spektrální složení světla může produkovat stejně vnímanou barvu. Subjektivně bílou barvu může mít tak jak světlo se spojitým spektrálním grafem a víceméně rovnoměrným zastoupením všech vlnových délek viditelného světla, tak světlo se spektrálním grafem značně nerovnoměrným, tj. složené pouze z několika málo vlnových délek. Jelikož jednotlivé předměty různě odrážejí odlišné vlnové délky světla, světlo subjektivně stejné barvy tak může při odrazu produkovat různé barevné výsledky. Barevné zkreslení předmětů pod zkoumaným světlem popisuje několik indexů, v kinematografii nejvíce používaným je tzv. Color rendering index - CRI. (CIE, 1999)

Přirozené denní světlo se svým spojitým grafem spektrálního složení je bráno jako etalon při zkoumání podání barev pod světelným zdrojem a má tedy CRI 100. Podání barev v

denním světle je prosté jakéhokoliv zkreslení. Velkou roli tu hraje i zvyk - lidé jsou navyklí na barevnost předmětů pod přirozeným denním světlem a jakákoliv odchylka od této barevnosti působí jako nepřirozený jev. Moderní kinematografické lampy taktéž produkují kvalitní světlo s CRI > 95. U zdrojů určených k běžnému použití je ale kvalita často značně nižší. Jako příklad lze uvést levné LED zdroje, či pouliční nízkotlakové zdroje sodíkové s CRI pohybujícím se okolo 40. (v grafu níže jako Low pressure Sodium (SOX))



Spektrální složení světla různých zdrojů (Ledrise, 2021)

1.2 Barevná teplota světla

Od spektrálního složení světla se odvíjí i jeho barevná teplota. Lidské oko je schopno barevné adaptace, tj. jako bílou barvu může vnímat škálu odstínů vysokého jasů a nízké saturace. Jako subjektivně bílé vnímáme jak denní, tak umělé světlo žárovek, ačkoli při přímém porovnání jsou značně odlišné. Kamery a fotoaparáty však reprodukuje barvy poměrně přesně a nepodléhají zkreslení adaptace, proto je třeba s barevnou teplotou počítat a pracovat.

Barevná teplota světelného záření je měřena dle teoretické teploty žhavení absolutně černého tělesa. Směrem k vyšším barevným teplotám se zvyšuje podíl krátkých vlnových délek (modrá složka) vůči dlouhým (červená složka) a naopak. Světlo vyšší barevné teploty je tak subjektivně chladnější, než světlo barevné teploty nižší. Pro barevnou teplotu existují dvě široce používané jednotky - stupně Kelvina a miredy. (Šmok, 1979)

Barevnou teplotou v Kelvinech nelze vyjadřovat změny barevné teploty. Postupným žhavením černého tělesa nedochází k lineární změně. Například rozdíl mezi 2800K a 3200K je

jiný, než mezi 5200K a 5600K. K vypočtení barevné změny a případné aplikaci korekčních filtrů se tak používá jednotka jiná - mired.

Mezi oběma jednotkami platí vztah:

$$T_c (\text{mir}) = 10^6 / T_c (\text{K})$$

(Šmok, 1979)

Umělé zdroje světla mají zpravidla konstantní barevnou teplotu, světlo denní svou barevnou teplotu v průběhu dne mění.

Barevná teplota světelného záření dopadajícího na zemský povrch je ovlivněna složením zemské atmosféry a meteorologickými podmínkami v jejích vrstvách. Při pozorování z vesmíru je Slunce a světelné záření jím vyzařované bílé, tj. žádná složka spektra viditelného záření nepřevažuje.

Hlavním činitelem ovlivňujícím barevnou teplotu světla a distribuci záření v rámci spektra je rozptyl světla částicemi atmosféry. Konkrétně pak zejména takzvaný Rayleighův rozptyl. Při průchodu světelného slunečního záření vrchními vrstvami atmosféry se jednotlivé paprsky setkávají s částicemi atmosféry. Tyto částice jsou menší než je vlnová délka světelného záření viditelného světla, jejich velikost se pohybuje okolo 40 nm. Při průchodu světelného záření vrstvou těchto částic jsou nejkratší vlnové délky záření částicemi rozptýleny. Jedná se zejména o vlnové délky zastupující světlo fialové, modré a z části i zelené barvy. (Ditchburn, 1963)

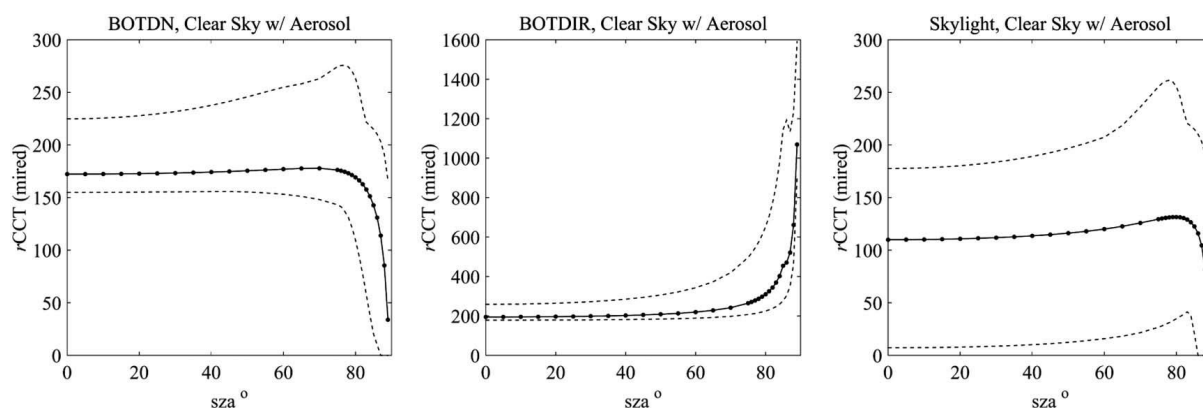
Díky Rayleighovu rozptylu ve vrchních vrstvách atmosféry se obloha jeví jako modrá. Její barevná teplota se pohybuje při jasném dni bez oblačnosti a významné přítomnosti dalších částic v nižších vrstvách atmosféry přibližně mezi 15 000 K a 27 000 K.

Přímé sluneční světlo je průchodem atmosféry částečně o kratší vlnové délky, tj. fialové, modré a zelené části spektra ochuzeno a tudíž má teplotu chromatičnosti při dopadu na zemský povrch nižší, než je difuzní světlo vyzařované modrou oblohou, kde naopak chybí vlnové délky delší. Barevná teplota přímého slunečního světla po průchodu atmosférou se tedy pohybuje zhruba v rozmezí 5400 - 5700 K v závislosti na přítomnosti výše zmíněných dalších částic v nižších částech atmosféry. (Ditchburn, 1963)

Tento efekt je umocňován silou vzduchové vrstvy, kterou světlo prochází, jinými slovy optickou mohutností atmosféry v rámci dráhy procházejících paprsků slunečního světelného záření. Ve vztahu k námi zkoumanému úhlu Slunce nad horizontem θ_s se optická mohutnost atmosféry postupně zvětšuje na škále od zenitu k západu Slunce případně snižuje na škále od východu Slunce po zenit, tj. v rozsazích $90^\circ-0^\circ$ respektive $0^\circ-90^\circ$. Při mezích úhlech hodnot blížících se 0° a nižších je optická hustota atmosféry nejvyšší a tudíž se na cestě paprsku atmosférou rozptýlí nejvíce záření krátkých vlnových délek, tj. modré složky světla. V nižších úhlech než 0° (respektive zhruba $-0^\circ 34'$ při započtení refrakce světla, viz kapitola Refrakce) již běžně nelze zbarvení Slunce, a tudíž účinek Rayleighova rozptylu na přímém slunečním světle pozorovat díky obstrukci zemského povrchu. (Šmok, 1979)

Při reálných pozorováních je tento mezní úhel závislý na geomorfologii místa pozorování a jeho okolí. Při pozorování na místě vyšší nadmořské výšky s okolním povrchem nižším. Ideálním příkladem je například španělské Pico del Teide na ležící na Kanárských Ostrovech, kde je při uvažování pozorování na vrcholu pozorovatel o 3718 m výš, než okolní mořská hladina na horizontech okolo. (Volcanoteide.com, 2020) Na Pico del Teide je tedy možné čistě z geometrického hlediska sledovat přímé sluneční světlo i v počátečních záporných úhlech. Se záporným úhlem roste optická mohutnost atmosféry a rozptyl modré složky, tudíž lze potvrdit, že nadmořská výška a geomorfologie okolí hrají významný podíl na zbarvení přímého slunečního světla v těchto mezních situacích. Při aplikaci obecného pravidla, že s rostoucí optickou mohutností klesá podíl modré a stoupá podíl červené složky světla, je možné říci, že pro červenější západy Slunce je třeba vystoupat do vyšších nadmořských výšek. Nadmořská výška však není jediným faktorem, ovlivňujícím finální podobu těchto světelných situací. (zdroj) Pro další výzkum předpokládejme obstrukci terénu při $-0^\circ 34'$.

Pro ilustraci posunu barevných teplot využijeme měření španělských výzkumníků na analýze vlivu aerosolů na barevnou teplotu denního světla (Hernández-Andrés, Romero, Nieves and Lee, 2001). Vliv samotných aerosolů prozkoumáme níže, zde využijeme grafy zkoumající vývoj barevné teploty oblohy jako celku - BOTDN, samotného přímého slunečního svitu - BOTDIR a světla dopadajícího na zemský povrch po rozptylu v atmosféře - skylight. (poslední jmenované hledisko je vyčísleno pomocí odečtu účinku přímého slunečního svitu od celkového světelného účinku oblohy)



*Grafy vývoje barevné teploty přímého slunečního svitu a rozptýleného světla z oblohy
(Hernández-Andrés et al., 2001)*

Na ose x nalezneme úhel sza - Sun Zenith Angle - opačnou hodnotu našemu hodnoticímu kritériu - úhlu Slunce nad horizontem θ_s . ($0^\circ \theta_s = 90^\circ sza$, $90^\circ \theta_s = 0^\circ sza$) Na ose y korelovanou barevnou teplotu v miredech. Převod miredů na námi hodnocenou jednotku kelvinů provedeme pomocí vzorce ze začátku kapitoly.

Z grafů lze vyčíst poměrně stabilní hodnotu CCT v průběhu dne až do úhlu θ_s zhruba 15° ($75^\circ sza$). Pro přímé sluneční světlo (BOTDIR) je to hodnota přibližná 5000 K a pro světlo rozptýlené oblohou (skylight) přibližná 9000K, dohromady (BOTDN) je to námi dobře známých 5600K. Poté začíná docházet ke dramatickým změnám. V rámci zvyšování účinku Rayleighova rozptylu se se snižujícím úhlem θ_s se CCT přímého slunečního světla snižuje až na hodnoty kolem 1000 K. Oproti tomu CCT skylight se zvyšuje až k 25 000 K. Celkový trend oblohy (BOTDN) je pak stále více ovlivňován rozptýleným světlem (skylight) (Hernández-Andrés et al., 2001)

2 Charakter světla

Charakter světla je určen kombinací několika faktorů. Zásadní roli na jeho podobě má zejména velikost světelného zdroje a způsob, jakým paprsky vyzařuje. Světlo můžeme dle charakteru rozdělit na tvrdé a měkké, či směrové a rozptýlené. Čím větší a bližší je zdroj světla, tím rozptýlenější, měkkší, světlo je. Čím menší a vzdálenější zdroj je, tím je světlo tvrdší. Tvrdé světlo se vyznačuje ostrou hranou mezi světlem a stínem vrženým předmětem ve scéně. Světlo měkké naopak hranou neostrou, postupným přechodem mezi světlem a stínem.

V kinematografii mají oba charaktery světla své místo. Využití není možné zcela generalizovat, každé filmové dílo vyžaduje jedinečný vizuální přístup a nepsaná pravidla lze vždy kreativně porušit. Obecně je ale tvrdé světlo využíváno zejména pro potřeby širších záběrů, či svícení kontra (proti kameře). Světlo měkké pak zejména pro svícení portrétů a obecně bližších záběrů lidských postav.

S charakterem světla je výrazně spjat i tzv. světelný odstup. Světelný tok se zmenšuje přímo úměrně druhé mocnině vzdálenosti měřeného bodu od zdroje. V praxi tedy čím dále od světelného zdroje jsme, tím menší je relativní úbytek světla. Přirozené denní světlo je se svým nesrovnatelným odstupem v tomto ohledu ideální.

2.1 Charakter světla v průběhu dne

Na charakter světla má významný vliv počasí a atmosférická situace obecně. Za jasného dne s minimální přítomností aerosolů a jiných rozptýlných částic v atmosféře je světlo možné popsat jako tvrdé. Není to však úplně dokonalý příklad tvrdého světla. Hlavním zdrojem světla ve scéně točené za jasného slunečného dne je samozřejmě Slunce, nesmírně vzdálený a v poměru ke vzdálenosti malý zdroj, a tudíž ho lze jednoznačně charakterizovat jako tvrdý. Slunce je však v takové scéně doplněné světelným účinkem oblohy, fungující jako obrovská svítící polokoule nad scénou a zdroj rozptýleného světla. Tento efekt je způsoben rozptylem světla částicemi v zemské atmosféře.

Tato situace je charakteristická pro úhly Slunce nad horizontem, neboli sluneční elevace, od 0° do 90° . Od přibližně 6° nad horizontem začíná postupná změna. Jas části polokoule oblohy vzdálené od zapadajícího/vycházejícího Slunce začíná klesat. Po západu Slunce tj. úhlu menším než nula (při započítání refrakce světla v zemské atmosféře je úhel ještě nepatrně záporně ovlivněn, viz kapitola Refrakce) mizí tvrdý zdroj světla a světlo na uvažované snímané scéně se stává plně rozptýleným. V souvislosti s klesáním světelného účinku vzdálenější části polokoule oblohy se pak pomalu objevuje vizuálně přívětivý přirozený kontrastní poměr.

Opačným případem je situace při zcela zatažené oblačné obloze. Zdroj tvrdého světla v podobě Slunce je eliminován silnou difúzní vrstvou mraků, a světlo je tak možné charakterizovat jako silně rozptýlené. Tento typ světla je pro vizuálně kvalitní a estetický

filmový obraz obvykle nutné dále modulovat, zejména ve snaze vytvořit větší světelný kontrast na scéně.

3 Intenzita a směr

Stejně jako charakter jsou i intenzita a směr silně závislé na meteorologických podmínkách. Při oblačné obloze je světlo po většinu dne všesměrové, při obloze slunečné je pak směr závislý na trajektorii Slunce. Až na hraniční atmosféry před východem / po západu Slunce je intenzita pro kinematografické snímání při běžných frekvencích naprosto dostačující.

Při natáčení v během hraničních světelných atmosfér dnes již omezení intenzitou také pomalu ustupují společně s vývojem stále citlivějších filmových senzorů. Důležitý je taktéž výběr vhodné optiky.

Směr světla se v průběhu dne při jasné obloze mění v závislosti na zeměpisné poloze. V našich střeoevropských končinách se horizontální úhel, který Slunce na obloze obrouží pohybuje od zhruba 110° do 250° podle ročního období. Trajektorie Slunce začíná v létě na severovýchodě a přes východ, jih a západ zapadá na severozápadě. V zimě vychází Slunce na jihovýchodě a přes jižní směr přechází do svého západu na jihozápadě.

Se směrem slunečního světla je při jasné obloze třeba počítat při vytváření natáčecího plánu a časy jednotlivých záběrů vhodně nastavit tak, aby byl výsledek výtvarně zajímavý, viz kapitola 5 dále v teoretické části.

4 Charakteristické atmosférické jevy a jejich vliv

4.1 Vliv aerosolu

Jak již bylo zmíněno, meteorologické podmínky významně ovlivňují charakter přirozeného světla. Kromě Rayleighova rozptylu při vstupu do atmosféry se světlo rozptyluje i na dalších částicích, které na své cestě atmosférou potká. Nemálo z těchto setkání má na svědomí aerosol - směs plynu a pevných, či kapalných částic. Chování světelného záření při těchto střetech se různí dle velikost jednotlivých částic aerosolu. Při velikosti částic podstatně menších než jsou vlnové délky světla, tj. v řádech jednotek nanometrů, funguje aerosol stejně, jako molekuly kyslíku a dusíku. Dochází k Rayleighovu rozptylu a světlo tudíž přichází o složky

s kratší vlnovou délkou. Při velikosti částic stejné, či větší, než vlnové délky světla dochází k jinému druhu rozptylu. Takzvaný Miův rozptyl podrobuje všechny spektrální složky světla rozptylu podobně, a tudíž dochází pouze ke snížení celkové intenzity záření. (Ditchburn, 1963)

4.2 Sopečný aerosol

Zajímavou ilustrací vlivu aerosolu na barevnou teplotu denního světla jsou poznatky řecké studie C. S. Zerefose a kolektivu (Zerefos et al., 2007). Jeho tým zkoumal závislost zbarvení západů Slunce vyobrazených na malbách mezi roky 1500 a 1900 a záznamů sopečných erupcí, a tudíž množství aerosolu sopečného prachu v atmosféře. Malby z období s historicky dokázanou zvětšenou koncentrací aerosolu v atmosféře vykazují červenější zbarvení západů Slunce s překvapivě vysokým korelačním koeficientem - 0,8. Sopky při svých erupcích chrlí malé částice do vysokých vrstev atmosféry. Výsledky studie tedy potvrzují závěry předchozí kapitoly - při zvětšené koncentraci malých částic v atmosféře dochází k zesílenému Rayleighovu rozptylu.



Příklad západu Slunce bez sopečného aerosolu na malbě - J. M. W. Turner "The Lake, Petworth, Sunset", 1828 (Zerefos et al., 2007)

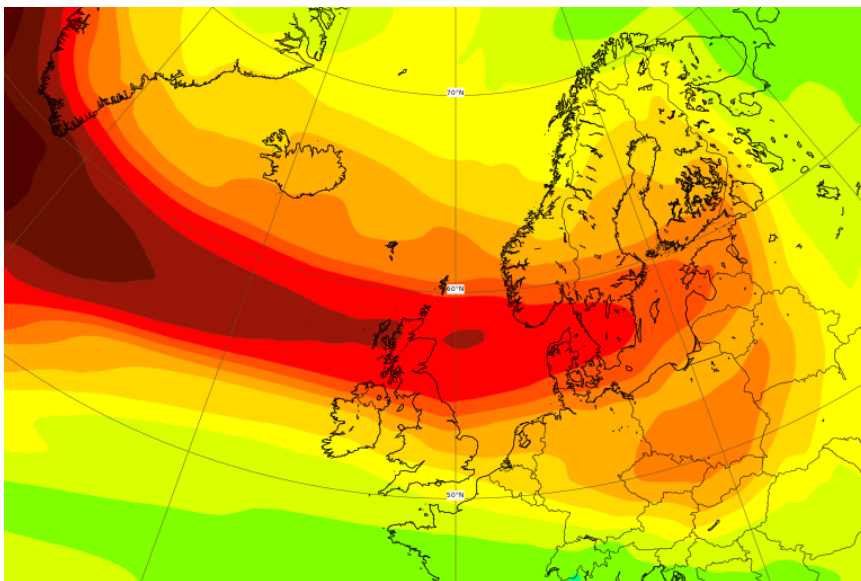


Příklad západu Slunce se spočným aerosolem na malbě - J. M. W. Turner "Sunset" (c.1833)

Malováno po erupci sopky Babuyan (1831) (Zerefos et al., 2007)

4.3 Vliv ozonu

Množství ozonu v atmosféře má také vliv na chování slunečního světelného záření procházejícího atmosférou. Molekuly ozonu mají podobnou velikost jako molekuly kyslíku, a tudíž zesilují účinek Rayleighova rozptylu a světlo ztrácí své modré složky. Aktuální ozónovou situaci lze sledovat na většině meteorologických serverů.



Příklad mapy analyzující ozónovou situaci

(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021)

4.4 Refrakce

Refrakce, neboli lom světla je vlastnost elektromagnetického záření. Při přechodu z prostředí z vesmírného vakua do zemské atmosféry elektromagnetické světelné záření nepatrně změní rychlost a tím i směr. Obecně se refrakce definuje indexem lomu n .

$$n=c/v$$

Kde c je rychlost světla ve vakuu a v rychlost světla v daném prostředí. V případě naší zkoumané atmosférické refrakce je pak rychlost světla ve vzduchu. (Šmok, 1979)

Atmosférickou refrakci můžeme pozorovat zejména při východu a západu Slunce ($1^\circ < \theta_s < -1^\circ$) kdy je nejzřetelnější. Při posunu Slunce zpoza horizont, respektive za něj, dochází k lomu světelných paprsků a posunutí obrazu Slunce vůči jeho skutečné geometrické poloze. Díky atmosférické refrakci můžeme při východu Slunce pozorovat až o několik desítek vteřin dříve. Uznávaná a používaná hodnota atmosférické refrakce při východu a západu Slunce je $0^\circ 34'$, ale je důležité dodat, že hodnota skutečná se může lišit v závislosti na zeměpisných a meteorologických podmínkách. Důležitými činiteli jsou teplota vzduchu, atmosférický tlak nadmořská výška pozorovatele. (Meeus, 2009)

5 Možnosti využití přirozených světelných atmosfér

Pro účely porovnávání lokalit v praktické části bych rád přirozené světelné atmosféry rozdělil podle úhlu solární elevace a nastínil jejich potencionální kinematografické využití. Variant práce s přirozeným světlem je samozřejmě nekonečné množství, všechny pravidla se mohou se záměrem překračovat, existují ale způsoby, které se v kinematografickém světě používají více, než jiné. Pomocí nich se dá vytvořit konvenčně estetický filmový obraz. Tyto postupy práce s přirozeným světlem bych na následujících řádcích rád nastínil.

5.1 Solární elevace 30° - 90°

Přímé sluneční světlo v tomto úhlu solární elevace se příliš nepoužívá. Běžná je difúzní modulace rámy, či zasazení herců do stínu. Nalézt se však dají i výjimky, kdy ostrý a nepřilíš estetický charakter obrazu scéně pomohl. Jedním z nich je vyhrocená scéna na střeše

jaderného reaktoru, kdy radiaci jako diváci skrze ostré slunce seshora skoro cítíme na vlastní kůži.



Chernobyl (2019) - atmosféra v úhlu solární elevace 30°- 90°



Chernobyl (2019) - atmosféra v úhlu solární elevace 30°- 90°

Při zatažené obloze, která světlo výrazně difuzně moduluje, je již atmosféra i při vysokém úhlu solární elevace pro filmové snímání přívětivější. Konvenčně estetického dojmu z

obrazu lze dosáhnout pouze použitím tzv. negative fillu - ubíráním světla z tváří herců pomocí různě velkých černých ploch.

5.2 Solární elevace 6°- 30°

Přímý sluneční svit se v této úhlové skupině již používá častěji. Zejména pak způsobem využití Slunce jako silného kontrasvětla. Při doplnění odrazem a případně negative fillem je možné dosáhnout vizuálně velice kvalitních výsledků. Při použití Slunce jako bočního, nebo předobočního světla je pak často využívána modulace difuzními prostředky.

Při záběrování dialogů, kdy jsou postavy naproti sobě a filmaři volí cestu samostatného záběru pro každou z nich, vyvstává však problém. Výše zmíněný způsob svícení lze použít pouze pro jednu z postav. Řešením je buď využití Slunce jako světla bočního, nebo falešná změna úhlu, kdy obě postavy mají Slunce jako kontra světlo, avšak filmovým dojmem je stále dialog postav stojících proti sobě. Pokud místní podmínky nedovolí a nelze docílit chtěných pozadí ve stejném směru, používá se taktéž technika natáčení jednotlivých postav v různou denní dobu. Slunce se tak pro opačné záběry přesune do vhodné pozice. Tato technika se zdá být nelogickou, Země přece nemá dvě Slunce, je ale hojně používána i v největších filmových produkcích.

Při oblačné obloze tento problém odpadá a všesměrové rozptýlené světlo se dá jednoduše modulovat. Velice časté je těchto případech použití negative fillu. Světlo z jedné strany tváře herce postupně ubíráme a docílujeme tím kýženého kontrastního poměru. Pro tyto účely pro užší velikosti záběrů stačí bohatě 4"x4" flop, který "odflopujeme" a umístíme tak, že kryje postavu jak z boku, tak částečně ze shora.

5.3 Solární elevace 0°- 6°

Východ a západ Slunce jsou pro mnohé světelně nejzajímavější části dne. Sluneční světlo díky silnější vrstvě vzduchu, přes kterou prochází, intenzitně slábne a barví se do červena. Klesá tak i kontrast, který se stává vizuálně značně estetičtější. Při přítomnosti mraků lze pozorovat jejich dramatické boční nasvícení. Polokoule oblohy, přes den fungující jako všesměrový rozptýlený zdroj začíná na odvrácené straně od Slunce slábnout. Pro vizuálně kvalitní výsledky je i tady dobré držet směr snímání proti Slunci. Velkou nevýhodou této a následujících atmosfér je její krátké trvání a rychlé změny.

Při polojasné obloze a přítomnosti mraků u slunečního horizontu se občas tvoří velice vizuálně zajímavé atmosféry, kdy části mraků jsou kontrastně nasvíceny Sluncem ze zadu, vytváří výborné pozadí a zároveň stíní. Když jsou temnější mraky rozmístěny po celé obloze, přirozeně zvyšují kontrastní poměr scény a činí ji dramatičtější.



Tree of Life (2011) - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°

Při plně oblačné obloze atmosféra dochází k pozvolnému intenzivnímu úbytku jasů na odvrácené straně od polohy Slunce a barevnému posunu do modra. Východ/západ Slunce se tak stane pouze přechodem mezi denní atmosférou a modrou hodinou, která následuje.



Zrcadlo (1975) - atmosféra solární elevace 0° - 6°

Atmosféry po západu Slunce se dělí na tři základní - tzv. civil twilight, nautical twilight a astronomical twilight.



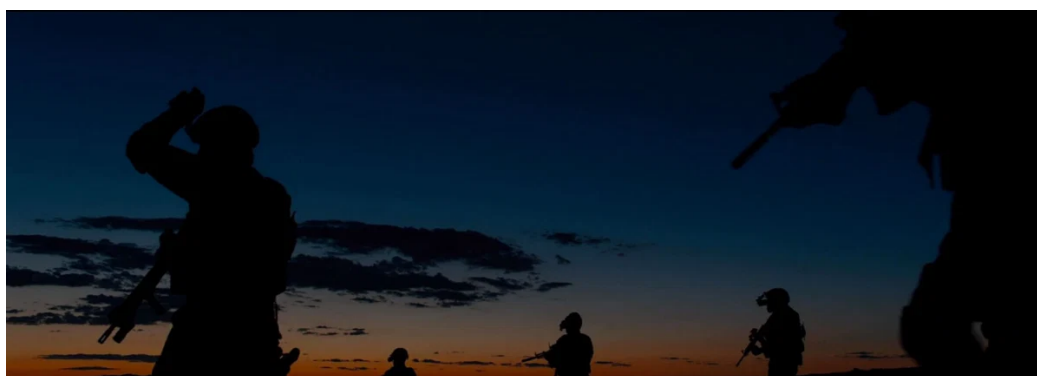
*Srovnání světelných atmosfér před východem / po západu Slunce
(Bhasin, 2021)*

5.4 Solární elevace -6°- 0°

V čase nazývaném civil twilight dochází ke vzniku velice esteticky zajímavé světelné atmosféry, kdy již chybí ostrý zdroj Slunce a hlavním zdrojem je obloha. Ta je již na odvrácené straně od Slunce výrazně tmavší a tak přirozeně vzniká dobrý světelný poměr. Situace je zajímavá i barevně, kdy oranžovo červené tóny oblasti oblohy blíže k zapadlému Slunci střídá postupně modrá přicházející noci. Začíná zde světelná atmosféra obecně zvaná jako "modrá hodina", jejíž efekt je zesílen obzvláště za zatažené oblohy. Za této atmosféry je také světlo rozptýlené a všesměrové ale na odvrácené straně od Slunce již začíná obloha tmavnout a tak se při dobrém rozestavení kamery a herců vůči obloze dá docílit dobrých kontrastních poměrů bez použití žádné modulace.

5.5 Solární elevace -12°- -6°

Nautical twilight sdílí charakteristiky s civil twilight, ale tmavá je již větší část oblohy. Na odvrácené straně oblohy od východu/západu Slunce je již úplná tma. Přechod z oranžové do modré je znát pouze v okolí horizontu v místě západu Slunce. Při úplně oblačné obloze oranžová část chybí. Začínají problémy s intenzitou světla. Časté je použití oblohy pouze jako pozadí pro jinak dosvícovanou scénu.



Sicario (2015) - atmosféra v úhlu solární elevace -6°- -12°

5.6 Solární elevace -18°- 12°

Atmospherical twilight nabízí kromě čistě noční atmosféry již jen poslední zbytky světla na horizontu ve směru zapadlého Slunce. Využití je již velice závislé na způsobu řešení malé intenzity světla. Je vhodné použít oblohu jen jako pozadí pro jinak dosvícované plány.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

V rámci teoretické části práce výše jsme prozkoumali možné světelné podmínky, které mohou v rámci použití denního světla k filmovému záznamu nastat. Zjistili jsme také základní souvislosti s geografickými, astrofyzikálními a meteorologickými daty. Nyní přistupme k části praktické, k analýze využití přirozených světelných atmosfér ve vybraných filmech a analýze vybraných lokací na severojižní ose Evropy.

Následující data byla získána pomocí veřejně přístupné webové aplikace pro výpočet polohy Slunce "Sunrise and Sunset Calculator" (timeanddate.com, 2021). K analýze časového výskytu jednotlivých světelných atmosfér používám dva grafy, první zobrazuje distribuci jednotlivých atmosfér ve v průběhu roku a druhý vývoj solární elevace pro určitý den v roce.



Legenda ke grafům posuzujícím distribuci světelných atmosfér v rámci denní doby v průběhu roku (timeanddate.com, 2021)

1 Analýza světelných atmosfér ve vybraných filmech světové kinematografie

1.1 Days Of Heaven

Pokud bychom měli jmenovat režiséra, jehož tvorba je spojena s využitím přirozených světelných atmosfér, byl by jím Terrence Mallick. Přirozené světlo hojně využívá ve všech svých filmech. Pro ukázkou jsem zvolil film Days of Heaven z roku 1978, odehrávající se z převážné části během zlaté hodiny - světelné atmosféry za úhlu solární elevace 0° - 6° . Ve filmu se ale dají nalézt i jiné popisované atmosféry, viz následující ukázky.



Days of Heaven - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°



Days of Heaven - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°



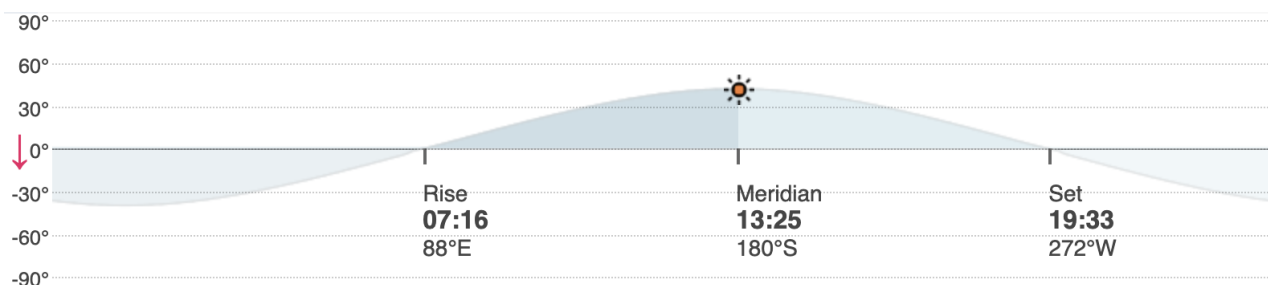
Days of Heaven - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°



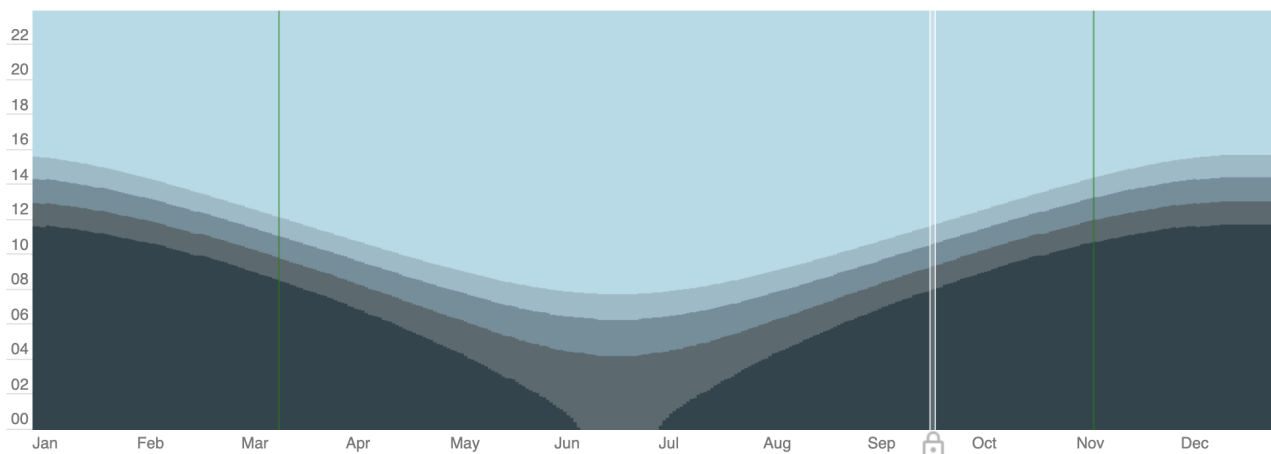
Days of Heaven - atmosféra v úhlu solární elevace -6°- 0°

Film byl natáčen od pozdního léta 1976 uprostřed pšeničných polí okolo místa zvaného Whiskey Gap na jihu kanadské provincie Alberta. Uveden do distribuce byl až 13. září 1978 po dvou letech náročné produkce a postprodukce.

1. září vypadá rozložení světelných atmosfér ve Whiskey gap následovně.



Vývoj solární elevace - Whiskey Gap, Kanada, 49° 2' s. š., 20. září



Graf rozložení světelných atmosfér v průběhu roku. Bílá vertikální linka vyznačuje 20. září.

Den ve Whiskey Gap trvá 20. září 12 hodin a 18 minut. Slunce je v úhlu 6°- 30° dvakrát za den po dobu 2 hodin a 38 minut, v úhlu 0°- 6° dvakrát 41 minut, v úhlu -6°- 0° dvakrát 38 minut, v úhlu -12°- -6° dvakrát 41 minut a v úhlu -18° - -12° 42 minut.

Néstor Almendros uvádí v článku časopisu American Cinematographer o Days of Heaven, že ideální světlo pro natáčení trvalo pouze 20 minut. (Almendros, 2021) To odpovídá přibližně úhlům -2°- 2°.

I přes početné nástrahy se Mallickovi s Almendrosem tento přístup vyplatil. Days of Heaven byly oceněny Oscarem za nejlepší kameru. Důvody svého v té době ojedinělého

rozhodnutí popisuje kameraman filmu Néstor Almendros v již zmíněném článku American Cinematographer. Rád bych citoval:

„Our creative work consisted basically in simplifying photography: cleansing it of the artificial glossy look of the films of the recent past. Our models were the films of the silent era, (Griffith, Chaplin, etc.), when cinematographers made unique and fundamental use of natural light.

Using natural light as often as possible meant using only natural window light for day interiors, like the great Dutch painter Johann Vermeer. For night interiors it meant using very little light, from a single justifiable source, such as a lantern, candle, or electric light bulb.” (Almendros, 2021)

Kromě Johanna Vermeera zmiňuje Almendros v článku i inspiraci malíři Andrewem Wyethem a Edwardem Hopperem. Realistického stylu se Almendros snažil držet i při svícení interiérů, kdy používal naprosté minimum filmových světel a snažil se expoziční hladinu vytvořit z dostupných elektrických zdrojů a svíček.



Days of Heaven - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°

Přístup tvůrců k formě filmu měl však i své stinné stránky. Almendros se setkal s nepochopením i u své kamerové posádky, kdy někteří nechápali realistický přístup, vyučení tradičním způsobem filmového svícení. Produkce byla provázena velkými produkčními problémy, společně s postprodukcí trvala několik let. Terrence Mallicka zřejmě film natolik vyčerpat, že nenatočil další film 20 let a odstěhoval se z Ameriky do Paříže. Společně s Almendrosem však filmem položili základ pro další tvorbu filmového realismu přirozených světelných atmosfér.

1.2 Nomadland

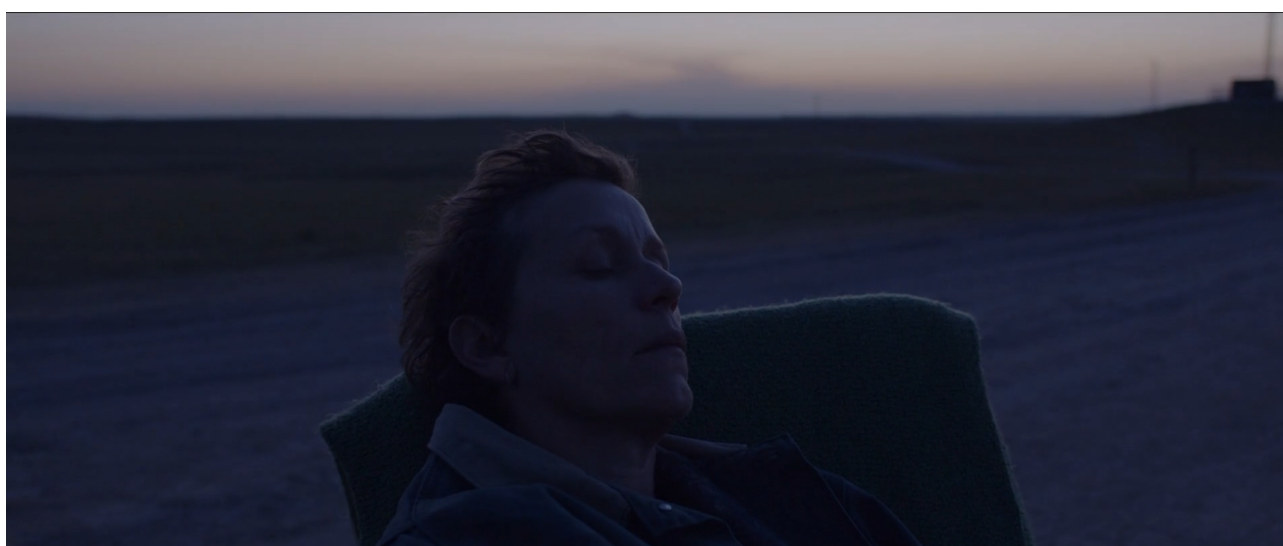
Jak název napovídá, oscarový film režisérky Chloé Zhao bere diváky na sedadla dodávky šedesátnice Fern a spolu s ní putuje americkým středozápadem. Film se v velké části odehrává v exteriérech a kameraman Joshua James Richards spolu s režisérkou zvolili vizuální přístup maximálního využití přirozených atmosfér. Ve filmu se objevily všechny popisované světelné atmosféry, viz následující ukázky.



Nomadland - atmosféra v úhlu solární elevace 6°- 30°



Nomadland - atmosféra v úhlu solární elevace 0°- 6°



Nomadland - atmosféra v úhlu solární elevace -6°- 0°- civil twilight

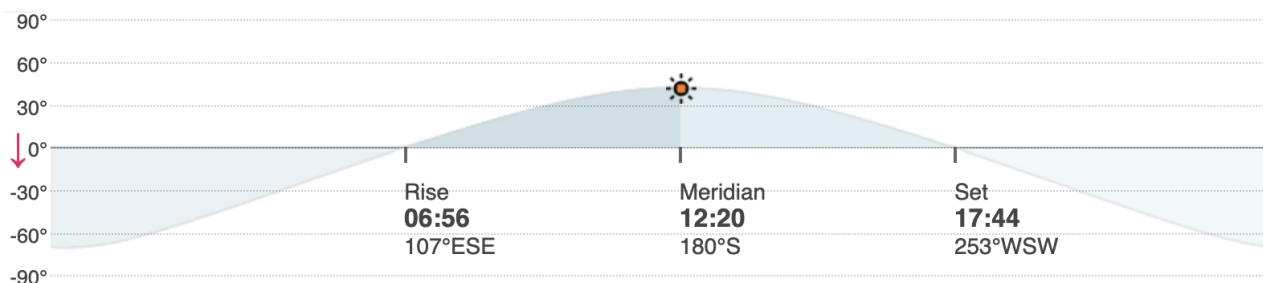


Nomadland - atmosféra v úhlu solární elevace -12°- -6°- nautical twilight

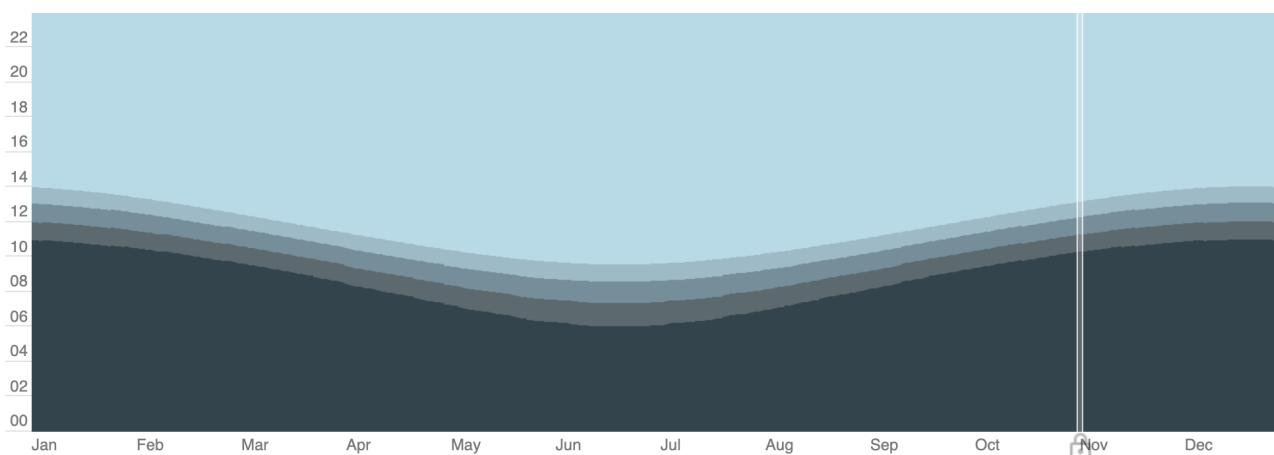


*Nomadland - atmosféra v úhlu solární elevace -18°- -12°- astronomical twilight
(při filmové projekci lze rozeznat zbytky denního světla na obloze za dodávkou)*

Film byl natáčen 4 měsíce na podzim roku 2018 na různých místech v USA, zejména pak v nomádkém kempu u města Quartzsite v Arizoně. 1. listopadu tam vypadá rozložení světelných atmosfér následovně.



Vývoj solární elevace - Quartzsite, USA, 33° 40' s. š, 1. listopadu



Graf rozložení světelných atmosfér v průběhu roku. Bílá vertikální linka vyznačuje 20. září.

Den v Quartzsite trvá 1. listopadu 10 hodin a 56 minut. Slunce je v úhlu 6°- 30° dvakrát za den po dobu 2 hodin a 22 minut, v úhlu 0°- 6° dvakrát 36 minut, v úhlu -6°- 0° dvakrát 26 minut, v úhlu -12°- -6° dvakrát 34 minut a v úhlu -18° - -12° 32 minut.

Kameraman Joshua James Richard spolu s režisérkou Chloe Zhao objasňují své kreativní volby v rozhovoru pro magazín ASC. (Nomadland: New Naturalism - The American Society of Cinematographers, 2021)

Pro režisérku Chloe Zhao je přirozené světlo cesta, jak ušetřit produkční náklady, natáčet ve výborné světelné atmosféře a získat jistou svobodu v tvorbě. Fakt, jestli má režisér za zády 25 členný štáb nebo 400 členný má na rozhodování a způsob práce velký vliv. Chloe popisuje rozhodnutí pro natáčení za použití přirozených světelných atmosfér následovně:

„From very early on, I made films so cheaply that we had nothing in our favor but the light in the sky and the freedom of time. So if I can't put on a huge production, I'm going to wait for those 20 minutes [until the light is perfect]! No matter how much money you have, it's very hard to get that light right.” (Nomadland: New Naturalism - The American Society of Cinematographers, 2021)

Nomadland měl po většinu dní úzký štáb, který čítal okolo 25 lidí. Do tohoto počtu se mnohdy nevejdou ani studentské produkce. Na předchozím filmu režisérky „The Rider“ pracovala na natáčení dokonce skupina pouze šesti lidí.

Zhao spolu Richardem navazují na tradici Terrence Malicka a článek zmiňuje pojem *New Naturalism*, který vychází právě z jeho filmů. Zejména pak z Popisuje tak filmy točené pod přirozeným světlem obvykle s kombinací herců s neherci, které se snaží přirozenost dostat na plátno co možná nejvíce. Důvodem pro vznik tohoto proudu může být snaha odlišit se a nastavit protipól filmům s vizuálními efekty a mnoha záběry vzniklými v počítači.

Dle tvůrců se společně s přirozenými světelnými atmosférami pojí se stylem nového naturalismu i použití široké optiky. Pro většinu detailů a polodetailů postav volil Richard 32mm objektiv. Natáčel na s35 ARRI kamery (Alexa Mini, Amira). Blízkost herců objektivu a zároveň divákům snad ještě více používá Mallick, který v jeho posledních filmech se svým kameramanem Emmanuelem Lubezkim používá výhradně široké optiky (viz ukázka z *Tree of Life* výše)

Richard v rozhovoru potvrzuje obecné principy práce s přirozeným světlem viz kapitola 5 teoretické části. Cituji:

“Backlight separates people from the background, creating depth. In a natural environment, you get a blue bounce from the blue sky. To wrap that lighting, it feels more natural to use a blue bounce. That's probably something I learned from Chivo. It feels more organic than an eyelight [fixture, which this technique provides, but with natural light]. Those moments, when the sun is gone but is bouncing up into the sky, are special and precious. We try to be somewhere quiet and intimate, like following Fran [and her friend] Swankie through the desert as Swankie is talking about the twilight of her own life. These things feel spiritual to me, even though I'm not a spiritual person. Those are the best parts of life, when you find yourself in a moment where everything seems to

come together." (Nomadland: New Naturalism - The American Society of Cinematographers, 2021)

Prakticky každý exteriérový záběr je ve filmu postaven v takovém směru, aby Slunce či jasná část oblohy po západu Slunce byla za postavami nebo vůči postavám k boku. Jak zmiňuje výše, důležitá je i barevná odlišnost fillu, který je v atmosférách západu / po západu Slunce modřejší, než key light. Na tuto specifickou vlastnost přirozené atmosféry je dobré myslet i při zasvěcování východu/západu Slunce v ateliéru. Pro dosažení realisticky vypadajícího výsledku je nutné dodržet poměrně velkou přesnost v barevných teplotách.

1.3 Tree of Life

Magazín British Cinematographer před časem uvedl článek s výše zmíněným kameramanem Emmanuelem Lubezkim. Lubezki v něm osvětluje svůj pohled na nový naturalismus a přístup k filmům, které spolu s Terrencem Mallickem vytvořili. Hlavní podstatou stylu je snaha získat opravdovost herecké akce. Lubezki natáčení s Mallickem popisuje jako rybaření. Scéna zasvěcená přirozeným světlem je neustále tekoucí řekou a Lubezki se z ní snaží vylovit malé ryby přirozenosti na filmovém páse. Citují:

„Less equipment means that we have more chances to create those special moments,” says Lubezki. “The actors don’t have to walk through a forest of C-stands, and we are usually able to shoot in any direction. That makes it hard for the art and wardrobe departments. Everybody has to be ready at all times. On a normal movie, the actors come from the trailers, the scene is blocked, and then we have 30 minutes or so to light, and the actors go back to their trailers. There’s a lot of down time for the actors. But here, we are constantly trying to get something. When the weather changes, it’s just another opportunity for an accidental moment. You have to be ready when the fish are jumping.” (British Cinematographer, 2021)

Lubezki natočil většinu filmu na velkoformátové kamery, výsledek byl kombinací 65mm, IMAX a 35 mm záznamu. Při kombinaci s dobrou optikou umožňují tyto formáty dosáhnout malé hloubky ostrosti i při širokém úhlu snímání. Obraz je tak stále výtvarně velice kvalitní a přitom nese atributy opravdovosti a blízkosti děje.

Spolupráci s Mallickem popisuje Lubezki následovně:

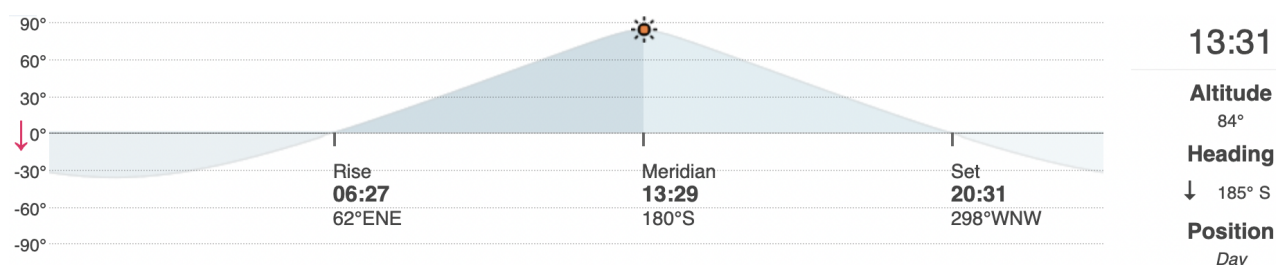
„Creating and capturing those unrehearsed moments was exhausting, yet exhilarating. “Terry does not set up the scene in a theatrical way,” says Lubezki. “He is setting up a scene in order to create little moments that feel real. Our job is to catch them, as though we are shooting a documentary, where you capture things by chance, unplanned. If you came to the set and watched us work, you

might think that nobody knows what they're doing. But it's those little moments – people call them happy accidents – that end up in the film.” (British Cinematographer, 2021)



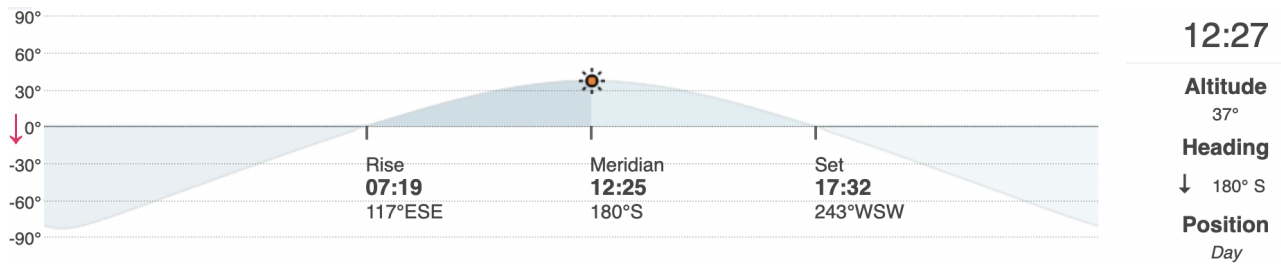
Tree of Life (2011) - Atmosféra úhlu solární elevace 0°- 6°

Hlavní lokace filmu je v americkém městě Smithville v Texasu, které leží na 30° severní šířky. V čase slunovratu 21. června dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 84°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 36 minut, v intervalu -6° - 0° 32 minut, v intervalu -12° - -6° 33 minut a v intervalu -18° - -12° také 33 minut.



Graf solární elevace ve Smithville, 21. června

V čase slunovratu 21. prosince dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 80°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 37 minut, v intervalu -6° - 0° 35 minut, v intervalu -12° - -6° 39 minut a v intervalu -18° - -12° 40 minut.



Graf solární elevace pro Smithville, 21. prosince



Tree of Life (2011) - atmosféra úhlu solární elevace 0°- 6°

2 Analýza světelných atmosfér ve vybraných místech Evropy

K datům o solární elevaci a jejím průběhu při natáčení jednotlivých filmů bych v následující části přidal vybrané středo a hlavně severoevropské lokality a umožnil tak porovnání. Postupem na sever k vyšší zeměpisným šířkám lze pozorovat vychýlení průběhu solární elevace oproti zeměpisným šířkám nižším. Dochází tak v určitých obdobích roku k výraznému navýšení času trvání jednotlivých hraničních světelných atmosfér.

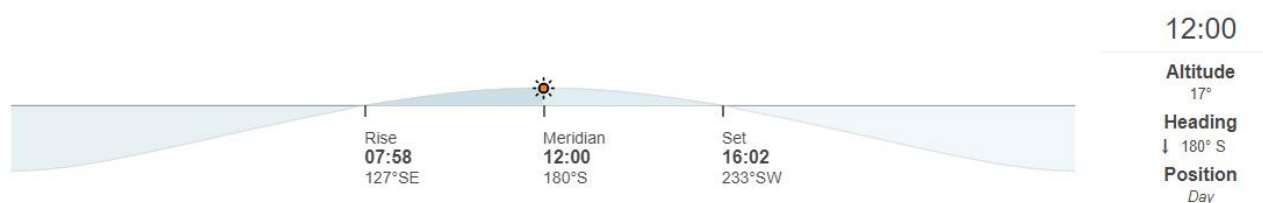
2.1 Praha

Prvním z našich zkoumaných měst je Praha. Některými nazývaná matkou všech měst, neklidným srdcem Evropy, geograficky toto označení prakticky sedí, Praha se svou polohou na 50°5' severní šířky a 14° 25' východní délky skutečně leží v pomyslném širším středu evropského kontinentu.

Z hlediska meteorologického je Praha typickým představitelem města v mírném podnebném pásu. Ve srovnání se severní Amerikou je však pražské podnebí o trochu teplejší. Průměrná teplota je 8,5°C a průměrný roční počet slunečných hodin je 1600.

Praha není nikterak známá díky výjimečným světelným atmosférám. Žádné fenomény v rámci přirozeného denního světla tu nenalezneme.

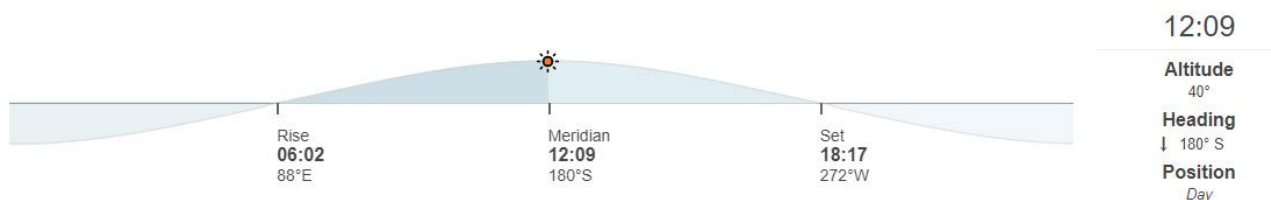
Nejtemnějším dnem roku je v Praze 21. prosinec, v tomto předvánočním čase se Praha těší pouze osmi hodinám a čtyřem minutám potencionálního slunečního svitu. Ve filmařsky nejpřívětivějších úhlech 0° - -6° je pak Slunce třicet devět minut ráno a stejný čas večer. Modrá hodinka -4°- -8° pak 21. 12. trvá 27 minut ráno i večer. Filmařsky zajímavý může být fakt, že maximální úhel Slunce nedosahuje v tento den více než 17° nad horizont.



Graf solární elevace pro Prahu 21. prosince

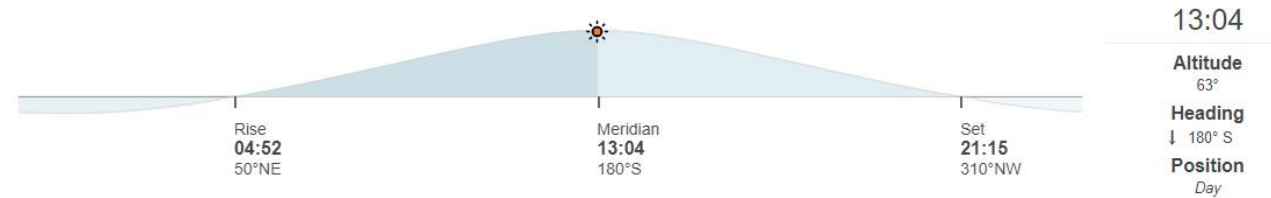
V den jarní i podzimní rovnodennosti, 21. března, respektive 23. září Slunce v Praze již celkem září - maximálně vystoupá do úhlu 40°, což již není pro filmaře tak příhodné. V

intervalu 0° - -6° se úhel Slunce udrž pouze 30 min ráno a 30 min večer. Oproti 21. 12. tak dochází k poklesu. Stejně tak je na tom modrá hodinka s 24 minutami.



Graf solární elevace pro Prahu 21. března

Lépe je na tom Praha kolem letního slunovratu. Civil Twilight 0° - -6° je dlouhý 45 min ráno a večer. Modrá hodinka pak 43° . Maximální úhel Slunce nad obzorem je 63°

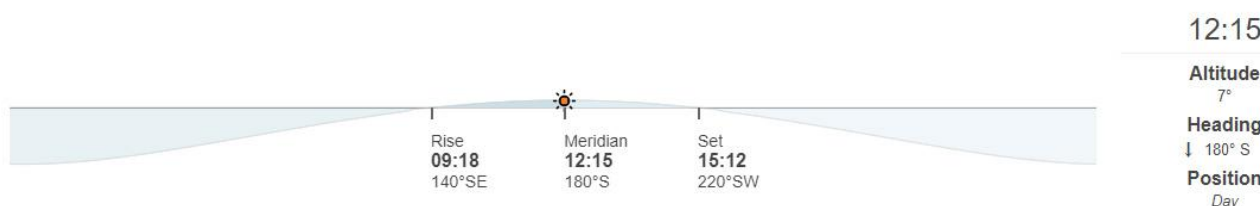


Graf solární elevace pro Prahu 21. června

2.2 Oslo

Světelné podmínky jsou v Oslu již částečně odlišné od podmínek pražských, avšak stále tu fenomény jako polární den a noc nenalezneme. Maximum v námi zkoumaném intervalu 0° - -6° je v době letního slunovratu, 21. 6., kdy se Slunce ve jednom z těchto úhlů nalézá po hodinu čtyřicet čtyři minut ráno i večer. Při rozšíření intervalu o pouhý jeden stupeň do záporné škály získáváme však nepřetržitou světleno atmosféru soumraku po pět hodin a deset minut.

V zimním období je maximum 0° - -6° v době zimního slunovratu padesát sedm minut. Slunce však v poledne dosahuje elevace pouze 7° nad horizontem, tudíž při rozšíření intervalu dostáváme značně lepší výsledek.



Graf solární elevace pro Oslo 21. prosince

2.3 Trondheim

Svou polohou na 63° 23' severní šířky ještě Trondheim nespadá do polární oblasti, a tudíž se ve městě fenoménu úplného polárního dne a noci nedočkáte. Světelné podmínky jsou tam ale i tak oproti Praze značně odlišné.

V námi nejpreferovanější době, kdy je Slunce pod úhlem 0°- -6°, je v Trondheimu možné nejdéle natáčet na přelomu jara a léta a na konci července, konkrétně pak 21. květa a 20. července. Slunce je pod úhlem v tomto intervalu nepřetržitě po 5 hodin a osm minut. Při rozšíření na interval 6°- -6° lze pak pod touto světlenou atmosférou točit v tyto dny až osm hodin a devět minut.

V zimním období lze v Trondheimu nalézt maximum na 0°- -6° v době zimního slunovratu, 21. prosince, kdy je to hodina a čtrnáct minut ráno a večer. Při rozšíření na 6°- -6° je ale sedm hodin deset minut v jednom kuse. Slunce totiž v trondheimu dosahuje v tento den maximální solární elevace pouze 3°.

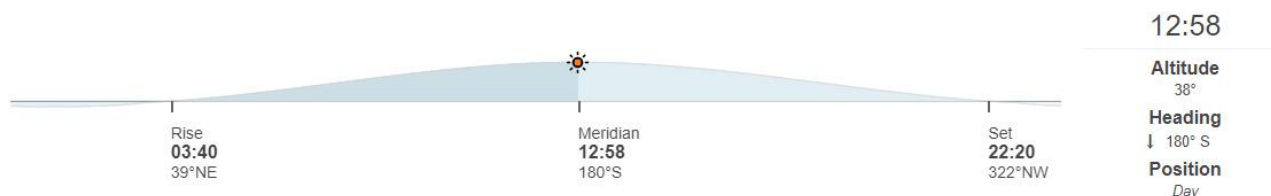


Graf solární elevace pro Trondheim, 21. prosince

2.4 Svolveer

Maximum pro interval -6°- 0° je 4. května a 9. srpna s 5 hodinami a 37 minutami Slunce v tomto rozmezí. Při rozšíření intervalu na -6°- 6° získáváme pak 4. května nepřetržitých 8 hodin a 41 minut Slunce na pomezí horizontu. V ten samý den dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 38°. Pro atmosféry přímého, ale nízkého Slunce se

tak vyplatí dorazit dříve v dubnu, respektive později v září. 9. dubna a 1. září Slunce dosahuje maximálního úhlu 30° a celý den se drží níže.



Graf solární elevace pro Svolvaer, 4. května

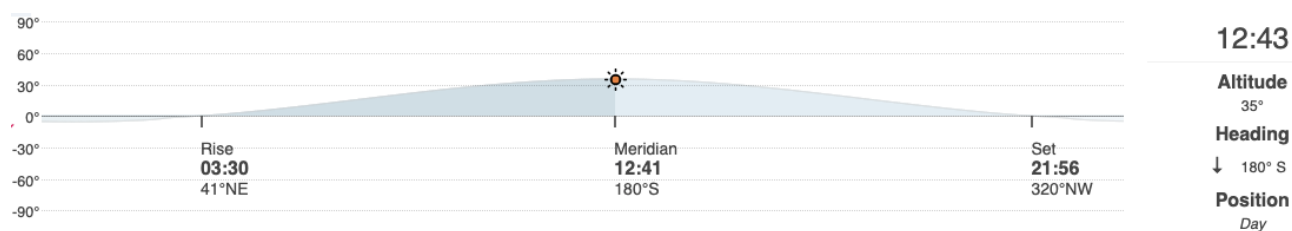
V zimních měsících nastává pak hrana námi zkoumané atmosféry v intervalu úhlů solární elevace -6° - 0° 7. prosince a 4. ledna taktéž s 5 hodinami a 37 minutami Slunce splňujícího interval. Klimatické podmínky však bývají v těchto měsících pro běžnou filmovou produkci více než náročné. Může to však být vykompenzováno fenoménem polární záře.

2.5 Tromso

Z hlediska světelných atmosfér a denních dob je Tromso svou nejsevernější polohou taktéž nejspeciřičtější z našeho výběru. Poloha za polárním kruhem určuje přítomnost jak polárního dne, tak polární noci. Polární den v Tromsu trvá od 18. května do 26. července. Polární noc pak 26. listopadu do 15. ledna, kdy Slunce vůbec nepřekročí hranici obzoru a zůstává pod 0° θ_s .

Maximy příhodných atmosfér pro film v intervalu -6° - 0° jsou v zimě právě hranice polární noci - 26. listopadu a 15. ledna, kdy je Slunce v tomto intervalu po nepřetržitou dobu 5 hodin a 48 minut. Pro natáčení panují však v tomto ročním období dosti nepříznivé klimatické podmínky.

Podstatně lepší je to během letního období, kdy 29. dubna a 14. srpna můžeme pozorovat prakticky identické intervaly trvání pro -6° - 0° . Interval úhlů -6° - 6° splňuje Slunce 29. dubna po osm hodin a padesát tři minut. Celý natáčecí den se tak dá pozorovat atmosféra, která v Praze trvá maximálně něco málo přes hodinu dvakrát denně.



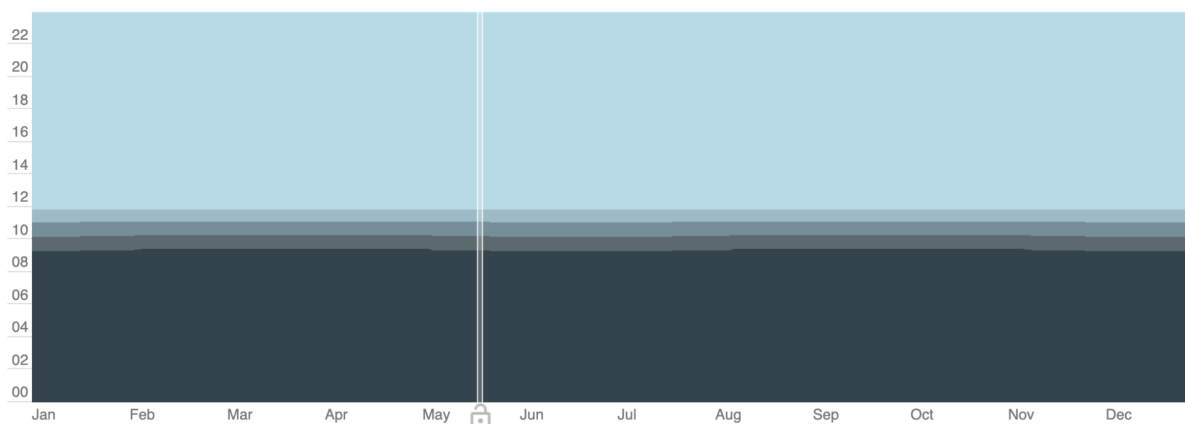
Graf solární elevace pro Tromsø, 29. dubna

3 Univerzální platnost

Zmíněné fenomény neexistují pouze na severojižní škále Evropy. Distribuce světelných atmosfér se mění podobně i na jižní polokouli, jen s posunutými maximy do opačných ročních období než na polokouli severní. Níže je tak z hlediska distribuce světelných atmosfér popsáno město Kampala v Ugandě ležící prakticky na rovníku, dále dvojice měst v Jižní Americe pro demonstraci funkčnosti stejných principů i na jižní polokouli. A nakonec pro doplnění obrazu přirozených světelných atmosfér po celém světě Tokio a Los Angeles.

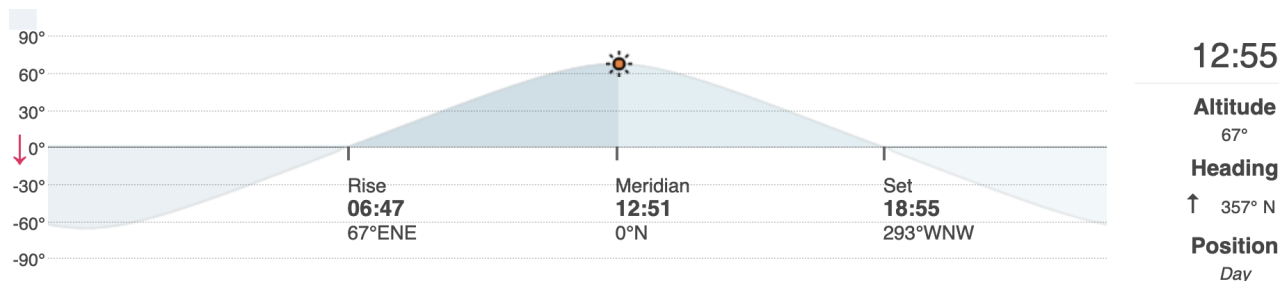
3.1 Kampala

Kampala ježí osmnáct úhlových minut na sever od rovníku v africké Ugandě. Distribuce jednotlivých zkoumaných světelných atmosfér se tam v průběhu roku mění pouze minimálně. Dochází k drobné redukci jednotlivých časů pro hraniční světelné atmosféry v okolí jarní a podzimní rovnodennosti a velice mírné prodloužení v okolí letního a zimního slunovratu. Viz následující graf distribuce světelných atmosfér.



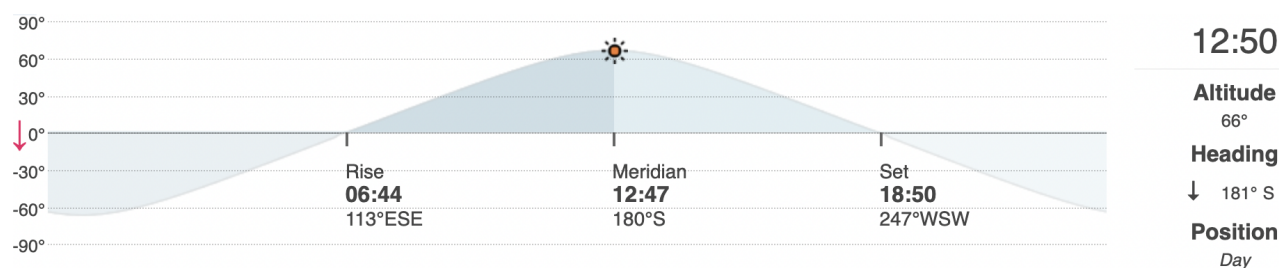
Graf distribuce světelných atmosfér v průběhu roku, Kampala

V čase slunovratu 21. června dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 67° , v intervalu úhlů $0^\circ - 6^\circ$ je 30 minut, v intervalu $-6^\circ - 0^\circ$ 27 minut, v intervalu $-12^\circ - -6^\circ$ 28 minut a v intervalu $-18^\circ - -12^\circ$ 28 minut.



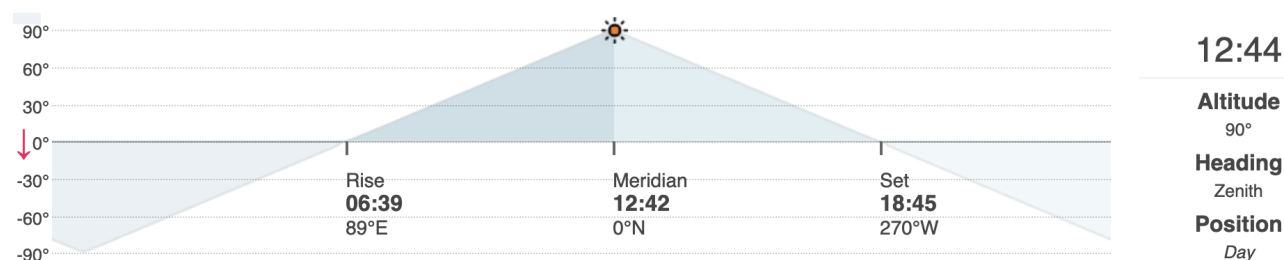
Graf solární elevace pro Kampalu, 21. června

V čase slunovratu tam 21. prosince dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 66° , v intervalu úhlů $0^\circ - 6^\circ$ je 32 minut, v intervalu $-6^\circ - 0^\circ$ 29 minut, v intervalu $-12^\circ - -6^\circ$ 30 minut a v intervalu $-18^\circ - -12^\circ$ 30 minut.



Graf solární elevace pro Kampalu, 21. prosince

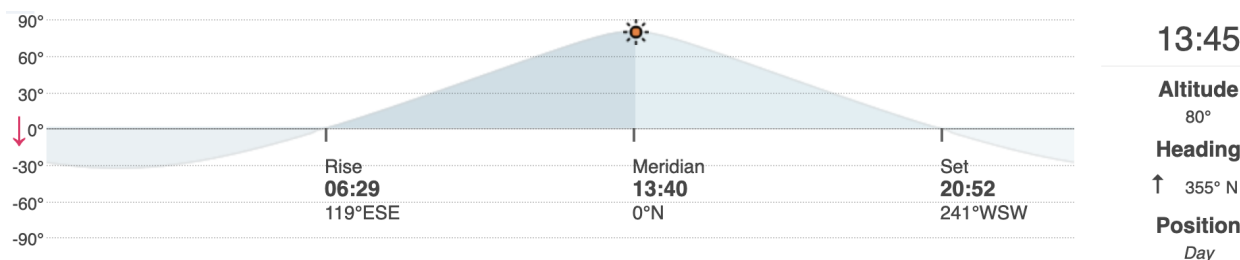
Nejvyššího úhlu solární elevace dosahuje Slunce v Kampale během jarní a podzimní rovnodennosti, viz následující graf. Na obratnících raka a kozoroha nastává tento moment během letního, respektive zimního slunovratu.



Graf solární elevace pro Kampalu, 22. září

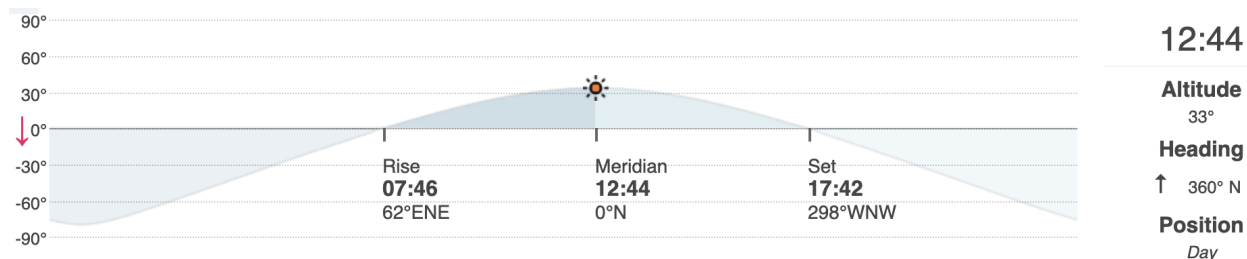
3.2 Santiago de Chile

Santiago de Chile je svou zeměpisnou šířkou přibližným ekvivalentem Casablancy v Maroku na severní polokouli. V čase slunovratu 21. prosince dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 80° , v intervalu úhlů $0^\circ - 6^\circ$ je 38 minut, v intervalu $-6^\circ - 0^\circ$ 36 minut, v intervalu $-12^\circ - -6^\circ$ 39 minut a v intervalu $-18^\circ - -12^\circ$ 43 minut.



Graf solární elevace pro Santiago de Chile, 21. prosince

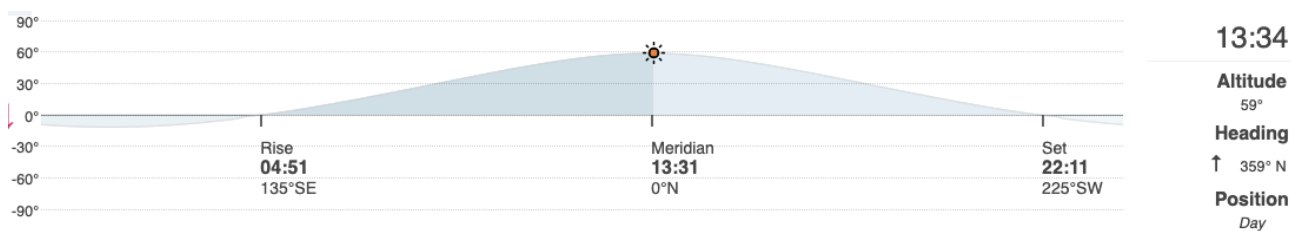
V čase slunovratu 21. června dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 33° , v intervalu úhlů $0^\circ - 6^\circ$ je 40 minut, v intervalu $-6^\circ - 0^\circ$ 32 minut, v intervalu $-12^\circ - -6^\circ$ 33 minut a v intervalu $-18^\circ - -12^\circ$ 32 minut.



Graf solární elevace pro Santiago de Chile, 21. června

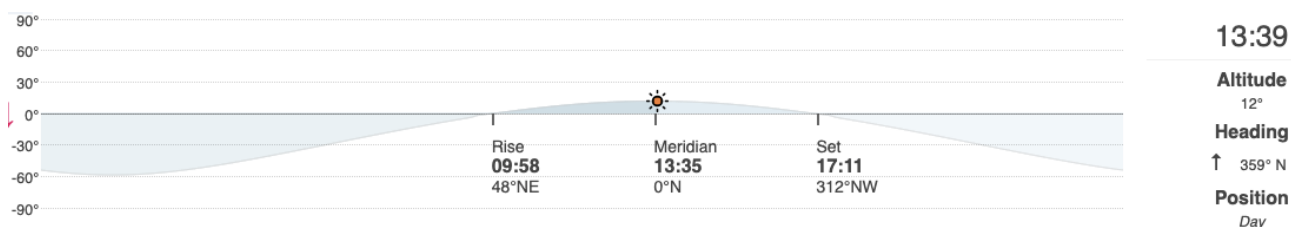
3.3 Ushuaia

Ushuaia je nejjižnější město světa, svou zeměpisnou šířkou je však na severní polokouli přibližným ekvivalentem polského Gdaňsku. V čase slunovratu 21. prosince tam dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 59° , v intervalu úhlů $0^\circ - 6^\circ$ je 1 hodinu a 6 minut, v intervalu $-6^\circ - 0^\circ$ 1 hodinu a 10 minut, v intervalu $-12^\circ - -6^\circ$ 4 hodiny a 56 minut. Intervalu $-18^\circ - -12^\circ$ Slunce v tomto datu nedosahuje.



Graf solární elevace pro Ushuaii, 21. prosince

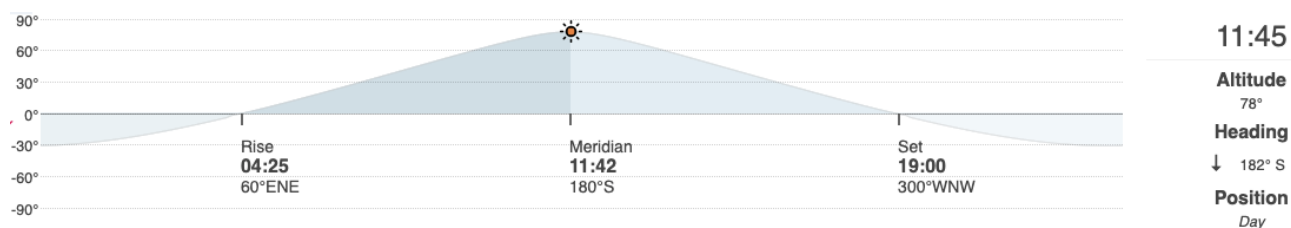
V čase slunovratu 21. června dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 12°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 1 hodinu a 20 minut, v intervalu -6° - 0° 56 minut, v intervalu -12° - -6° 52 minut a v intervalu -18° - -12° 50 minut.



Graf solární elevace pro Ushuaii, 21. června

3.4 Tokio

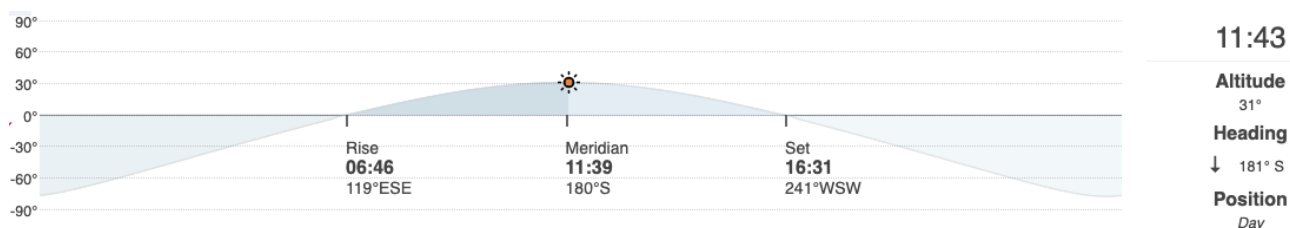
Japonské Tokio leží na 35° severní šířky. V čase slunovratu 21. června tam dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 78°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 41 minut, v intervalu -6° - 0° 36 minut, v intervalu -12° - -6° 39 minut a v intervalu -18° - -12° 47 minut.



Graf solární elevace pro Tokio, 21. června

V čase slunovratu 21. prosince dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 31°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 40 minut, v intervalu -6° - 0° 34 minut, v intervalu -12° - -6° 36 minut a v intervalu -18° - -12° 35 minut.

Graf solární elevace pro Tokio, 21. prosince

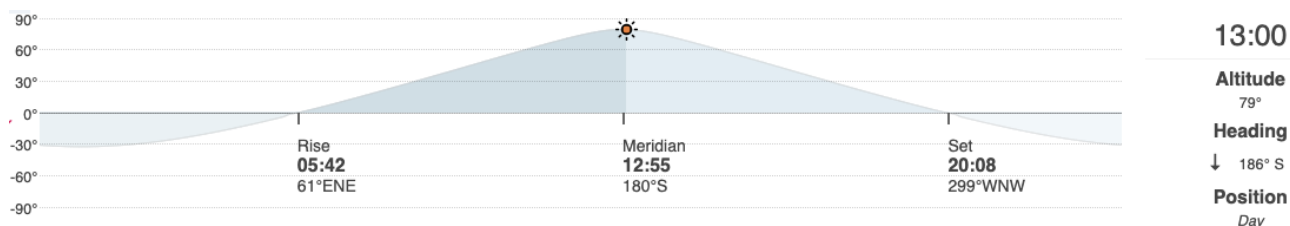


Graf solární elevace pro Tokio, 21. prosince

3.5 Los Angeles

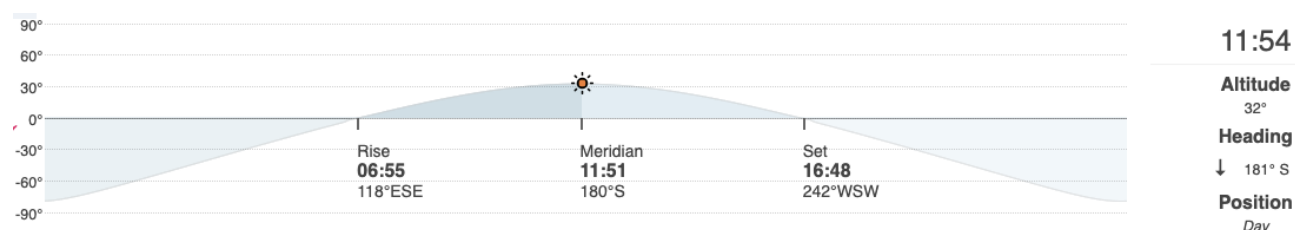
Filmařsky proslulá část amerického Los Angeles leží na velice podobné zeměpisné šířce jako Tokio, 34° s. š. , rozdílem je pouze 34 úhlových minut. Na těchto dvou příkladech tak lze ilustrovat neměnnost intervalů slunečních úhlů v závislosti na zeměpisnou délku.

V čase slunovratu 21. června tam dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 79°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 40 minut, v intervalu -6° - 0° 35 minut, v intervalu -12° - -6° 38 minut a v intervalu -18° - -12° 46 minut.



Graf solární elevace pro Hollywood, Los Angeles, 21. června

V čase slunovratu 21. prosince dosahuje Slunce maximálního úhlu solární elevace 32°, v intervalu úhlů 0° - 6° je 41 minut, v intervalu -6° - 0° 35 minut, v intervalu -12° - -6° 37 minut a v intervalu -18° - -12° 36 minut.



Graf solární elevace pro Hollywood, Los Angeles, 21. prosince

Závěr

V rámci práce jsem analyzoval různé vlastnosti přirozeného denního světla a pokusil se vysvětlit jejich přesah do kameramanské praxe. Dále jsem zkoumal výskyt charakteristických světelných atmosfér v průběhu denní a roční doby. V neposlední řadě jsme pak hledal souvislosti ve vývoji těchto změn a zeměpisné šířce.

Při pohybu na sever dochází k výrazným změnám na poli průběhu a proporcí denních světelných atmosfér. Například v úhlu solární elevace -6° - 0° , vizuálně velice zajímavé atmosféře těsně před východem / po západu Slunce, lze posunem produkce na sever dosáhnout až čtyřnásobný čas se stejnou světelnou atmosférou. Při rozšíření úhlového intervalu pak tato změna ještě roste.

Přibližně již na 61° severní šířky, kousek nad norským Oslem, lze 21. června pozorovat tuto atmosféru v délce 4 hodiny a 56 minut. Při posunu dále na sever se pak toto maximum rozděluje do dvou výskytů a přibližuje blíže jaru, respektive podzimu. Dále však již tak drasticky neroste, vysoko na severu v Tromsu je maximum 29. dubna s 5 hodinami a 48 minutami. To samé platí i při posunu na jih.

Z dat tedy plyne, že za dlouhotrvajícími světelnými atmosférami okolo západů a východů Slunce není třeba jezdit až na daleký sever, bohatě stačí filmovou infrastrukturou bohaté vybavené okolí Osla. Jednoduchým plánováním produkce lze pak docílit natáčení ve světelně zajímavých podmínkách při značně menším štábu a s menším množstvím osvětlovací techniky, tj. s výrazným ekonomickým i estetickým přínosem.

Využitím přirozeného světla je taktéž možné získat větší volnost v tvorbě. Nejenom, že zasvěcená je celá krajina a kamera se společně s herci může volně pohybovat, ale taktéž méně světla znamená menší štáb a menší tlak na vedoucí profese. Natáčení se pak může stát dokumentárnějším a tvůrci rybní momentů opravdovosti a přirozenosti z tekoucí řeky času, jak zmínil Emmanuel Lubezki.

Seznam použité literatury

- Ascmag.com. 2021. *Nomadland: New Naturalism - The American Society of Cinematographers*. [online] Available at: <<https://ascmag.com/articles/nomadland-new-naturalism>> [Accessed 20 May 2021].
- Cinematographer, B., 2021. *Emmanuel Lubezki AMC ASC / The Tree of Life - British Cinematographer*. [online] British Cinematographer. Available at: <<https://britishcinematographer.co.uk/emmanuel-lubezki-amc-asc-the-tree-of-life/>> [Accessed 20 May 2021].
- 1999. *Vision and colour. Physical measurement of light and radiation*. Vienna: CIE. Central Bureau.
- Almendros, N., 2021. *Photographing Days of Heaven - The American Society of Cinematographers*. [online] Ascmag.com. Available at: <<https://ascmag.com/articles/photographing-days-of-heaven>> [Accessed 12 May 2021].
- Ascmag.com. 2021. *Nomadland: New Naturalism - The American Society of Cinematographers*. [online] Available at: <<https://ascmag.com/articles/nomadland-new-naturalism>> [Accessed 20 May 2021].
- Bhasin, G., 2021. *Twilight Photography: In Depth Discussion - Blog - Adept Clipping Path*. [online] Blog - Adept Clipping Path. Available at: <<https://www.adeptclippingpath.com/blog/twilight-photography-in-depth-discussion/>> [Accessed 20 May 2021].
- Cinematographer, B., 2021. *Emmanuel Lubezki AMC ASC / The Tree of Life - British Cinematographer*. [online] British Cinematographer. Available at: <<https://britishcinematographer.co.uk/emmanuel-lubezki-amc-asc-the-tree-of-life/>> [Accessed 20 May 2021].
- Čihák, R. and Med, M., 1987. *Anatomie*. Praha: Avicenum.
- Ditchburn, R., 1963. *Light*. [New York]: Interscience Publishers.
- Goi, M. and Winterhalter, M., 2014. *American cinematographer manual*. Hollywood, Calif.: The ASC Press.
- Habel, J., 2013. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public.
- Hernández-Andrés, J., Romero, J., Nieves, J. and Lee, R., 2001. Color and spectral analysis of daylight in southern Europe. *Journal of the Optical Society of America A*, 18(6), p.1325.
- Ledrise. 2021. *Color Rendering Index (CRI)*. [online] Available at: <<https://www.ledrise.eu/blog/cri-explained-lr/>> [Accessed 20 May 2021].
- Meeus, J., 2009. *Astronomical algorithms*. Richmond, Virg.: Willmann-Bell.

-
- NOAA.gov. 2021. *National Oceanic and Atmospheric Administration*. [online] Available at: <<https://noaa.gov>> [Accessed 20 May 2021].
 - SMOK, J., PECAK, J. and TAUSK, P., 1975. *BAREVNÁ FOTOGRAFIE*. PRAHA: SNTL.
 - Timeanddate.com. 2021. *Sunrise and Sunset Calculator*. [online] Available at: <<https://www.timeanddate.com/sun/>> [Accessed 9 May 2021].
 - Zerefos, C., Gerogiannis, V., Balis, D., Zerefos, S. and Kazantzidis, A., 2007. Atmospheric effects of volcanic eruptions as seen by famous artists and depicted in their paintings. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7(15), pp.4027-4042.