

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Geografie
Učitelství geografie pro střední školy



Mgr. Kristýna Flašarová

Využití DPZ ve výuce na středních školách

Remote sensing in the secondary school education

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

Praha, 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 17. 4. 2019

Podpis

Děkuji svému vedoucímu práce doc. RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za pomoc, ochotu, odborné vedení a trpělivost, které byla potřeba pro vypracování této diplomové práce. Dále chci poděkovat mé rodině a všem, kteří mě během celého studia podporovali.

Abstrakt:

Dálkový průzkum Země (DPZ) se zabývá zkoumáním povrchu Země skrz družicové a letecké snímky. Díky této technologii je možné získat data o objektech i probíhajících jevech na povrchu Země či v její atmosféře bez přímého fyzického kontaktu se zkoumanými objekty. Právě možnost studia objektů a jevů na dálku je obrovskou výhodou této metody. DPZ nabývá v posledních letech na významu a od školního roku 2009/2010 by měla být plošně zavedena výuka DPZ na gymnáziích a středních odborných školách se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí. Ve skutečnosti se však s DPZ setkala při výuce pouze necelá polovina absolventů těchto škol, kteří maturovali mezi lety 2010 a 2019. V této diplomové práci je zkoumán aktuální stav výuky DPZ na SŠ a testován program Sentinel Hub v podobě praktických úkolů doprovázených podrobným manuálem. Tento volně dostupný program by mohl napomoci implementaci DPZ do výuky a plošného využití této moderní technologie, která má své místo nejen v geografii.

Abstract:

Remote sensing is a tool that allows us to study Earth's surface using satellite and aerial imagery. Using this technology, it is possible to obtain data regarding objects as well as processes on Earth and in its atmosphere without being in physical contact with the studied objects. This ability to detect and study objects and processes remotely presents a significant advantage over other methods. The importance of remote sensing has gained considerable recognition in recent years and remote sensing was supposed to be introduced into the curricula of grammar school (gymnázium) and Geodesy and cadaster (Geodézie a katastr nemovitostí) high school programs in 2009. Despite this, approximately half of graduates of these programmes between 2010 and 2019 reported not encountering remote sensing in high school. This thesis studies the current state of remote sensing instruction in high schools and tests the Sentinel Hub software in the form of practical assignments accompanied by a detailed manual. This free software has the potential to aid the implementation of remote sensing in education and an overall wider use of this technology as it is applicable in a wide range of disciplines.

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek.....	10
Seznam příloh	10
Seznam použitých zkratk.....	11
1 Úvod.....	12
2 Rešerše.....	13
2.1 DPZ.....	13
2.1.1 Elektromagnetické záření.....	13
2.1.1.1 Ultrafialové záření (ultraviolet, UV).....	14
2.1.1.2 Viditelné záření (visible, VIS).....	14
2.1.1.3 Infračervené záření	14
2.1.1.4 Mikrovlnné záření.....	14
2.1.2 Průchod záření atmosférou a spektrální odrazivost.....	15
2.1.2.1 Vegetace.....	17
2.1.2.2 Holá půda.....	17
2.1.2.3 Voda	18
2.1.3 Spektrální rozlišení.....	18
2.1.4 Vizualizace snímku	19
2.1.5 Rozlišení	19
2.1.6 Družice.....	20
2.1.6.1 Družice používané v environmentálních studiích.....	20
2.1.6.1.1 Landsat.....	20
2.1.6.1.2 Sentinel.....	21
2.1.7 Kombinace spektrálních pásem a indexy používané v DPZ	22
2.1.7.1 Přirozené barvy (Natural color, True color).....	22
2.1.7.2 Nepravé barvy (False color, Color infrared vegetation).....	23
2.1.7.3 Nepravé barvy – zástavba (False color – urban)	23

2.1.7.4	Zemědělství (Agriculture)	24
2.1.7.5	Vegetační index (Vegetation Index, Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)	25
2.1.7.6	Vodní index (Moisture Index, Normalized Difference Water Index, NDWI) 28	
2.1.7.7	Sněhový index (Normalized Snow Difference Index, NDSI).....	29
2.1.7.8	Krátkovlnné infračervené záření (Short-wave Infrared, SWIR)	29
2.1.8	Objem dat, uživatelská přístupnost.....	30
2.1.9	Sentinel Hub	31
2.1.9.1	Sentinel Playground	31
2.1.9.2	EO Browser.....	31
2.2	Aktuální stav dostupných středoškolských výukových materiálů.....	31
2.3	Zapojení DPZ do středoškolského kurikula	32
2.3.1	Zamýšlené kurikulum	32
2.3.1.1	Rámcové vzdělávací programy (RVP).....	32
2.3.1.2	Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky ze zkušebního předmětu zeměpis	35
2.3.2	Realizované kurikulum	36
2.3.3	Dosažené kurikulum.....	36
3	Metodika	37
3.1	Dotazníky	37
3.1.1	Dotazník č. 1	37
3.1.2	Dotazník č. 2	38
3.1.3	Dotazník č. 3	38
3.2	Praktická část.....	38
3.2.1	Úkol č. 1	38
3.2.2	Úkol č. 2	40
3.2.3	Úkol č. 3	42
3.3	Statistické vyhodnocení výsledků	43

4	Výsledky.....	44
4.1	Dotazník č. 1 a č. 2.....	44
4.2	Dotazník č. 3	51
4.2.1	Učitelé, kteří DPZ nevyučují	51
4.2.2	Učitelé, kteří DPZ vyučují	52
4.3	Praktická část.....	54
4.3.1	Kvízové otázky	56
4.3.1.1	Úkol č. 1: Základní práce s DPZ.....	56
4.3.1.2	Úkol č. 2: Sicilská sopka znovu ukázala sílu.....	56
4.3.1.3	Úkol 3: Tání ledovců	56
4.3.2	Zpětná vazba	57
5	Diskuze	60
5.1	Realizované kurikulum	60
5.2	Realizované kurikulum z pohledu učitelů.....	60
5.3	Dosažené kurikulum.....	61
5.3.1	Praktická část.....	62
5.4	DPZ jako průřezové téma.....	63
6	Závěr.....	64
7	Seznam použité literatury	65

Seznam obrázků

Obrázek 1: Aktivní a pasivní DPZ.	13
Obrázek 2. Spektra elektromagnetického záření.	15
Obrázek 3. Spektrální křivky povrchů a spektrální kanály multispektrálních senzorů.....	16
Obrázek 4. Křivky spektrální odrazivosti půdy	18
Obrázek 5. Pixel a převod panchromatického snímku z čísel.	19
Obrázek 6. Snímek z geostacionární družice MGS a polární družice NOAA	20
Obrázek 7. Družicový snímek v přirozených barvách.	22
Obrázek 8. Družicový snímek v nepravých barvách.	23
Obrázek 9. Družicový snímek v nepravých barvách se zaměřením na zástavbu.....	24
Obrázek 10. Družicový snímek zvýrazňující zemědělství.	25
Obrázek 11. Odlišná odrazivost různých vlnových délek u zdravé a nezdravé vegetace, kterou využívá vegetační index.	26
Obrázek 12. Družicový snímek zobrazující vegetační index.	27
Obrázek 13. Družicový snímek zobrazující vodní index.....	28
Obrázek 14. Družicový snímek zobrazující sněhový index	29
Obrázek 15. Družicový snímek zobrazující kombinaci krátkovlnného infračerveného záření	30
Obrázek 16. Implementace DPZ v RVP pro gymnázia.	34
Obrázek 17. Implementace DPZ v RVP pro střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí.	35
Obrázek 18. Úvodní část praktické části dotazníku.	39
Obrázek 19. Ukázka úkolů z praktické části dotazníku.	40
Obrázek 20. Evokační článek ke druhému úkolu praktické části dotazníku.	41
Obrázek 21. Ukázka úkolů z praktické části dotazníku.	41
Obrázek 22. Reflexní část druhého úkolu praktické části dotazníku.	42
Obrázek 23. Ukázka třetího úkolu praktické části dotazníku.....	43
Obrázek 24. Kraje, ve kterých respondenti Dotazníku č. 1 navštívili SŠ.	44
Obrázek 25. Využívání DPZ v běžném životě.....	45

Obrázek 26. Setkání absolventů SŠ s DPZ ve školní výuce.	46
Obrázek 27. Graf vývoje relativní četnosti výuky DPZ.	47
Obrázek 28. Podíl škol s vyučováním DPZ v krajích.	48
Obrázek 29. Předmět, ve kterém se absolventi SŠ setkali s DPZ.	48
Obrázek 30. Předmět, ve kterém se studenti SŠ setkali s DPZ.	49
Obrázek 31. Typ výuky, ve které se absolventi SŠ setkali s DPZ.	49
Obrázek 32. Forma výuky, ve které se absolventi SŠ setkali s DPZ.	50
Obrázek 33. Obtížnost DPZ.	50
Obrázek 34. Kraje, ve kterých dotazovaní učitelé učí.	51
Obrázek 35. Typ výuky, ve které učitelé učí DPZ.	52
Obrázek 36. Forma výuky, jakou učitelé učí DPZ.	52
Obrázek 37. Obtížnost DPZ pro učitele.	53
Obrázek 38. Technologická náročnost výuky DPZ.	53
Obrázek 39. Celkové rozdělení bodů (studenti gymnázia).	54
Obrázek 40. Celkové rozdělení bodů u studentů gymnázií.	54
Obrázek 41. Celkové rozdělení bodů (geografové).	55
Obrázek 42. Celkové rozdělení bodů (negeografové).	55
Obrázek 43. Obtížnost práce s programem Sentinel Hub Playground.	57
Obrázek 44. Obtížnost práce s programem Sentinel Hub EO Browser.	58
Obrázek 45. Náročnost anglického jazyka programu.	58
Obrázek 46. Srozumitelnost zadání úkolů.	59

Seznam tabulek

Tabulka 1. Vybrané družice a kanály se spektry, ve kterých pořizují snímky	21
Tabulka 2. Počet bodů získaných v kvízu praktické části.....	55
Tabulka 3. Testované hypotézy.....	59

Seznam příloh

Dotazník č. 1 (2)

Dotazník č. 3

Seznam použitých zkratk

DPZ	Dálkový průzkum Země
ESERO	Evropská kancelář pro vzdělávání o vesmíru
EVI	Enhanced vegetation index
GIS	Geoinformační systém
MIR	Střední infračervené záření
MSI	Moisture stress index
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NDII	Normalized difference infrared index
NDVI	Normalizovaný vegetační index
NDWI	Vodní index
NDSI	Sněhový index
NIR	Blízké infračervené záření
REIP	Red edge inflection point
RGB	Red-green-blue model
RSR	Reduced simple ratio
RVI	Základní jednoduchý poměrový vegetační index
RVP	Rámcový vzdělávací program
SWIR	Krátkovlnné infračervené záření
ŠVP	Školní vzdělávací program
TIR	Tepelné infračervené záření
USGS	United States Geological Survey
UV	Ultrafialové záření
VIS	Viditelné záření

1 Úvod

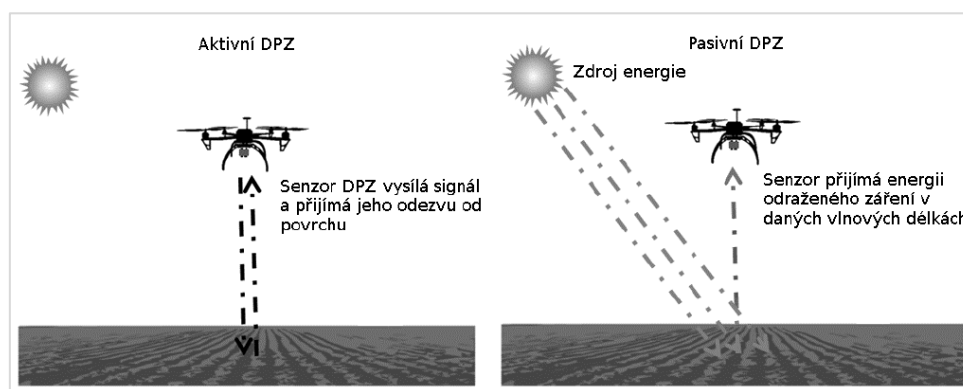
Dálkový průzkum Země (DPZ) se zabývá zkoumáním povrchu Země skrz družicové a letecké snímky. Díky této technologii je možné získat data o objektech i probíhajících jevech na povrchu Země či v její atmosféře bez přímého fyzického kontaktu se zkoumanými objekty (Murdych 1985). Právě možnost studia objektů a jevů na dálku je obrovskou výhodou této metody. DPZ nabývá v posledních letech na významu. Tato moderní metoda tak umožňuje získávat aktuální informace o nejrůznějších jevech na Zemi a využít tak data v oblastech, jako je územní plánování, přírodní ohrožení a rizika, ochrana přírody, zemědělství a kartografie (Flašar 1986; Kupková, Král 2011). Díky DPZ můžeme sledovat jevy, jako jsou požáry, povodně, počasí, sopečné erupce, ale i rozšiřování městské zástavby, deforestaci či ubývání ledovců. V Nigérii se DPZ dokonce používá k monitoringu terorismu (Danjuma a Ubayo 2014). Dálkový průzkum Země využívají čím dál častěji věda, státní instituce i soukromé společnosti vzhledem k vysokým nákladům potřebných k terénním šetřením, jak z hlediska finančního, tak časového a personálního (Voss et al. 2007; Rosaare 2014). S nastupující digitalizací roste i využívání technologií, které byly dříve dostupné pouze odborníkům, i laickou veřejností (Kupková 2001), a proto je důležité zahrnout i tento obor do běžné výuky (Kupková 2011).

Tato diplomová práce se zabývá tématem DPZ ve výuce na středních školách. Předmětem zájmu je implementace DPZ do středoškolského kurikula. Hlavním cílem práce bylo zjistit současný stav zapojení DPZ do výuky na středních školách a vytvoření výukových materiálů s manuálem k novému volně dostupnému programu Sentinel Hub, které byly otestovány nejen při výuce na středních školách.

2 Rešerše

2.1 DPZ

Družicové a letecké snímky vznikají díky technologii umožňující snímat odražené nebo pohlcené elektromagnetické záření (Campbell, Wynne 2011). Způsob pořízení snímků rozlišujeme na aktivní a pasivní. Aktivně pořízené snímky využívají senzoru s vlastním zdrojem energie (laser, radar, lidar). Pasivně pořízené snímky (fotoaparát, digitální kamera, termální skener) využívají naopak zejména slunečního záření (obr. 1), které je objektem odraženo či vyzářeno (Lukeš 2018). Výhodou aktivních senzorů je, že mohou pracovat i v noci bez slunečního záření a mohou produkovat vlnové délky, které sluneční záření neobsahuje v dostatečné míře (Čapek 1987).



Obrázek 1: Aktivní a pasivní DPZ. Zdroj: Lukeš et al. 2017

2.1.1 Elektromagnetické záření

Elektromagnetické záření se skládá ze spekter o různých vlnových délkách a každý materiál má jiné tzv. spektrální chování, což je v podstatě reakce materiálu (odrazivost či pohlcení) na různou vlnovou délku elektromagnetického záření (obr. 2). Tím je možné od sebe z dálky odlišit například vodu od betonu, i když ve viditelném spektru na letecké fotografii budou barevně splývat. Infračervené záření totiž odrazí voda jinak než beton (Tempfli et al. 2009). Dálkový průzkum Země využívá široký rozsah spektra elektromagnetického záření: ultrafialové záření (0,1–0,4 μm), viditelné světlo (0,4–0,7 μm), infračervené záření blízké (0,7–1,4 μm), infračervené záření střední (1,4–3 μm), tepelné záření (3 μm –1 mm) a mikrovlnné záření (1 mm–1 m). Tyto intervaly nezahrnují pouze jeden paprsek světelného záření s daným rozpětím, ale různé paprsky o vlnových délkách, které se nacházejí v daném rozpětí (Tempfli et al. 2009). Přejechy mezi jednotlivými kategoriemi jsou plynulé a nemají ostré hranice. Pro lepší názornost může posloužit příklad duhy, kde jedna barva přechází plynule do druhé. DPZ využívá i spektra mimo viditelné světlo, což přináší obrovskou výhodu

oproti například obyčejné fotografii (Kupková 2010a). Podle vlnové délky je možné určit i zdroj elektromagnetického záření. Sluneční záření zahrnuje oblasti viditelného, blízkého infračerveného a krátkovlnného infračerveného spektra. Při delších vlnových délkách (nad 5 μm) pak převažuje termální radiace Země (Čapek 1987).

2.1.1.1 Ultrafialové záření (ultraviolet, UV)

Ultrafialové záření má nejkratší vlnovou délku ze spekter používaných v DPZ. Záření o této vlnové délce umožňuje rozpoznat některé vlastnosti minerálů a detekovat je. V praxi lze tento jev přiblížit pokusem s UV lampou a zuby, jelikož zubní sklovina obsahuje fluorid sodný, který pod UV světlem svítí (Tempfli et al. 2009).

2.1.1.2 Viditelné záření (visible, VIS)

Viditelné záření je nerozšířenější používané elektromagnetické spektrum v DPZ, jelikož se ve viditelném záření zobrazují fotografie. S touto podobou zobrazení se tak tedy setkala většina laických uživatelů DPZ. Výhodou viditelného záření je, že zobrazuje objekty v přirozených barvách a pro lidské oko je tak velmi snadné snímek přečíst. V DPZ se pracuje s modrým (0,4 – 0,5 μm), zeleným (0,5 – 0,6 μm) a červeným spektrem (0,6 – 0,7 μm), jejichž kombinací lze získat všechny barvy (Čapek 1987). Barva objektů závisí na odrazivosti v daných intervalech elektromagnetického spektra, například zelený objekt odráží spektrum okolo 0,54 μm (Tempfli et al. 2009). Nevýhodou viditelného záření je, že je hodně pohlcováno či rozptylováno v atmosféře, například oblačností (Kupková a Král 2011).

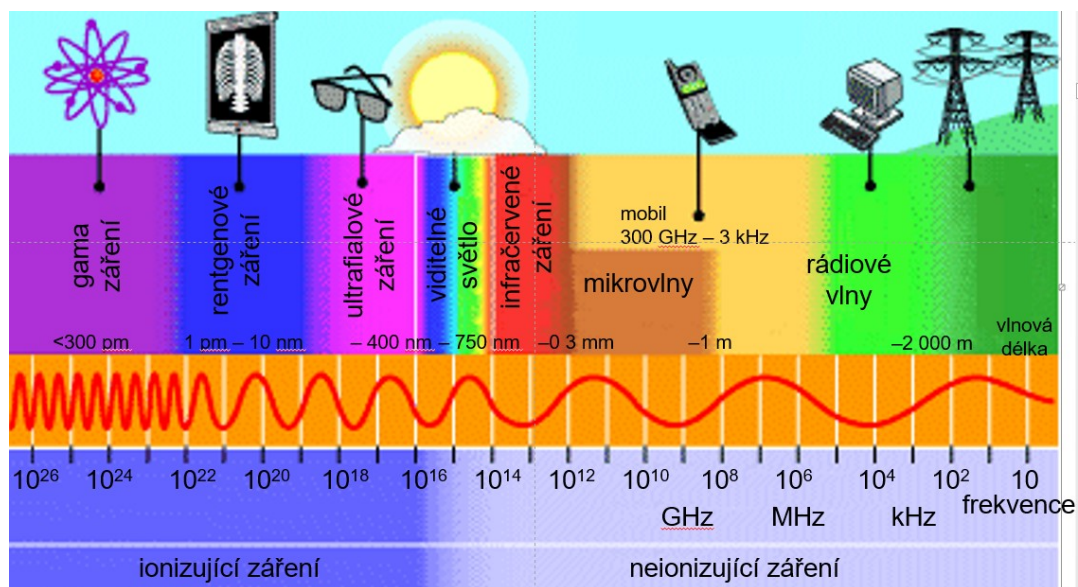
2.1.1.3 Infračervené záření

Infračervené záření má kratší vlnovou délku než viditelné záření a je méně rozptylováno a pohlcováno atmosférou než viditelné záření (Čapek 1987). Rozlišuje se na blízké infračervené záření (near infrared, NIR), které se využívá např. k rozlišení listnatých a jehličnatých porostů, krátkovlnné infračervené záření (short-wavelength infrared, SWIR), střední infračervené záření (middle infrared, MIR), které umožňuje rozpoznat sníh a led, zdravotní stav vegetace či zemský povrch za tmy a tepelné infračervené záření (thermal infrared, TIR), které zachytí tepelné záření vyzařované objekty (Tempfli et al. 2009; Kupková a Král 2011). Různými spektry infračerveného záření tak lze získat informace o vegetaci, půdě, geologii, ledovcích, požárech ale i o povrchové teplotě oceánů (Kupková a Král 2011).

2.1.1.4 Mikrovlnné záření

Mikrovlnné záření má nejdelší vlnovou délku z používaných spekter v DPZ. V tomto spektru se již využívá více aktivních zdrojů záření a senzory tak snímají odražené záření, které bylo vysláno např. radarem či laserem (Campbell, Wynne 2011). Mikrovlnné záření je minimálně ovlivněno atmosférou, překážkou je pouze vydatný déšť. Snímání v těchto vlnových délkách

slouží především ke studiu reliéfu zemského povrchu, intenzitě srážek (Kupková a Král 2011) či vlhkosti v půdě (Tempfli et al. 2009).



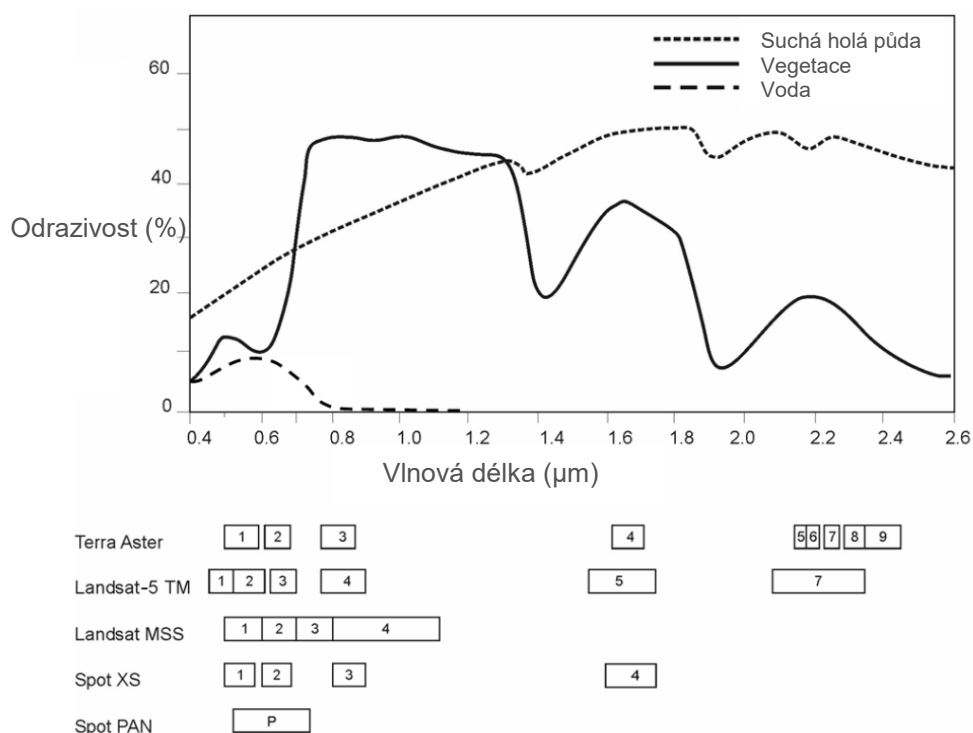
Obrázek 2. Spektra elektromagnetického záření. Zdroj: Němcová 2014

2.1.2 Průchod záření atmosférou a spektrální odrazivost

Většina měření dálkového průzkumu Země se soustředí na zemský povrch a k získání informací tak elektromagnetické záření musí projít skrz atmosféru (Čapek, 1987). Vzhledem k tomu, že je atmosféra složena z různých molekul plynů a pevných či kapalných částic (aerosolů), dochází v atmosféře k rozptylu a pohlcování záření. Rozptýlení elektromagnetického záření je odchýlení paprsku od jeho původní dráhy, je závislé na množství částic v atmosféře a na vlnové délce záření. K rozptylu dochází i za jasného dne, zhruba 5 % viditelného záření je rozptýleno v atmosféře. Pokud je zataženo, je rozptýlena většina viditelného záření, což způsobuje, že i lidským okem vnímáme barvy jako méně výrazné (Tempfli et al. 2009). Kratší vlnové délky jsou rozptylovány více než delší. Tento jev je známý na příkladu vnímání barvy oblohy. Jelikož modré viditelné záření má kratší vlnovou délku, dochází v atmosféře k jeho rozptylu a oblohu tak vnímáme jako modrou. Při západu slunce paprsky musí projít skrz mocnější vrstvu atmosféry, tudíž i reagovat s vícero částicemi a dochází tak k rozptylu i červeného viditelného záření. Lidské oko pak oblohu vnímá jako načervenalou. Pokud by nedocházelo k vůbec žádnému rozptylu viditelného záření, obloha by měla černou barvu, naopak oblačnost má bílou barvu, jelikož zde dochází k rozptylu všech barev viditelného spektra (Tempfli et al. 2009). Nejvíce pohlcují elektromagnetické záření molekuly ozonu (O_3), vodní páry (H_2O) a oxidu uhličitého (CO_2), které se nachází v různých vrstvách atmosféry (Tempfli et al. 2009). Některé vlnové délky

elektromagnetického záření však dokážou atmosférou proniknout až k zemskému povrchu stejně jako například rentgenové záření skrz lidské tělo. Tyto části spektra nazýváme atmosférická okna (atmospheric transmission windows), zahrnující jak části ultrafialového, viditelného, infračerveného i mikrovlnného záření (Pham 2018).

Pokud elektromagnetické záření projde atmosférou a dopadne na zemský povrch, interaguje různě s odlišnými typy povrchu. Záření může být odraženo, pohlceno, rozptýleno či může skrz materiál projít a pokračovat dále. Typ interakce je dán nejen vlastnostmi materiálu, ale i vlnovou délkou elektromagnetického záření (Tempfli et al. 2009). Každý materiál má jinou interakci s elektromagnetickým zářením při odlišných vlnových délkách, tato vlastnost se nazývá spektrální chování. Odrazivost v závislosti na typu povrchu a délce elektromagnetického záření sleduje tzv. křivka spektrální odrazivosti (Kupková 2010 a). Na příkladu obr. 3 je vidět, že například voda odráží nejvíce záření okolo vlnové délky 0,6 μm (viditelné světlo) a záření s vlnovou délkou delší než 0,8 μm pohlcuje (absorbuje), zatímco půda odráží větší část záření s jeho rostoucí vlnovou délkou. Tyto odlišné vlastnosti typů povrchů umožňují jejich rozlišení mezi sebou při použití různých vlnových délek (Kupková 2010a; Pham 2018). Spektrální odrazivost různých povrchů byla zjištěna měřením v laboratoři i v terénu.



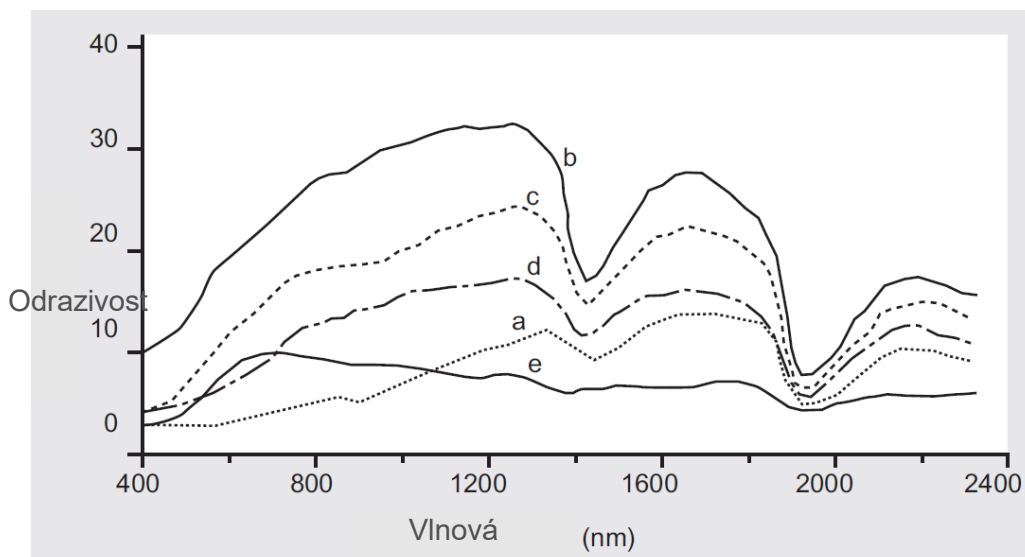
Obrázek 3. Spektrální křivky povrchů a spektrální kanály multispektrálních senzorů. Zdroj: Tempfli et al. 2009

2.1.2.1 Vegetace

Spektrální odrazivost vegetace závisí na vlastnostech vegetačního pokryvu, jako je třeba orientace listů či struktura stromového patra. Velmi důležitým faktorem je i pigmentace listů či obsah vody (Tempfli et al. 2009). Křivka spektrální odrazivosti vegetace v ideálním stavu (obr. 3) ukazuje, že odrazivost modré a červené části viditelného spektra je velmi malá. To je dáno tím, že tyto části spektra jsou vegetací, respektive chlorofylem, pohlceny a využity k fotosyntéze (Tempfli et al. 2009). Naopak zelená část viditelného spektra je odražena, proto má vegetace zelenou barvu. Nejvyšší je odrazivost v blízkém infračerveném spektru. Ta se však liší typem vegetace (Benes 2003). Odrazivost ve spektru středního infračerveného záření je dána obsahem vody ve vegetaci a s jejím narůstajícím množstvím klesá. Pokud je vegetace suchá, odrazivost ve středním infračerveném spektru roste, zatímco v blízkém infračerveném spektru klesá. Této kombinace lze využít například při zkoumání zdravotního stavu vegetace (Kupková, Král 2011).

2.1.2.2 Holá půda

Odrazivost půdy závisí zejména na půdním typu, barvě a obsahu vlhkosti. Na obr. 3 je znázorněna suchá půda, zatímco na obr. 4 je půda v normálním stavu, tj. s obsahem vody (Hartemink et al. 2008). Tohoto jevu se dá využít při studiu sucha pomocí DPZ. Velmi důležitá je znalost půdního typu a dalších vlastností půdy, kterou pomocí DPZ zkoumáme, jelikož tmavá molická půda s vysokým obsahem organické hmoty bude mít nižší odrazivost než kambizemě nebo hnědozemě (Dwivedi 2014). Pokud se mezi zkoumanými půdami objeví červené chromické půdy (terra rosy) s vysokým obsahem oxidů železa, budou mít nejvyšší odrazivost v červeném spektru viditelného záření (e, obr. 4). U těchto půd velmi závisí na roční době snímání, jelikož sezonně úplně prosychají (Tempfli et al. 2009).



Obrázek 4. Křivky spektrální odrazivosti půdy, (a) humózní půda, (b) iniciální půda, (c) půda s přeměněným železem, (d) půda ovlivněná humusem, (e) rubifikovaná půda. Zdroj: Tempfli et al. 2009

2.1.2.3 Voda

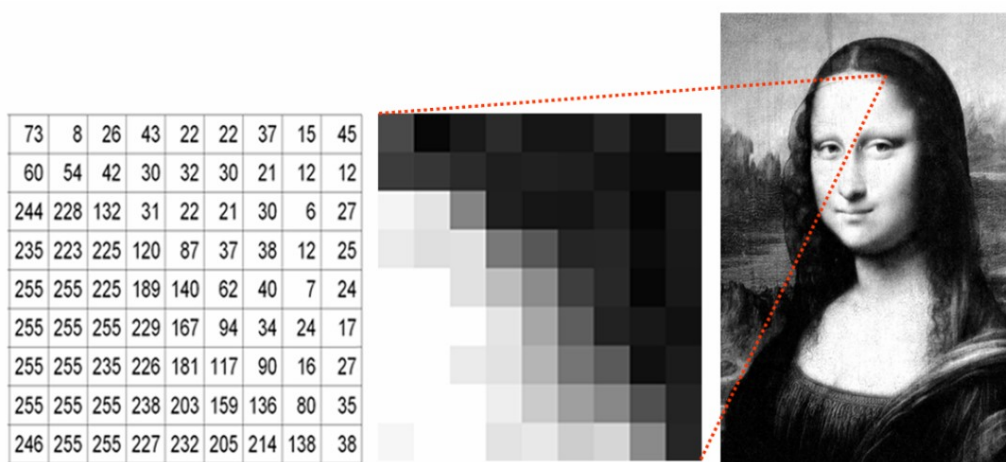
Voda má velmi malou odrazivost v porovnání s vegetací či půdou (obr. 3) a delší vlnové délky voda plně pohlcuje. Spektrální křivka vody se bude lišit pro slanou vodu, vodu zkalenou sedimenty či vodu s velkým množstvím řas či sinic (Tempfli et al. 2009).

2.1.3 Spektrální rozlišení

Senzory zachycující odražené elektromagnetické záření v intervalech vlnových délek tzv. spektrálních pásmech, nikoli jednotlivé vlnové délky. Některé senzory (radar, laser) zachycují jen jedno pásmo, jiné senzory (digitální kamera, multispektrální skener) dokážou zachytit vícero pásem (multispektrální). Multispektrální senzory mají pro rozlišení jednotlivých pásem takzvané kanály (Tempfli et al. 2009). Interval vlnových délek se mohou lišit, například pokud sensor pořídí snímek v jenom pásmu, který ale zahrnuje celé viditelné spektrum, získá panchromatický (černobílý snímek). Pokud sensor pořídí snímek v několika pásmech viditelného světla, získá snímek barevný. Multispektrální data pořizuje například družice Landsat (Kupková a Král 2011). Různé kanály a jejich kombinace se využívají pro detekci různých objektů jako je vegetace nebo minerální složení půdy (Tempfli et al. 2009).

2.1.4 Vizualizace snímku

Nasnímané elektromagnetické záření se převádí do vizuální podoby fotograficky nebo elektronicky. Klasická fotografie vzniká reakcí světlocitlivého chloridu stříbrného (AgCl) obsaženého ve fotografickém filmu, který se po reakci s elektromagnetickým zářením zbarví do stupňů šedi podle množství dopadlého záření (Vohlídal et al. 1999). Elektronicky detekované elektromagnetické záření (odražené či emitované) se převádí do číselné podoby a vytváří tzv. digitální snímek. Digitální snímky jsou různého rozlišení. Parametr rozlišení je tzv. pixel, což je nejmenší možná část snímku nesoucí informaci. Pixel reprezentuje část snímaného objektu či území. Informace o odraženém či emitovaném záření v číselné podobě se pak převádí do barevné grafické podoby (Dobrovolný 1998). Na obr. 5 je znázorněn převod panchromatického (černobílého) snímku. Barevný digitální snímek zachycuje snímaný objekt kombinací tří barev (pásem): červené, zelené a modré. Multispektrální snímek zachycuje objekt až ve 14 pásmech (Tempfli et al. 2009).



Obrázek 5. Pixel a převod panchromatického snímku z čísel. Zdroj: Tempfli et al. 2009

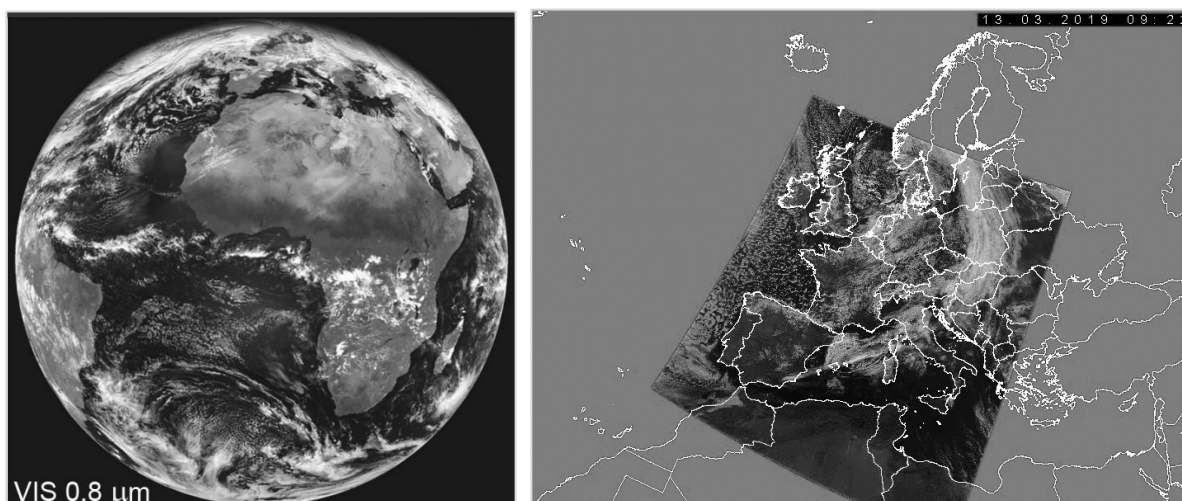
2.1.5 Rozlišení

Rozlišení obrazu závisí primárně na velikosti pixelu, tedy jak velkou část objektu či území je senzor schopen rozlišit a zaznamenat. Zpravidla objekt snímaný z menší vzdálenosti bude mít vyšší rozlišení než ten samý objekt snímaný z větší vzdálenosti. Například data pořízená z letadla budou mít větší prostorové rozlišení než data pořízená z družice (Dobrovolný 1998). Vše však závisí na rozlišovacích schopnostech senzoru. Technologický vývoj v této oblasti je velmi rychlý a dnes i některé družice pořizují multispektrální snímky s velmi vysokým rozlišením.

2.1.6 Družice

Družice používané v DPZ jako nosiče senzorů pro snímání elektromagnetického záření se rozdělují podle typu oběhu Země na polární a geostacionární. Polární družice obíhají Zemi ve výšce 700 – 900 km a obletí celou Zemi za asi 100 minut. Vzhledem k výšce své oběžné dráhy snímají zemský povrch v páscech. Příkladem družice s polární oběžnou dráhou je NOAA (obr. 6), kterou zná i laická veřejnost z pořadu Počasí.

Geostacionární družice obíhají Zemi ve stejné rychlosti jako je její rotace, takže se ze zemského povrchu jeví, jakoby se nepohybovaly a snímají Zemi pořád na stejném místě. Oběžná dráha geostacionárních družic je ve výšce téměř 36 000 km a snímají celou polokouli. Družicí s geostacionární oběžnou dráhou je např. MGS (obr. 6).



Obrázek 6. Snímek z geostacionární družice MGS (vlevo) a polární družice NOAA (vpravo). Zdroj: Štáštka 2014

2.1.6.1 Družice používané v environmentálních studiích

2.1.6.1.1 Landsat

Landsat je americký program dálkového průzkumu Země s řadou družicových misí (Landsat 1 – 8) a byl první svého druhu na světě. Družice Landsat mají polární či mírně odkloněnou (subpolární) dráhu oběhu Země. Program Landsat vznikl spoluprací NASA, USGS a dalšími americkými institucemi za účelem studia zemského povrchu a jeho změn přírodního i lidského charakteru (NASA 2019a).

Družice Landsat 1 byla jako první družice z programu Landsat vypuštěna v roce 1972 a mapovala především kanadské pobřeží. Landsat 2 byla vypuštěna v roce 1975 a Landsat 3

v roce 1978. Všechny družice Landsat 1 – 3 měly podobné technické vybavení a snímaly zemský povrch v rozlišení max. 80 m (Vítek a Lála 1982).

Landsat 4 byla nová generace družice s modernějšími přístroji a přesnějším rozlišením pořízených snímků, od 30 do 120 metrů, a byla vypuštěna v roce 1982. Landsat 4 byla sestrojena ve stejné době jako Landsat 5 a měly stejné přístrojové vybavení (NASA 2019b).

Landsat 5 je družice, která obíhala Zemi po nízké oběžné dráze ve výšce 700 km. Snímala zemský povrch od roku 1984 do roku 2013, což z ní činí zatím nejdéle operující družici. Družice Landsat 5 snímala zemský povrch v rozlišení od 30 do 120 metrů. Celkem byla Země snímána na 11 kanálech od viditelného modrého světla (0,45 – 0,52 μm) po tepelné infračervené záření (10,40 - 12,50 μm). Celý povrch Země byl nasnímána každých 16 dní (USGS 2018). Vzhledem k době svého fungování a celkem vysokému rozlišení se v DPZ využívala velmi často.

Následovaly družice Landsat 7 v roce 1999 s 8 kanály, která však plně fungovala jen 4 roky, a Landsat 8 v roce 2013 s 11 kanály (NASA 2019c). Družice Landsat 6 havarovala při startu.

2.1.6.1.2 Sentinel

Sentinel jsou družice evropského programu Copernicus, který realizuje Evropská kosmická agentura (ESA). Družic Sentinel je celkem 9 a tvoří je 6 řad (CENIA 2016). Družice Sentinel se vyznačují velmi krátkými intervaly mezi jednotlivými snímky a snímky jsou pořizovány ve velmi vysokém rozlišení (od 10 m). Řada Sentinel 1 poskytuje radarová data o zemském povrchu téměř v reálném čase a pomáhá tak zkoumat například povodně, v provozu je od října 2014. Řada Sentinel 2 snímá optická data a využívá se ke sledování změn krajinného pokryvu a vegetace, v provozu je od června 2015 a má 13 kanálů (CENIA 2016). Sentinel 3 snímá od května 2016 barevný obraz pevniny a oceánů, jejich teplotu a topograficky mapuje povrch moří a ledu. Řady Sentinel 4 a 5 jsou využívány ke studiu atmosféry a jsou v provozu od dubna 2018 (CENIA 2016). Všechny družice Sentinel mají polární dráhu, pouze Sentinel 4 je geostacionární. Předchůdcem družic Sentinel byla družice ENVISAT provozovaná Evropskou kosmickou agenturou v letech 2002 – 2012 (CENIA 2016).

Tabulka 1. Vybrané družice a kanály se spektry, ve kterých pořizují snímky. Zdroj: Barsi et al. 2014

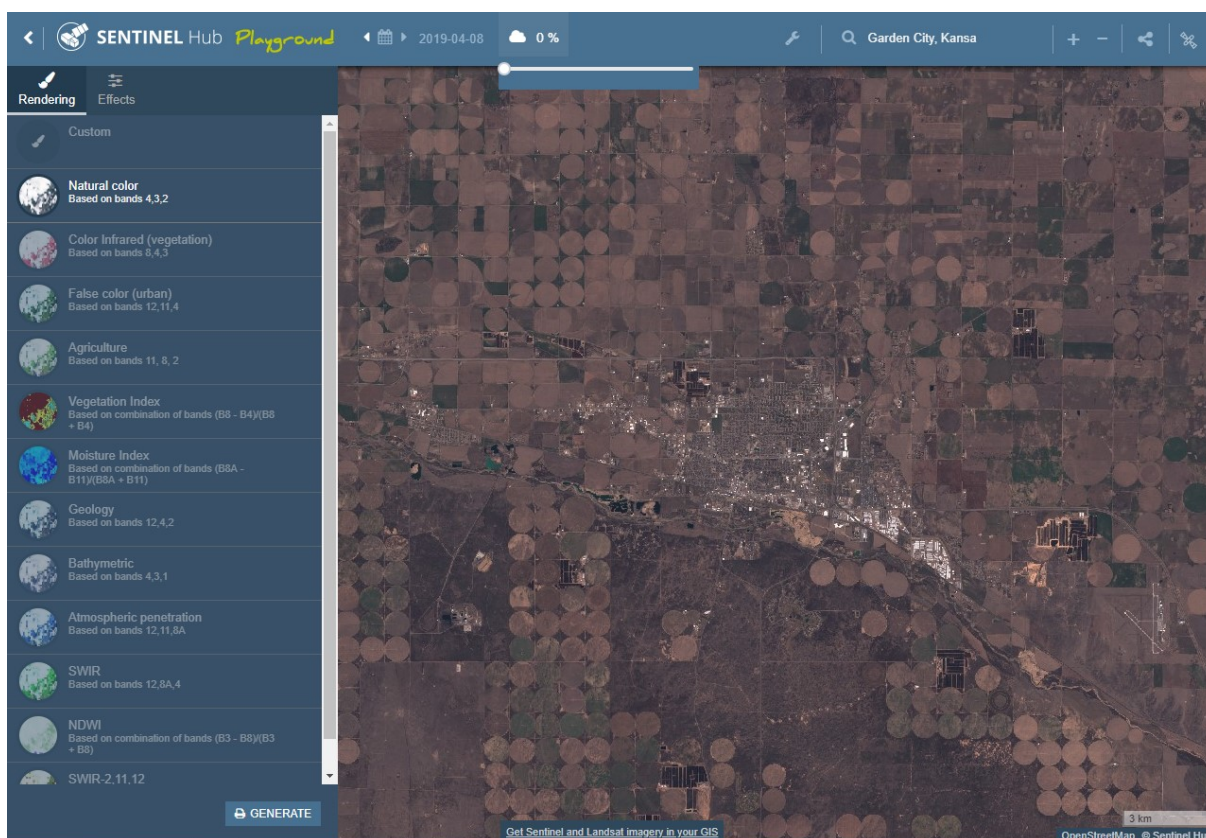
Družice/ kanál	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sentinel 2	aerosoly	modrá	zelená	červená	Red-edge vegetace			NIR	vodní pára	SWIR (cirry)	SWIR 1	SWIR 2	Red-edge vegetace
Landsat 5	modrá	zelená	červená	NIR	SWIR1	TIR	SWIR 2	-	-	-	-	-	-
Landsat 8	aerosoly	modrá	zelená	červená	NIR	SWIR 1	SWIR 2	Panchromatický	SWIR (cirry)	TIR 1	TIR 2	-	-

2.1.7 Kombinace spektrálních pásem a indexy používané v DPZ

2.1.7.1 Přirozené barvy (Natural color, True color)

Snímek v přirozených barvách kombinuje tři základní barvy viditelného spektra elektromagnetického záření: červenou (red), zelenou (green) a modrou (blue). V literatuře se často označuje tato kombinace pod zkratkou RGB. RGB může ale i označovat model k míchání barev a lze nahradit kanály viditelného světla jinými částmi spektra elektromagnetického záření. Přirozené barvy vykreslují snímek v barvách tak, jak je vidí lidské oko (obr. 7). Vegetace je zelená, beton šedý, zorané pole hnědé (Earth Observing System 2019a).

Snímek z družice Landsat 5 je možné zobrazit v přirozených barvách kombinací kanálů: R: 3 (červená), G: 2 (zelená) a B: 1 (modrá) (Earth Observing System 2019a). Družice Sentinel 2 snímá jeden kanál v ještě v kratších vlnových délkách než je modrá barva, takže přirozené barvy lze zobrazit kombinací kanálů: R: 4 (červená), G: 3 (zelená) a B: 2 (modrá) (Sentinel Hub 2019a).

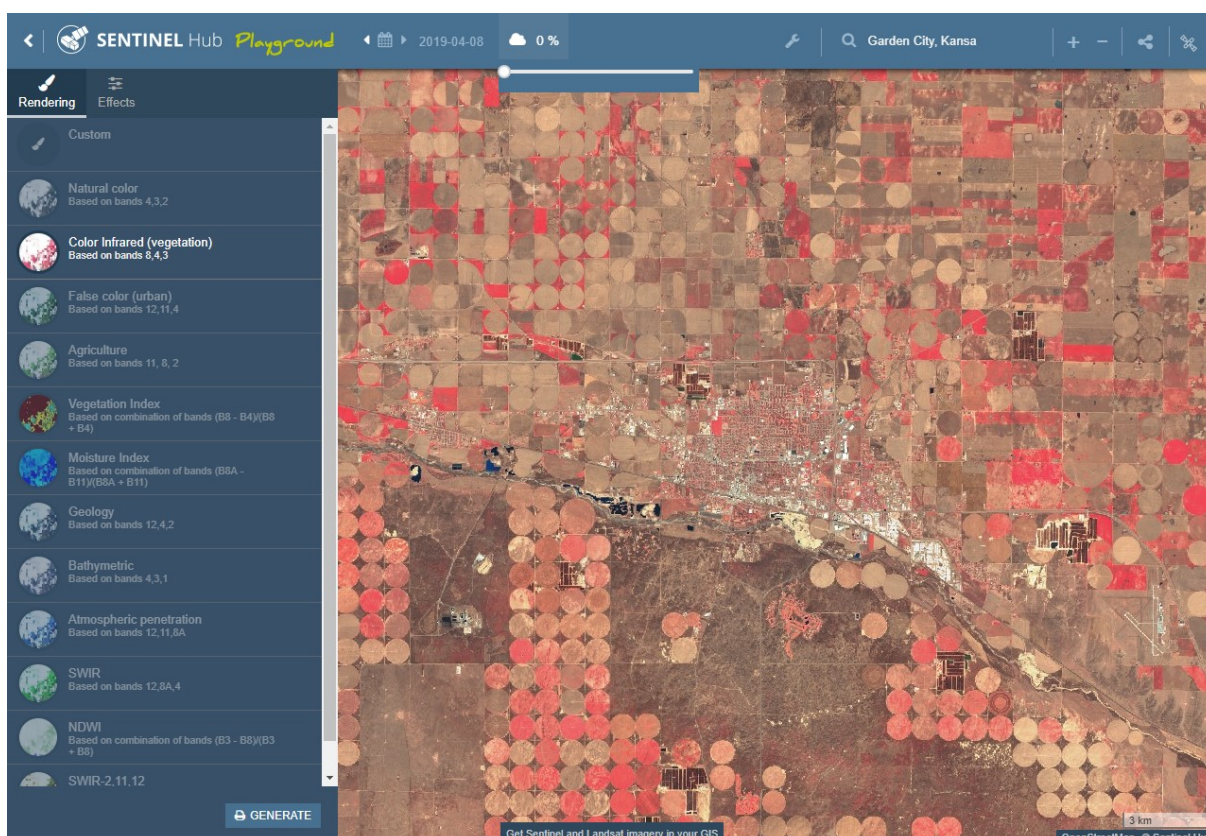


Obrázek 7. Družicový snímek v přirozených barvách. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

2.1.7.2 Nepravé barvy (False color, Color infrared vegetation)

V této kombinaci je vegetace zobrazená červenou barvou. Umožňuje lépe rozeznat různé typy povrchu, jelikož pracuje i s infračerveným spektrem. Holá půda je zobrazena okrovou (obr. 8) až hnědou barvou, vodní plochy černě. Jako první (R) je zařazen kanál s blízkým infračerveným zářením (NIR), druhý (G) kanál s červeným viditelným zářením a třetí (B) kanál se zeleným viditelným zářením (Earth Observing System 2019b).

Snímek z družice Sentinel 2 lze zobrazit v nepravých barvách kombinací kanálů: R: 8 (NIR), G: 4 (červená) a B: 3 (zelená) (Sentinel Hub 2019a).

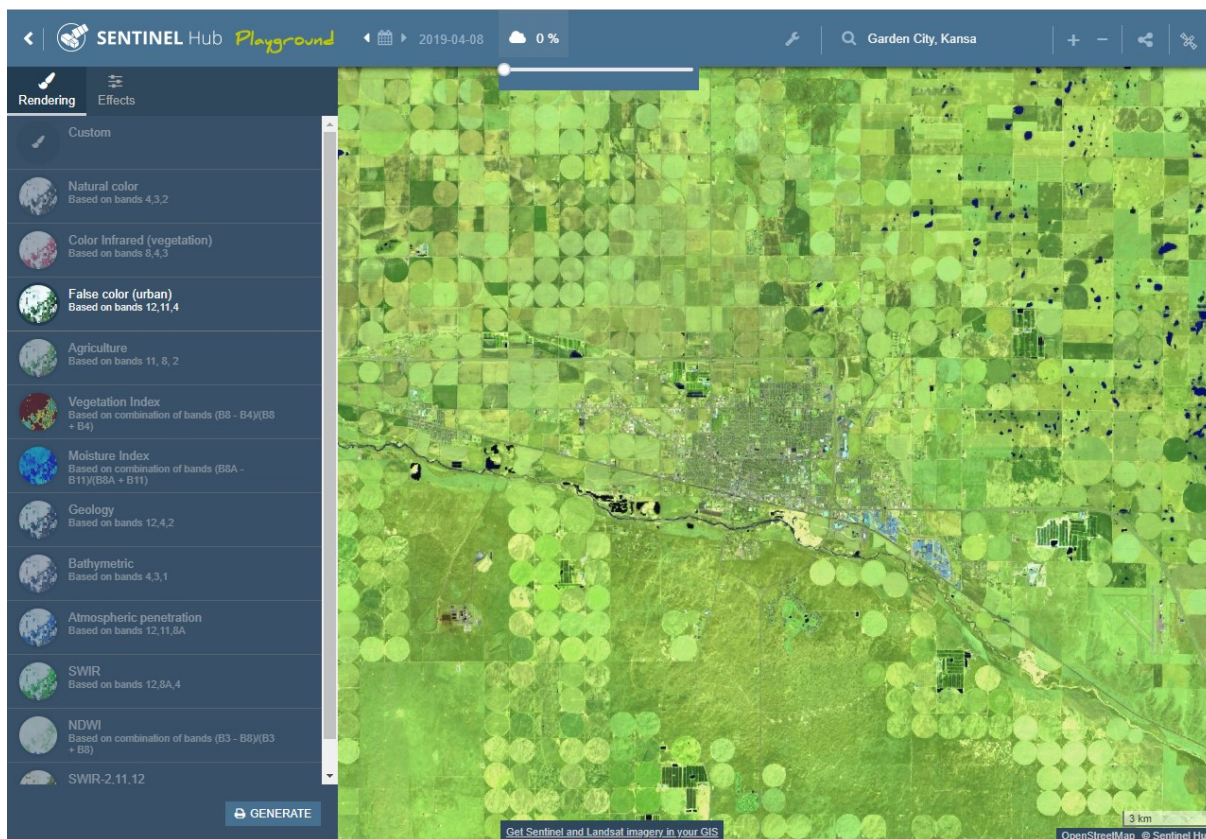


Obrázek 8. Družicový snímek v nepravých barvách. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

2.1.7.3 Nepravé barvy – zástavba (False color – urban)

Tato kombinace funguje opět na bázi infračerveného spektra. Vegetaci zobrazuje zeleně (obr. 9), zástavbu šedivě a vodu černě, jelikož voda pohlcuje v této oblasti spektra veškeré záření. Na rozdíl od předchozího zobrazení nepravých barev tato kombinace se zaměřením na zástavbu používá krátkovlnné infračervené záření (SWIR). Díky snímání delších vlnových délek lze pozorovat touto kombinací požáry či sopečné erupce (Earth Observing System 2019c).

Snímek z družice Sentinel 2 lze zobrazit v nepravých barvách se zaměřením na zástavbu kombinací kanálů: R: 12 (SWIR), G: 11 (SWIR) a B: 4 (červená) (Sentinel Hub 2019a).



Obrázek 9. Družicový snímek v nepravých barvách se zaměřením na zástavbu. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

2.1.7.4 Zemědělství (Agriculture)

Stejně jako u předchozí kombinace i zde se pracuje s infračerveným zářením, konkrétně s blízkým infračerveným (NIR) i krátkovlnným infračerveným zářením (SWIR). Tato kombinace pomáhá lépe znázornit zemědělské plodiny v různých fázích vegetačního vývoje podle aktivity chlorofylu. Pole s plodinami je znázorněno světle zelenou barvou (obr. 10) a odlišuje se tak nápadně například od jehličnatého lesa, který má zelenou až tmavě zelenou barvu. Pole bez plodin je v odstínech hnědé (Earth Observing System 2019d).

Snímek z družice Sentinel 2 lze zobrazit v kombinaci zemědělství kombinací kanálů: R: 11 (SWIR), G: 8 (NIR) a B: 2 (modrá) (Sentinel Hub 2019a).



Obrázek 10. Družicový snímek zvýrazňující zemědělství. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

2.1.7.5 Vegetační index (Vegetation Index, Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

Vegetační indexy jsou matematické algoritmy kombinující dvě a více spektrálních pásem. Vyhodnocují relativní hodnoty (kontrast), které mají větší vypovídající hodnotu než absolutní hodnoty, které mohou být zkresleny. Používají se k detekci vegetace a jejích vlastností. Vegetační indexy se používají z důvodu odstranění nepřesností, které by mohly vzniknout například proměnlivým stavem v atmosféře či změnou struktury vegetace (Lukeš et al. 2017).

Nejpoužívanější vegetační index je tzv. normalizovaný vegetační index NDVI (normalized difference vegetation index)

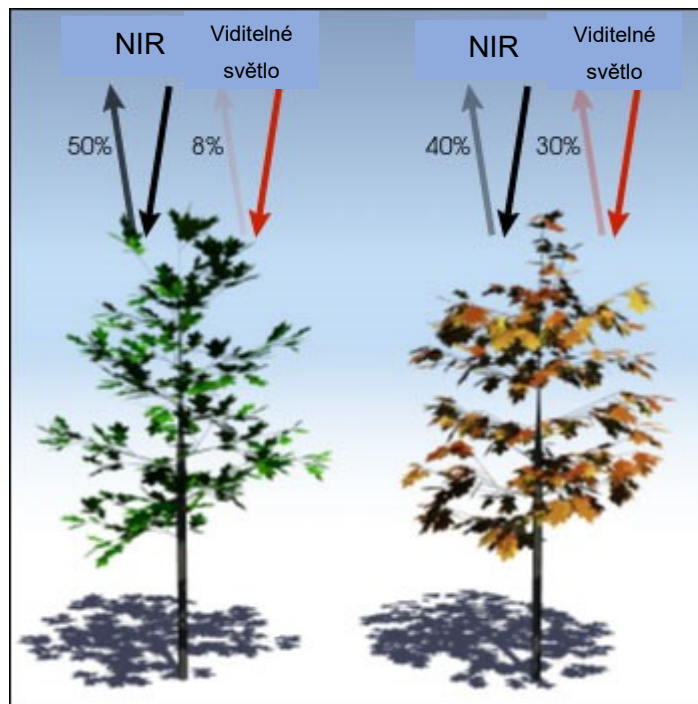
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

vycházející ze základního jednoduchého poměrového vegetačního indexu RVI (ratio vegetation index)

$$RVI = \frac{NIR}{RED},$$

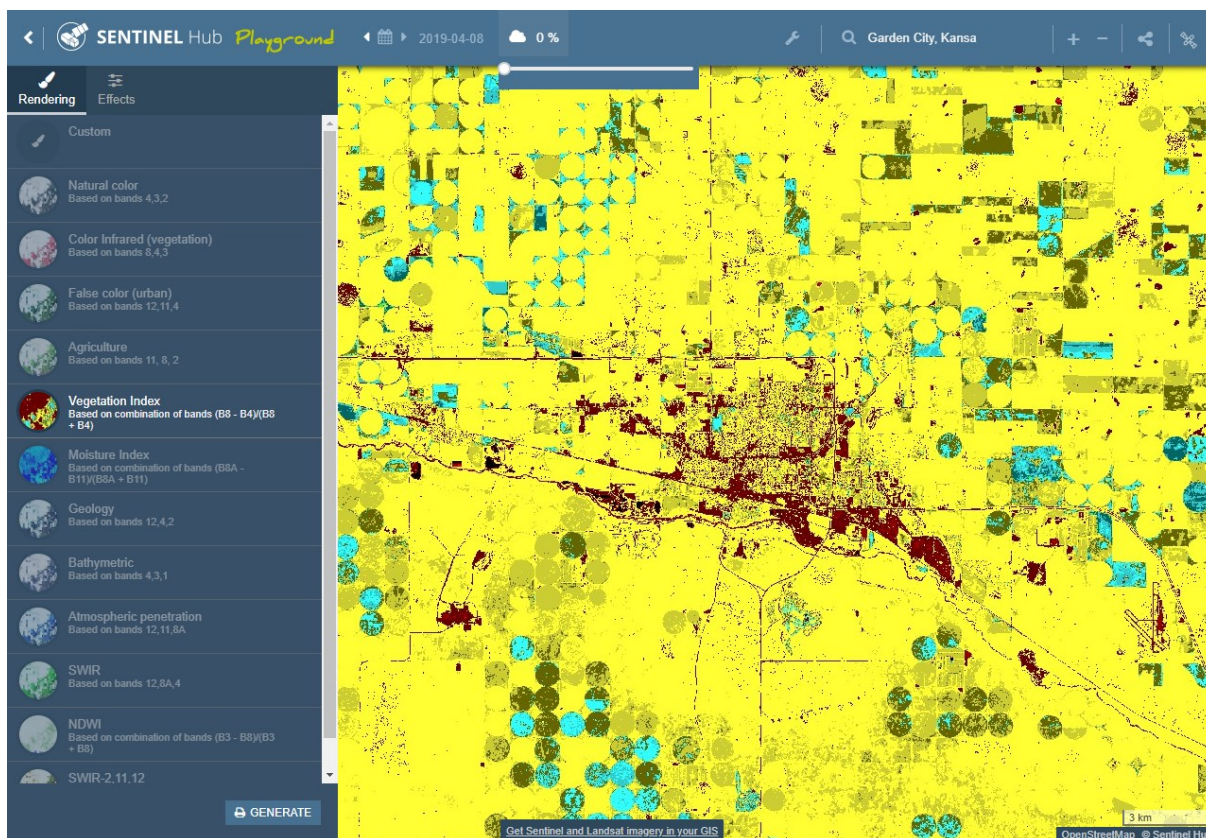
kde NIR znamená blízké infračervené záření a RED červené viditelné záření.

NDVI se používá k detekci krajinného pokryvu (land cover), jelikož se jeho hodnota pohybuje od -1 do +1, kde hodnoty blíží se -1 poukazují na přítomnost vodní plochy (vysoká absorpce NIR) a hodnoty blíží se +1 značí přítomnost vegetace (vysoká odrazivost NIR), hodnoty okolo 0 většinou označují urbanizované plochy (Tempfli et al. 2009; Lukeš et al. 2017). Dále se NDVI využívá ke zjištění zdravotního stavu vegetace. Zdravá vegetace odráží blízké infračervené záření a zelené viditelné záření, červené a modré viditelné záření naopak absorbuje (Brown 2000). U nezdravé vegetace (nebo při podzimním opadu listů) se hodnoty liší a odráží viditelně více červené viditelné záření, proto mají listy červenou či žlutou barvu (obr. 11).



Obrázek 11. Odlišná odrazivost různých vlnových délek u zdravé (vlevo) a nezdravé (vpravo) vegetace, kterou využívá vegetační index. Zdroj: GIS Geography 2018

Družice Sentinel 2 (obr. 12) má blízké infračervené záření (NIR) na kanálu 8 a červené (RED) na kanálu 4 (Sentinel Hub 2019a).



Obrázek 12. Družicový snímek zobrazující vegetační index. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

Dalšími vegetačními indexy využívající NIR jsou EVI (enhanced vegetation index), který se používá v regionech s vysokou produkcí biomasy a dokáže odfiltrovat nežádoucí vlivy atmosféry jako je oblačnost, a RSR (reduced simple ratio), který je modifikací RVI (Stenberg et al. 2004).

Vegetační indexy pracující ve středním infračerveném pásmu, MSI (moisture stress index) a NDII (normalized difference infrared index), se zaměřují na množství vody ve vegetaci (Brown 2000). Voda v tomto pásmu plně pohlcuje záření, proto jakékoli zvýšení odrazivosti naznačuje úbytek vody v listech vegetace a může tak poukazovat na zhoršený zdravotní stav (Lukeš et al. 2017).

Zdravotní stav vegetace je možné zkoumat také pomocí vegetačního indexu REIP (red edge inflection point), který poměří posun absorpce blízkého infračerveného záření chlorofyly směrem ke kratším vlnovým délkám, tzv. blueshift (Benes 2003)

2.1.7.6 Vodní index (Moisture Index, Normalized Difference Water Index, NDWI)

Vodní index se používá k detekci vody v rostlinách a půdě a stejně jako vegetační index je definován rovnicí:

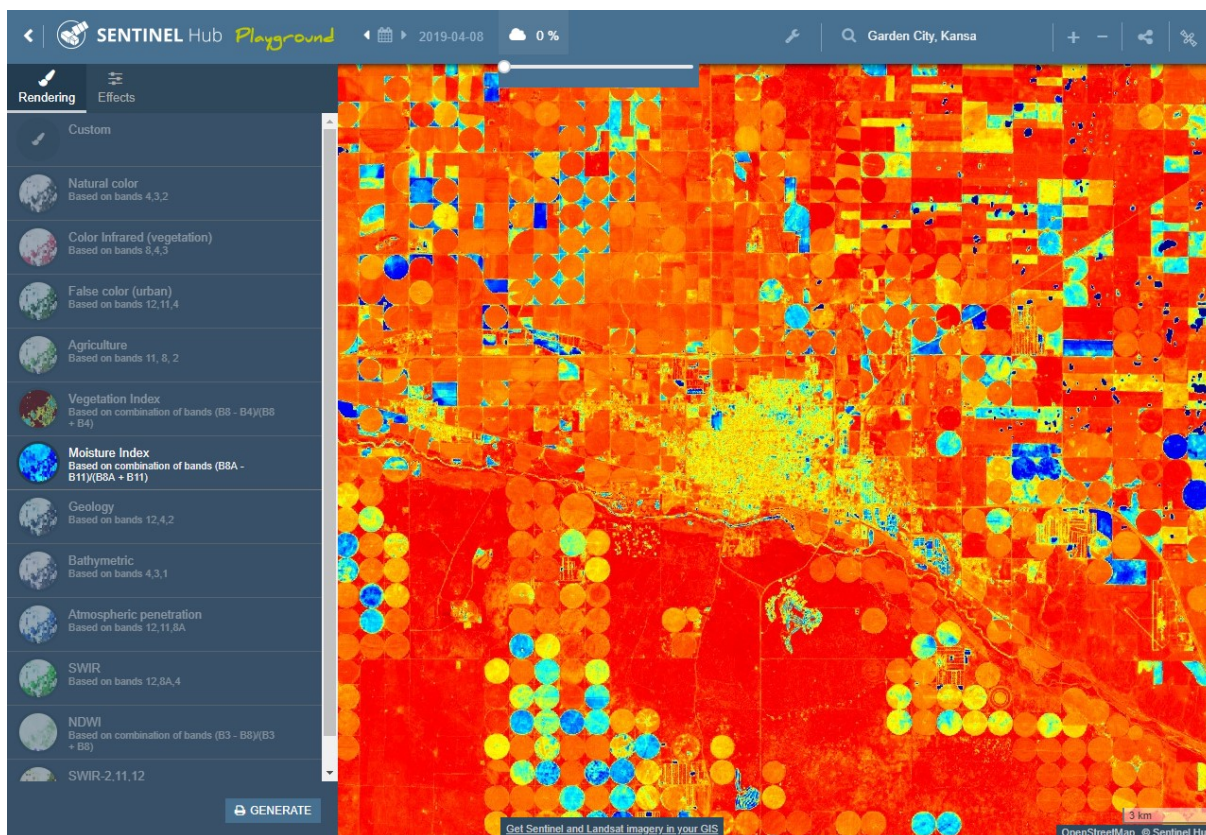
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR},$$

kde NIR znamená blízké infračervené záření a SWIR krátkovlnné infračervené záření.

Pomocí tohoto indexu (obr. 13) se dá monitorovat např. sucho v krajině (Earth Observing System 2019e).

Družice Sentinel 2 má blízké infračervené záření (NIR) na kanálu 8 a krátkovlnné infračervené záření (SWIR) na kanálu 11 a 12, v programu Sentinel Hub je tento index uveden pod názvem Moisture Index, nikoli NDWI (Sentinel Hub 2019a).

NDWI v programu Sentinel Hub je modifikace normalizovaného vegetačního indexu, kde krátkovlnné infračervené záření (SWIR) je nahrazeno zeleným viditelným zářením za účelem lepší viditelnosti vodních ploch. Tento modifikovaný index se využívá např. k monitoringu povodní (Gao 1996).

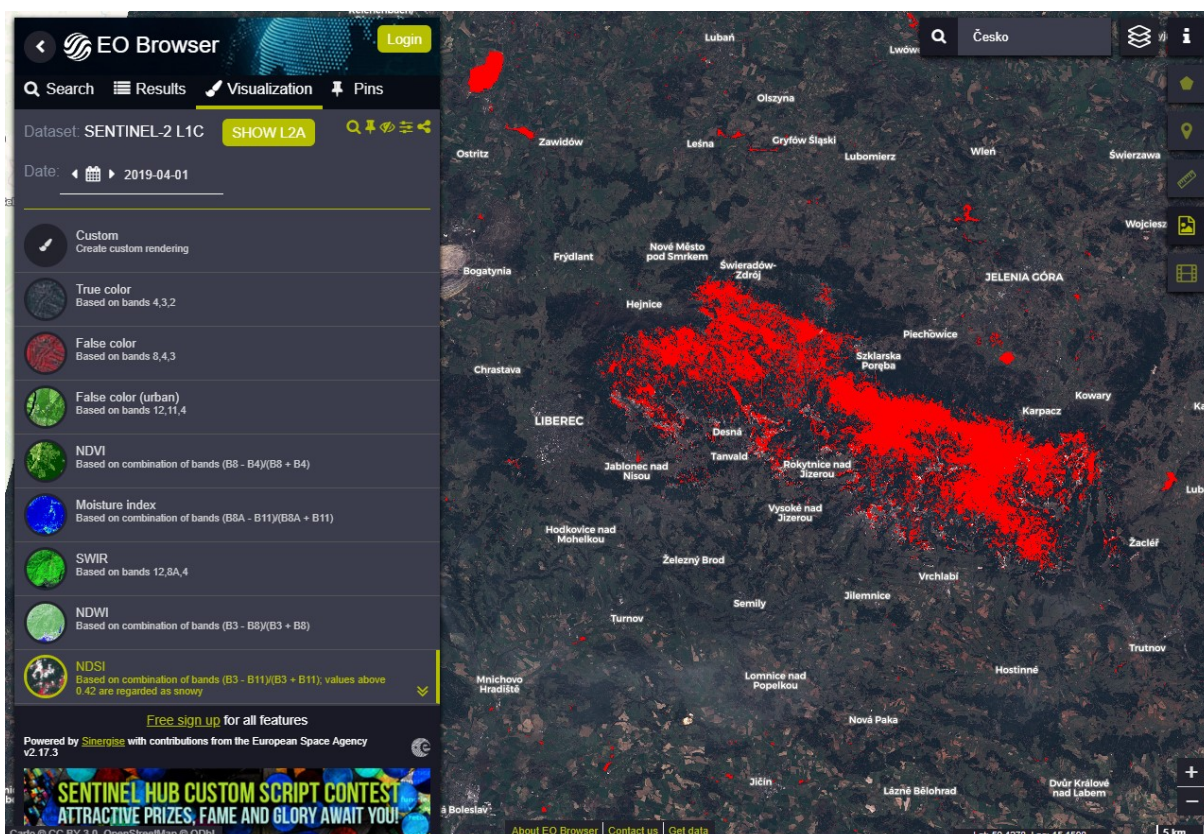


Obrázek 13. Družicový snímek zobrazující vodní index. Zdroj: Sentinel Hub 2019a

2.1.7.7 Sněhový index (Normalized Snow Difference Index, NDSI)

Tento index využívá kombinaci kanálů krátkovlnného infračerveného záření (SWIR) a modrého viditelného záření (BLUE) a umožňuje tak odlišit oblačnost od sněhu, který je znázorněn červenou barvou (obr. 14) (Earth Observing System 2019f).

Družice Sentinel 2 má krátkovlnné infračervené záření (SWIR) na kanálu 11 a 12 a modré (BLUE) na kanálu 2 (Sentinel Hub 2019a).

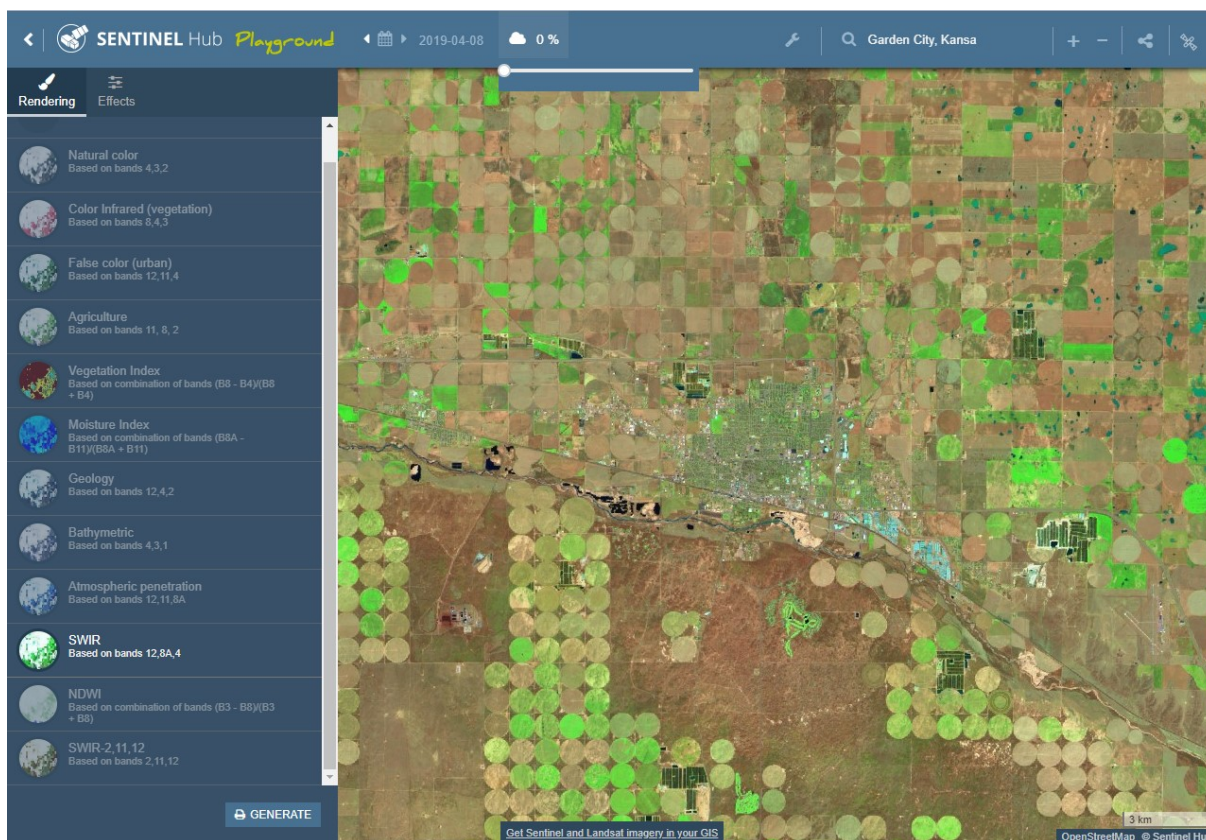


Obrázek 14. Družicový snímek zobrazující sněhový index. Zdroj: Sentinel Hub 2019c

14. Družicový snímek zobrazující sněhový index. Zdroj: Sentinel Hub 2019c

2.1.7.8 Krátkovlnné infračervené záření (Short-wave Infrared, SWIR)

Další z kombinací infračerveného záření, která umí nejen odlišit zemědělskou půdu od lesů, ale dokáže zachytit i tepelné jevy jako jsou požáry či výlevy lávy. Kombinuje krátkovlnné infračervené záření (SWIR), blízké infračervené záření (NIR) a červené (RED). Tuto kombinace lze využít i při monitoringu půdních typů (obr. 15) (Earth Observing System 2019g).



Obrázek 15. Družicový snímek zobrazující kombinaci krátkovlnného infračerveného záření. Zdroj: Sentinel Hub 2019

2.1.8 Objem dat, uživatelská přístupnost

Data vysokého rozlišení a multispektrálního charakteru jsou zároveň velmi objemná. I když technologie udělaly i v tomto oboru pokrok, objemnost dat, tzv. big data, přesahuje možnosti uživatelsky běžně dostupných softwarových a hardwarových prostředků (Štych a Šandera 2018). Tato velkoobjemová data jsou ukládána na specializovaných úložištích. Dříve byla tato data běžným uživatelům těžko dostupná. V současné době se však rychle rozvíjí uživatelsky dostupné databáze či mapové služby. Nejnovější uživatelsky dostupnou službou je několik aplikací poskytujících družicová data, která jsou volně přístupná skrz cloudové prostředí, tj. uložena na vzdáleném serveru dostupném z internetu (Štych a Šandera 2018). Největší výhodou pro běžného uživatele se jeví možnost přístupu k datům bez nutnosti instalace softwaru nebo stahování samotných objemných souborů dat. Ke zpracování dat je rovněž primárně využíván výpočetní výkon vzdálených serverů. Pro uživatele je tedy zpravidla nutný pouze přístup k internetu a běžný internetový prohlížeč (Štych a Šandera 2018).

Nejnovější volně přístupnou aplikací je Sentinel Hub od evropské firmy Sinergise (Sinergise 2019).

2.1.9 Sentinel Hub

Sentinel Hub je cloudová platforma pro poskytování, zpracování a analýzu satelitních snímků. Pro uživatele je skrz ni k dispozici velký objem dat z primárně z misí Sentinel a Landsat. Snímky je možné prohlížet a analyzovat v uživatelsky přívětivém prostředí bez nutnosti instalace specializovaného softwaru. Zdarma jsou uživatelům k dispozici produkty Sentinel Playground a EO Browser (Sentinel Hub 2019b).

2.1.9.1 Sentinel Playground

Sentinel Playground je jednoduché webové rozhraní umožňující online prohlížení snímků z misí Sentinel-2, Landsat 8, snímků MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ze satelitů NASA Terra a Aqua, a digitálního modelu reliéfu (Digital Elevation Model, DEM) založeného na satelitních datech. Tyto snímky je možno prohlížet v původním maximálním rozlišení a rozhraní nabízí možnost vizualizace několika přednastavených indexů (např. NDWI), jakož i možnost vytvoření vlastní kombinace kanálů. Sentinel Playground tak představuje možnost velmi jednoduché a uživatelsky nenáročné vizualizace změn v krajině (Sentinel Hub 2019a).

2.1.9.2 EO Browser

EO Browser je webové rozhraní umožňující online prohlížení a analýzu kompletních archivů snímků Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, archivů snímků Landsat 5, 7 a 8 z databáze Evropské kosmické agentury a nabízí globální pokrytí v případě produktů Landsat 8, Envisat MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer), Proba-V (Vegetation), MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a dat z NASA GIBS (Global Imagery Browse Services). Kromě samotného prohlížení snímků (jak ve formě přednastavených, tak uživatelem manuálně zvolených kombinací kanálů) nabízí EO Browser možnost základní statistické analýzy vybraných jevů na uživatelem zvoleném zájmovém území či export dat do několika formátů. Nevýhodou aplikace je skutečnost, že pro využití všech funkcí je nutná registrace uživatele prostřednictvím funkční emailové adresy (Sentinel Hub 2019c).

2.2 Aktuální stav dostupných středoškolských výukových materiálů

U v současnosti používaných učebnic geografie i jiných předmětů informace o DPZ většinou chybí a žáci se s DPZ na středních školách málokdy setkají, ačkoliv dostupných materiálů v posledních letech přibývá. Popularizací DPZ se začala v roce 2001 zabývat Lucie Kupková ve čtyřech číslech Geografických rozhledů, avšak ještě se nejednalo o výukový materiál (Kupková 2001; Kupková 2002a, b a c). Ucelenější série článků zabývajících se i aplikací

DPZ ve výuce vyšla v Geografických rozhledech až téměř o 10 let později (Kupková 2010a, b, c, d, e; Kupková 2011). V roce 2011 publikovali Kupková a Král výukový a metodický text Země očima satelitů v rámci Operačního programu Praha – Adaptibilita (OPPA), který obsahuje jak teoretickou, tak praktickou část. Tato publikace vyšla v omezeném nákladu 120 ks, což limituje popularizaci DPZ plošně po Česku. DPZ a jeho implementací do výuky na školách se zabývá i pracoviště Pedagogické fakulty Masarykovy Univerzity v Brně a v roce 2013 vyšla Haně Svatoňové kniha Svět a krajina pohledem z výšky, která je však určena učitelům (Brzóska, Vévoda 2015). Kromě tištěného textu jsou k dispozici i online materiály a aplikace. V současné době je ve fázi testování aplikace do tabletů ESERO Globální problémy z nadhledu. DPZ se zabývá i celoevropský projekt YCHANGE, který rozvíjí lepší pochopení vztahů mezi lidskou společností a přírodním prostředím na místní a evropské úrovni mezi studenty i učitely a nabízí volně dostupné výukové materiály (Štych a Šandera 2018). V případě zapojení školy do programu GLOBE od sdružení Tereza, se setkají studenti s DPZ i v rámci tohoto programu. Bohužel však většina materiálů není volně dostupná.

2.3 Zapojení DPZ do středoškolského kurikula

Kurikulum vychází z latinského slova *curriculum*, což znamená návod či postup (Wiles, 2009). Přenesením do pedagogického prostředí vznikl pojem označující postup a obsah vzdělávání, ale i to, co by měl žák umět (Maňák et al. 2008). Kurikulum se dělí do několika rovin provedení postupu vzdělávání:

Zamýšlené kurikulum, které zahrnuje obsah vzdělávání a jeho cíle, jde vlastně o teoretický dokument (Průcha 2018). V Česku je definováno Národním programem pro vzdělávání a rámcovými vzdělávacími programy (Jeřábek 2007).

Realizované kurikulum, které zahrnuje skutečněný obsah vzdělávání a reflektuje i podmínky výuky (Průcha 2018).

Dosažené kurikulum, které sleduje, čeho žáci skutečně dosáhli a jaké znalosti a dovednosti si osvojili (Průcha 2018).

2.3.1 Zamýšlené kurikulum

2.3.1.1 Rámcové vzdělávací programy (RVP)

V rámci nových principů kurikulární politiky Bílé knihy Národního programu rozvoje vzdělávání v České republice dle zákona č. 561/2004 Sb., zákona o předškolním, základním,

středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání, se zavedly tzv. kurikulární dokumenty pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let (Jeřábek 2007). Tyto dokumenty zahrnují dvě úrovně: státní a školní. Státní kurikulární dokumenty reprezentují Národní program pro vzdělávání (NPV), který definuje požadavky na vzdělávání jako celek, a rámcové vzdělávací programy (RVP), které ustanovují pole vzdělávání pro všechny fáze vzdělávání od předškolního po střední (Jeřábek 2007).

Školní úroveň reprezentují školní vzdělávací programy (ŠVP), které si každá škola vytváří sama podle platného celostátního RVP (Dvořák 2007).

Téma dálkového průzkumu Země je doslova zmíněno pouze ve dvou RVP: pro gymnázia (obr. 16) a pro střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí (obr. 17).

Tyto kurikulární dokumenty vešly v platnost od školního roku 2009/2010 a školy, kterých se týká RVP pro Gymnázia či RVP pro střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí, by tím pádem měly zahrnout DPZ do výuky (Dvořák 2012). V praxi je však realita často jiná (Král 2015). RVP pro Gymnázia řadí DPZ do vzdělávacího oboru Geografie pod téma Geografické informace a terénní vyučování. Celková minimální časová dotace za 4 roky je pro vzdělávací oblasti Člověk a příroda a Člověk a společnost 36 hodin (Jeřábek 2007).

Dalším vhodným prostorem jsou tzv. průřezová témata, která mají sloužit k propojování vzdělávacích oblastí a oborů a školy je mají za povinnost zařadit do svých ŠVP. Časová dotace a jejich rozsah je v kompetenci školy (Jeřábek 2007).

V RVP střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí je DPZ věnováno celé jedno téma Dálkový průzkum Země (obr. 17) a DPZ figuruje svou podstatnou částí i v Pozemní a letecké fotogrammetrii (Národní ústav odborného vzdělávání 2009). Tato témata jsou zařazena do oboru Katastr nemovitostí a tvorba map spadající do vzdělávací oblasti Odborné vzdělávání. Geografie nemá v tomto RVP vlastní obor a je roztržena do vzdělávacích oblastí Společenskovední vzdělávání, Přírodovědné vzdělávání (Fyzikální vzdělávání a Biologické a ekologické vzdělávání) a Odborné vzdělávání (Katastr nemovitostí a tvorba map). Práce s DPZ je uvedena jako jedna z odborných kompetencí absolventa střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí (Národní ústav odborného vzdělávání 2009). Stejně jako u RVP pro Gymnázia jsou na odborných školách průřezová témata, kde DPZ najde své uplatnění (Jeřábek 2007; Národní ústav odborného vzdělávání 2009), v podobném rámci by se DPZ dalo aplikovat i ve výuce na základních školách v rámci Informatiky, přírodovědných předmětů a průřezových témat (Jeřábek a Tupý 2017).

5.3.4 Geografie

Vzdělávací obsah

GEOGRAFICKÉ INFORMACE A TERÉNNÍ VYUČOVÁNÍ

Očekávané výstupy

žák

- ▶ používá dostupné kartografické produkty a další geografické zdroje dat a informací v tištěné i elektronické podobě pro řešení geografických problémů
- ▶ orientuje se s pomocí map v krajině
- ▶ používá s porozuměním vybranou geografickou, topografickou a kartografickou terminologii
- ▶ vytváří a využívá vlastní mentální schémata a mentální mapy pro orientaci v konkrétním území
- ▶ čte, interpretuje a sestavuje jednoduché grafy a tabulky, analyzuje a interpretuje číselné geografické údaje

Učivo

- **geografická kartografie a topografie** – praktické aplikace s kartografickými produkty, s mapami různých funkcí, s kartogramy
- **geografický a kartografický vyjadřovací jazyk** – obecně používané pojmy, kartografické znaky, vysvětlivky, statistická data, ostatní informační, komunikační a dokumentační zdroje dat pro geografii
- **geografické informační a navigační systémy** – geografický informační systém (GIS), dálkový průzkum Země (DPZ), praktické využití GIS, DPZ a satelitních navigačních přístrojů GPS (globální polohový systém)
- **terénní geografická výuka, praxe a aplikace** – geografické exkurze a terénní cvičení, praktická topografie, orientace, bezpečnost pohybu a pobytu v terénu, postupy při pozorování, zobrazování a hodnocení přírodních a společenských prvků krajiny a jejich interakce

Obrázek 16. Implementace DPZ v RVP pro gymnázia. Zdroj: Jeřábek 2007

KATASTR NEMOVITOSTÍ A TVORBA MAP

Obsahový okruh poskytuje žákům informace o způsobech evidence pozemků a staveb, o právních vztazích k nemovitostem, o vytváření a využívání mapových děl a geografických informačních systémů (GIS). Přípravuje žáky k vykonávání činností spojených s evidencí pozemků a staveb, tvorbou map různými metodami (geodetickými, fotogrammetrickými a kartografickými). Vede je k pečlivosti, přesnosti, respektování platných předpisů a k pracovní kázní. Žáci si osvojí, kde a jak získat potřebné informace a podklady pro tvorbu mapových děl. Významná je návaznost na kartografii, fotogrammetrii, dálkový průzkum Země (DPZ), GIS i deskriptivní geometrii. Žáci jsou vedeni k používání správné terminologie. Nezbytné je i procvičování; proto jsou součástí okruhu i praktické úlohy, jejichž rozsah a náročnost je dána současnými trendy v geodetické a kartografické praxi.

Cílem obsahového okruhu je naučit žáky pracovat s mapovými díly, evidencí pozemků a staveb a využívat při tom moderních prostředků informačních a komunikačních technologií.

Výsledky vzdělávání	Učivo
<ul style="list-style-type: none">- charakterizuje činnosti související s plánováním a přípravou fotogrammetrického snímkování, volbu a metody určení vličovacích bodů, klasifikaci snímků;- popíše měřické komory, vyhodnocovací přístroje a systémy používané v pozemní a letecké fotogrammetrii;- uvede metody pořizování a zpracování digitálního obrazu ve fotogrammetrii a dálkovém průzkumu Země (DPZ);- využívá jednotlivé metody pozemní a letecké fotogrammetrie při tvorbě a údržbě státního mapového díla, při tematickém mapování, tvorbě digitálních modelů terénu, ortofotomap a geografických informačních systémů;- využívá metody pozemní a letecké fotogrammetrie ke speciálním účelům (pro dokumentaci stavebních objektů, sledování deformací staveb, v dopravě, lesnictví, vodohospodářství a v dalších oborech);	19 Pozemní a letecká fotogrammetrie <ul style="list-style-type: none">- příprava a provedení fotogrammetrického snímkování- měřické komory, vyhodnocovací přístroje- fotogrammetrické vyhodnocovací metody- využití pozemní a letecké fotogrammetrie
<ul style="list-style-type: none">- charakterizuje zářivé vlastnosti objektů na Zemi a vliv atmosféry při DPZ;- popíše druhy dat a zobrazujících zařízení používaných v DPZ včetně radarových systémů;- objasní význam DPZ a možnosti jeho využití;	20 Dálkový průzkum Země (DPZ)

Obrázek 17. Implementace DPZ v RVP pro střední odborné školy se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí. Zdroj: Národní ústav odborného vzdělávání 2009

2.3.1.2 Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky ze zkušebního předmětu zeměpis

V rámci koncepce nové maturitní zkoušky je zeměpis řazen mezi nepovinné předměty. Tak jako k ostatním předmětům k němu byl vytvořen Katalog požadavků zkoušek společné části

maturitní zkoušky ze zkušebního předmětu zeměpis a vešel v platnost od školního roku 2010/2011 (Nová maturita, Zeměpis 2019). Tento dokument předpokládá, že má student hlubší zájem o daný předmět a že ho bude chtít studovat nebo využívat na vysoké škole. Jsou tak zde požadavky na znalosti a dovednosti uvedeny podrobněji, mezi nimi i DPZ (Král 2015). V současném školním roce 2018/2019 je však společná část maturity pro jazyky a matematiku a k dalším předmětům včetně zeměpisu není katalog k dispozici (Nová maturita, Katalogy požadavků 2019).

2.3.2 Realizované kurikulum

Navzdory platným rámcovým vzdělávacím programům obsahujícím výuku geoinformatiky včetně DPZ je realita ve školách jiná a tento předmět se často nevyučuje vůbec (Kymrová 2011). I když by měla být výuka geoinformatiky podle platných rámcových vzdělávacích programů obsažena i ve školních vzdělávacích programech (ŠVP), v 9 % tomu tak ve školním roce 2011/2012 nebylo (Král a Řezníčková 2013). V rámci dotazníkového šetření v červnu 2012 bylo zjištěno, že 48 % dotazovaných studentů se s GIS (geoinformační systém) ani s DPZ nesetkalo (Král a Řezníčková 2013). Král a Řezníčková (2013) uvádí, že pokud se studenti setkali s GIS či DPZ, bylo to nejčastěji v hodinách zeměpisu (38 %), biologie (18 %), informatiky (14 %) a hodinách fyziky (2 %).

Překážkou nejčastěji bývá neznalost učitelů a nedostatečné vybavení učeben, jelikož výuka zeměpisu probíhá nejčastěji v klasických třídách bez počítačů (Kymrová 2011). Král a Řezníčková (2013) uvádí, že dostupnost počítačové učebny je bariérou pro výuku geoinformatických předmětů dokonce ve 30 % škol. Ve školním roce 2011/2012 většina ŠVP (58 %) vyžadovala pouze teoretickou znalost geoinformatiky (Král a Řezníčková (2013). Kymrová 2011 i Král 2015 se ve svých studiích shodují, že práce s geoinformatickými softwary byla pro učitele přínosem a ocenili by další vzdělávání v oboru.

2.3.3 Dosažené kurikulum

Z dostupných studií vyplývá, že studenti po instruktáži zpravidla nemívají problémy s ovládním geoinformatických softwarů a vyhodnocují správně zadané úkoly (Kymrová 2011; Král 2015). Menší problém tvoří dostupnost softwaru často jen v anglickém jazyce (Kymrová 2011). Z geoinformatických technologií pak nejčastěji využívají GIS prohlížeč Google Earth (80 %), GPS navigace (60 %) a mapové portály (50 %), v mimoškolních aktivitách pak studenti nejčastěji plánují a zaznamenávají trasy sportovních aktivit (Král 2015).

3 Metodika

V rámci diplomové práce byl zkoumán stav zapojení DPZ do výuky na středních školách a testován nový volně dostupný program Sentinel Hub formou výukových materiálů, které byly zpracovány formou kvízu.

3.1 Dotazníky

K získání dat byla použita metoda dotazníkového šetření (Gavora et al. 2010). Celkem byly vytvořeny tři dotazníky, které byly k dispozici online pomocí služby Google Forms. Metoda dotazníkového šetření byla zvolena z důvodu potřeby kvantitativních dat ohledně zapojení DPZ do výuky (Gavora et al. 2010; Kymrová 2011; Král 2015). Otázky všech dotazníků byly koncipovány tak, aby doplnily a navázaly na studie Kymrové (2011) a Krále (2015) věnované DPZ ve výuce na středních školách a zodpověděli výzkumné otázky a cíle této diplomové práce.

3.1.1 Dotazník č. 1

Za účelem získání seriózních dat o zapojení DPZ do výuky na středních školách byli osloveni především absolventi středních škol skrz osobní kontakt či sociální sítě. Část respondentů tvořili záměrně studenti geografie, aby se eliminoval faktor neznalosti terminologie nebo zkreslení dat z důvodu nezájmu o obor (Wildemuth 2009). První dotazník byl rozdělený na dvě části. První povinná část se věnovala získání kvantitativních informací ohledně výuky DPZ na středních školách, druhá volitelná část byla kvalitativní praktického charakteru a testovala srozumitelnost a praktičnost nového volně dostupného programu Sentinel Hub skrz vytvořené úlohy. Rozdělení dotazníku č. 1 na dvě části bylo z důvodu vyšší šance na návratnost vyplněné části ke sběru kvantitativních údajů. Dotazník č. 1 byl nejprve otestován na 10 osobách (geografech i negeografech) za účelem odstranění případných chyb (Chrástka 2007). Teprve poté byl dotazník roz distribuován skrz osobní kontakt, e-mailem a skrz sociální sítě jakožto nejrychlejší a nejekonomičtější způsob distribuce (Wildemuth 2009). Tímto způsobem byly osloveny stovky respondentů. Dotazník obsahuje otázky např. na rok maturity za účelem zjištění změny stavu v závislosti na platném RVP. Sběr dat proběhl na jaře 2019.

3.1.2 Dotazník č. 2

Druhý dotazník byl identický jako první s tím rozdílem, že obě části byly povinné, aby se získala jak data o studentovi, tak o jeho schopnostech plnit praktickou část (Wildemuth 2009). Dotazník č. 2 byl určen pro studenty středních škol. Tento dotazník byl emailem rozeslán 100 vyučujícím zeměpisu (geografie) gymnázií a středních škol se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí, k distribuci mezi své studenty ať už při hodině nebo jako domácí úkol. Sběr dat proběhl na jaře 2019.

3.1.3 Dotazník č. 3

Třetí dotazník byl opět kvantitativní a byl určen vyučujícím středních škol, které mají DPZ implementováno v RVP a byl rozeslán 100 vyučujícím gymnázií a středních škol se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí. Do výběru bylo zahrnuto vždy 7 vyučujících zeměpisu z každého kraje Česka a navíc 2 učitelé, učitel řešitelky ze střední školy a fakultní učitel z pedagogických praxí. Pokud bylo na dané škole více zeměpisářů, byl zvolen ten, který měl kombinaci s informatikou. Sběr dat proběhl na jaře 2019.

3.2 Praktická část

Praktická část byla tvořena formou kvízu a jednotlivé úkoly byly obodovány dle časové náročnosti na jejich vyplnění (celkem 25 bodů). Kvíz tak zpestřuje testovaným vyplňování dotazníku a usnadňuje vyhodnocení práce s programem a porozumění jednotlivých úkolů. Praktická část zároveň obsahuje manuál práce s programem Sentinel Hub a slouží nejen studentům, ale i vyučujícím. Praktickou část tvoří tři jednotlivé úkoly, které postupně rozvíjejí schopnost práce s programem Sentinel Hub. Úkoly jsou koncipovány podle třífázového modelu učení modelu E-U-R (Košťálová 2000; Marada et al. 2017).

3.2.1 Úkol č. 1

V první úloze fázi Evokace (E) zastupuje stručný popis dálkového průzkumu Země (obr. 18).

Dálkový průzkum Země (DPZ) na středních školách

Praktická část - Sentinel Hub

Úvod (informace pro ty, co nevědí nic o DPZ, k úkolům přejděte na další stránku)

Co je to dálkový průzkum Země?
 Dálkový průzkum Země (DPZ) pracuje s družicovými snímkami, které jsou snímány v různých vlnových délkách. Kombinací různých spekter elektromagnetického záření můžeme zobrazit i to, co na běžné fotografii nelze vidět či rozlišit. DPZ je možné přiblížit rentgenu a umožňuje nám spatřit jevy a objekty, které bychom normálně pomocí viditelného světla neviděli. Každý povrch odráží různé vlnové délky a díky různé kombinaci spekter můžeme od sebe rozlišit například vodu a hustý les, které vypadají na běžné fotografii téměř stejně. Voda pohlcuje všechny delší vlnové délky, zatímco vegetace delší vlnové délky (např. infračervené záření) odráží. Díky snímkům v infračerveném spektru umí DPZ vizualizovat například požáry či sopečné erupce. Ověřenou kombinací snímků různých vlnových délek vznikly tzv. indexy zobrazující určité jevy. Nejpoužívanější je vegetační index, odlišující vegetaci od ostatních povrchů, nebo index zobrazující vodní plochy (NDWI).

V programu Sentinel Hub Playground jsou přednastavené různé kombinace spekter pro zobrazení určitých jevů, ale je k dispozici i funkce k vlastní kombinaci spekter. Pásmo 1 – 12 představují různá spektra elektromagnetického záření od nejkratších po nejdelší. Např. pásmo 2 je modré viditelné světlo, pásmo 11 střední infračervené záření.

Více informací o dálkovém průzkumu Země v archivu Geografických rozhledů:
<https://www.geograficke-rozhledy.cz/archiv/clanek/616/pdz/>

Spektrální odrazivost různých povrchů (Zdroj: Kupková 2010)

The graph plots reflectance (%) on the y-axis (0 to 50) against wavelength (µm) on the x-axis (0.4 to 1.2). Three curves are shown: 'půda' (soil) in brown, 'zelená vegetace' (green vegetation) in green, and 'voda' (water) in blue. The soil curve shows a steady increase from ~15% at 0.4 µm to ~45% at 1.2 µm. The green vegetation curve peaks at ~40% around 0.8 µm and then drops to ~30% at 1.2 µm. The water curve peaks at ~10% around 0.5 µm and then drops to 0% by 0.7 µm.

Vlnová délka (µm)	Odrazivost (%) - půda	Odrazivost (%) - zelená vegetace	Odrazivost (%) - voda
0.4	15	10	10
0.6	20	15	10
0.8	30	40	0
1.0	40	35	0
1.2	45	30	0

Obrázek 18. Úvodní část praktické části dotazníku.

Fázi Uvědomění (U) tvoří u první úlohy praktická část práce s programem Sentinel Hub Playground, ke kterému je vytvořen v rámci úlohy manuál (obr. 19). Následují otázky, k jejichž správnému vyhodnocení musí dotazovaní použít daný program (obr. 19).

Úkol 1 - základní práce DPZ

V programu Sentinel Hub Playground (<https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground>) najdete bezoblačný snímek známého okolí (např. 28. 2. 2019 bylo v Čechách jasno, 27. 2. 2019 pro Moravu a Slezsko), identifikujte různé typy povrchu a napište, jakou barvou jsou znázorněny v různé kombinaci spektrálních pásem (Natural color, Agriculture a Vegetation index). Pro zobrazení sněhové pokrývky si snímek odzoomujte a zaměřte se na horské oblasti.

Ročníkům "kalendář" lze listovat databázi snímků. Zakroužkované dny označují dny, kdy byly pořízeny snímky. Světlé šedá barva označuje snímky s malou oblačností, tmavě šedá s velkou. "Cloud coverage 1" znamená 1% pokrytí oblačností, tedy téměř jasno.

0% = bezoblačně 100% = zataženo

realizaci různých kombinací spektrálních pásem

Přirozené barvy (Natural color) *

5 bodů

	Bílá	Hnědá	Zelená	Tmavě zelená	Tmavě modrá, tmavě zelená, zelená
Les (jehličnatý)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holá půda (zorané pole)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Louka, pole s plodinami	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Voda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sníh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

V nepřirozených barvách by rozlišení různých povrchů už mělo být jednodušší :

Zemědělství (Agriculture) *

5 bodů

	Hnědá, oranžová	Azurová	Tmavě zelená	Tmavě modrá	Světle zelená
Sníh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les (jehličnatý)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holá půda (zorané pole)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Louka, pole s plodinami	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Voda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obrázek 19. Ukázka úkolů z praktické části dotazníku.

Fázi Reflexe (R) zastupuje druhá úloha, která navazuje na znalosti z první úlohy.

3.2.2 Úkol č. 2

Ve druhém úkolu tvoří evokační část článek z webu České televize o nedávné sopečné erupci a klade si za úkol v dotazovaných evokovat předchozí znalosti a motivovat k druhému úkolu (obr. 20). Úkol č. 2 ukazuje možnou aplikaci dálkového průzkumu Země.

Dálkový průzkum Země (DPZ) na středních školách

*Povinné pole

Úkol 2: Sicilská sopka znovu ukázala sílu

Článek pro oživení pojmů a dojmů:

24. 12. 2018, Randazzo, Itálie

Sicilská sopka Etna se opět probudila k životu. Žhavá láva vytéká z kráteru na jihovýchodním svahu, píše agentura AP. Po poledni byl uzavřen letecký prostor nad mezinárodním letištěm v Katánii, které leží asi šedesát kilometrů od Etny. V současné době je provoz omezen na přistání čtyř letadel za hodinu.

V místě sopky byla v posledních hodinách zaznamenána neobvykle četná seismická aktivita. Experti uvedli, že jen do poledne šlo asi o 130 menších otřesů. Nejsilnější z nich měly sílu čtyři stupně. Z vulkánu se valí hustý dým.

Místní obyvatelé jsou na podobné situace poměrně zvyklí, naposledy Etna bouřila letos v létě. Někteří proto na Twitteru komentují událost s nadhledem. „Slečna Etna předvádí vánoční show, za posledních pár hodin jsme cítili několik malých otřesů země,“ napsal jeden z uživatelů sociální sítě.

Etna je nejvyšší a nejaktivnější sopkou v Evropě. Její výška podle měření z roku 2009 dosahovala 3329 metrů nad mořem. Vulkan chrlí lávu a dým několikrát za rok. V březnu 2017 utrpělo při jedné z erupcí zranění deset lidí, mezi nimi turisté i vědci, kteří sopku zkoumali.

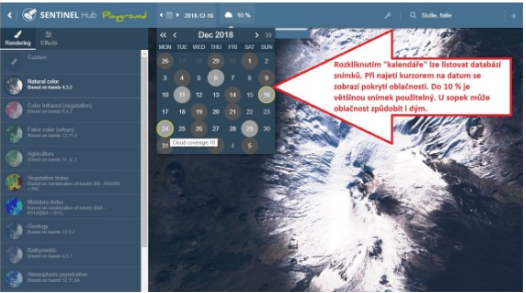
Zdroj: Česká televize

Obrázek 20. Evokační článek ke druhému úkolu praktické části dotazníku.

Část uvědomění obsahuje opět manuál I práci s programem Sentinel Hub Playground a otázky, ke kterým je potřeba ovládat program podle návodu. Jedna z otázek je zaměřena i na propojení úvodního textu a problematiky DPZ (obr. 21)

Detekujte pomocí DPZ sopečnou aktivitu

V programu Sentinel Hub Playground (<https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground>) najdete bezoblačný snímek sicilské Etny v prosinci 2018. V přirozených barvách není žhavý lávový proud z družice viditelný. Díky snímkům v infračerveném spektru umí DPZ vizualizovat i tyto tepelné jevy. V programu Sentinel Hub Playground jsou přednastavené různé kombinace spekter pro zobrazení určitých jevů, ale je k dispozici i funkce k vlastní kombinaci spekter. Pásmo 1 – 12 představují různá spektra elektromagnetického záření od nejkratších po nejdelší. Např. pásmo 2 je modré viditelné světlo, pásmo 11 střední infračervené záření.



V jakých přednastavených kombinacích je zřetelně viditelný lávový proud? * 6 bodů

- Natural color (přirozené barvy)
- Color infrared, vegetation (blízké infračervené barvy)
- Agriculture (zemědělství)
- Geology (geologie)
- SWIR (infračervené záření)
- NDWI (vodní index)

Proč zrovna tyto kombinace spektrálních pásem? * 2 body

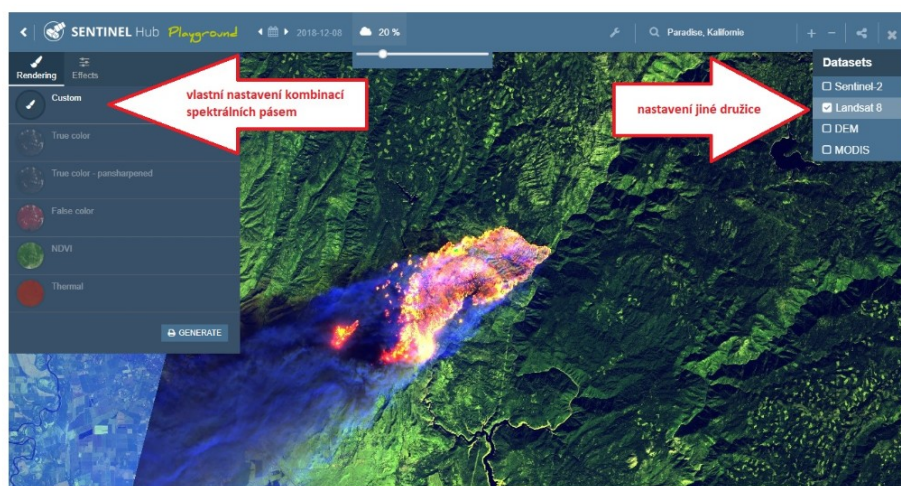
- obsahují krátké vlnové délky (spektrální pásma), díky kterým je možné znázornit tepelné jevy
- obsahují dlouhé vlnové délky (spektrální pásma), díky kterým je možné znázornit tepelné jevy

Obrázek 21. Ukázka úkolů z praktické části dotazníku.

Reflexní část je ve druhém úkolu zastoupena aplikací stejné metody na požáry (obr. 22).

Požáry (nepovinné)

Obdobně lze sledovat i požáry. V roce 2018 se odehrál jeden z nejničivějších požárů kalifornské historie ve městě Paradise. Družice Landsat 8 pořídila 8. 11. 2018 snímek této katastrofy. Pokud zvolíte vhodnou kombinaci spektrálních pásem, můžete si tento obrovský požár zobrazit. Při přiblížení je možné spatřit i jednotlivé hořící domy.



Obrázek 22. Reflexní část druhého úkolu praktické části dotazníku.

3.2.3 Úkol č. 3

Třetí úkol je zaměřen na práci v programu Sentinel Hub EO Browser, kde je vyžadováno přepínat mezi jednotlivými družicemi a roky pořízení snímků, a kombinuje tak předchozí znalosti z úloh o programu Sentinel Hub Playground. Třetí úkol obsahuje stejně jako předchozí úkoly manuál k práci s programem Sentinel Hub EO Browser. Evokační část zastupuje stručné shrnutí aplikace DPZ a úvod k úkolu (obr. 23).

Část uvědomění je práce s programem a zodpovězení otázek ohledně míry ústupu ledovce a pro reflexi předchozích znalostí i otázka na zobrazení v nepravých barvách. Reflexní část 3. úkolu tvoří článek z webu České televize (obr. 23).

Jako celková reflexe zadaných úkolů pak slouží závěrečný dotazník na práci s programem Sentinel Hub.

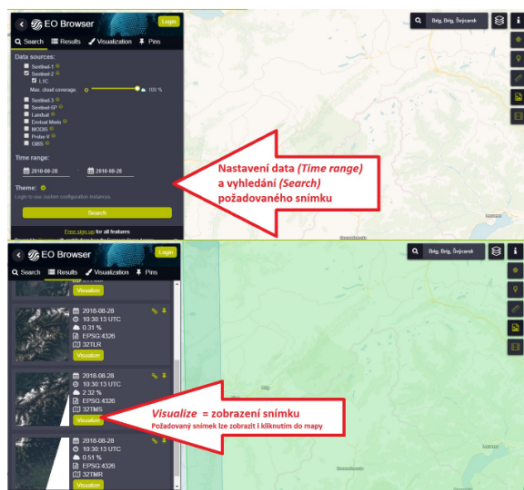
Úkol 3: Tání ledovců

Dálkový průzkum Země slouží nejen ke sledování aktuálních jevů, ale i k jejich dlouhodobému sledování. Dalším volně dostupným program Sentinel Hub je prohlížeč EO Browser, kde jsou po registraci uživatele k dispozici základní funkce jako měření vzdálenosti a plochy. V tomto prohlížeči jsou dostupné i snímky ze současných ale i starších družic jako je Landsat 5, která snímala svět v letech 1984 - 2013.

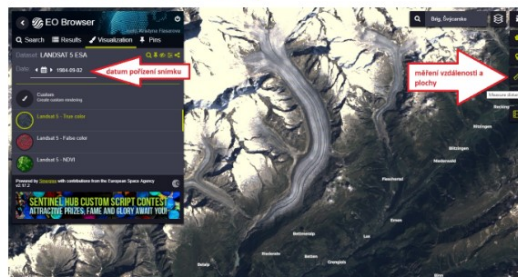
Změňte rozsah Aletschského ledovce od roku 1984

Otevřte EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) a přihlaste se (můžete použít přihlašovací údaje: dotaznik2019@email.cz a heslo: dotaznik2019). Najděte Aletschský ledovec (u města Brig ve Švýcarsku) a nahrajte snímek z např. 28. 8. 2018, kdy nebyla oblačnost, z družice Sentinel 2 (přednastavené). Pomocí funkce "Measure distance" změňte plochu ledovcového splazu v roce 2018 a roce 1984. Pro zobrazení snímku z roku 1984 je nutné vypnout snímky družice Sentinel 2 a nahrát snímky družice Landsat 5, bezoblačný snímek např. 2. 9. 1984 (a stejně u přepnutí zpět na současné snímky družice Sentinel 2). Vzdálenost se dá změnit zakliknutím na konec ledovcového splazu a nahráním druhého snímku, zakliknutý bod na snímku zůstává. Pro lepší viditelnost můžete zvolit jinou kombinaci spektrálních pásem než přirozené barvy, např. False color (nepravé barvy).

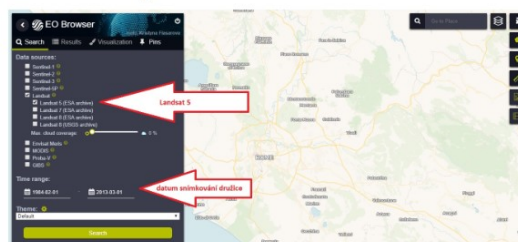
Náhrání družicových snímků



Nastavení data a měřící nástroje



Náhrání družicových snímků



Aletschský ledovec se od roku 1984 *

4 body

- prodloužil o 0 - 0,5 km
- zkrátil o 0 - 0,5 km
- zkrátil o 1 - 2 km
- prodloužil o 1 - 2 km

Konec lyžování v Evropě

Více informací o stavu alpských ledovců: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2040686-konec-lyzovani-v-evrope-alpy-prijdou-az-o-70-procent-snehu-varuji-klimatologove>

Obrázek 23. Ukázka třetího úkolu praktické části dotazníku.

3.3 Statistické vyhodnocení výsledků

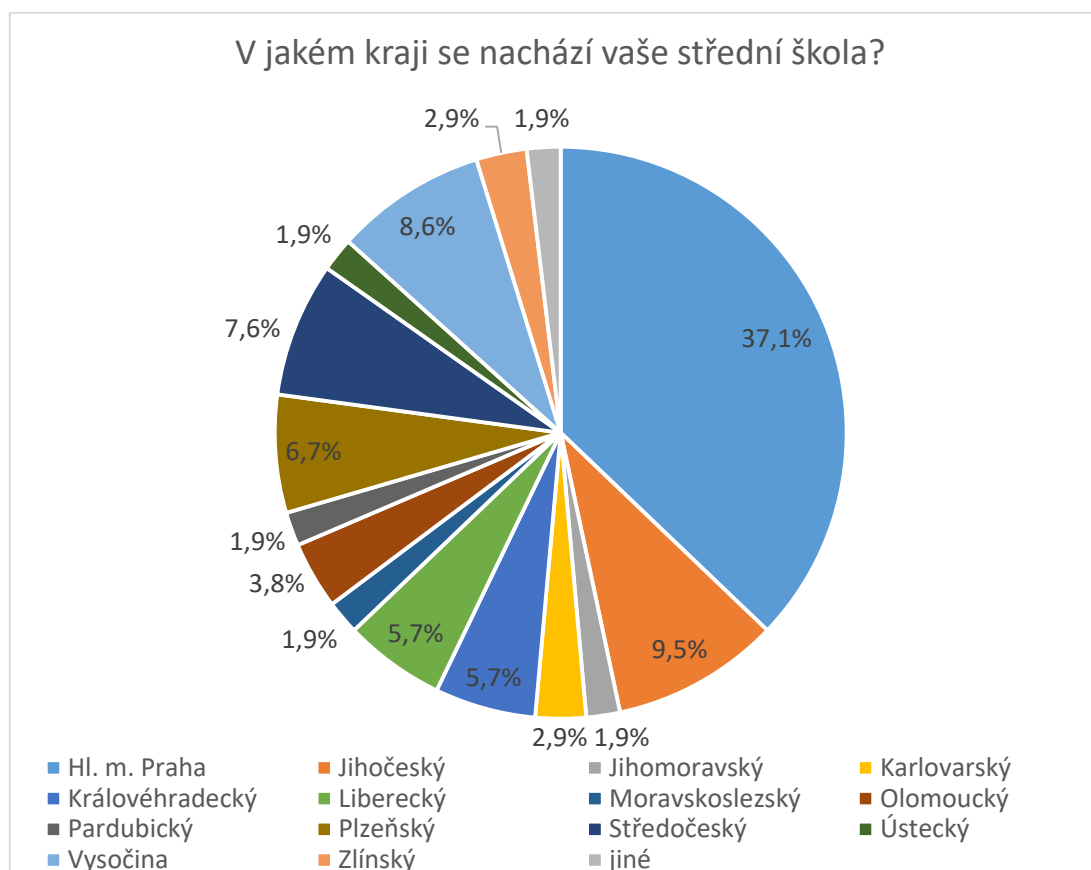
Výsledky byly zpracovány v programech Excel 2003 a Google Forms. Ze statistických metod byly použity základní statistické metody, jako je průměr, medián či relativní četnost. Dále pak byl vypočten Spearmanův koeficient pořadové korelace, na jehož základě byly otestovány nulové hypotézy na 5% hladině statistické významnosti. Nulové hypotézy jsou uvedeny v tabulce 3.

4 Výsledky

Dotazníky vyplnilo celkem 166 respondentů. Návratnost lze uvést pouze v případě dotazníku č. 3 určeného pro učitele, kde návratnost činila 19 %.

4.1 Dotazník č. 1 a č. 2

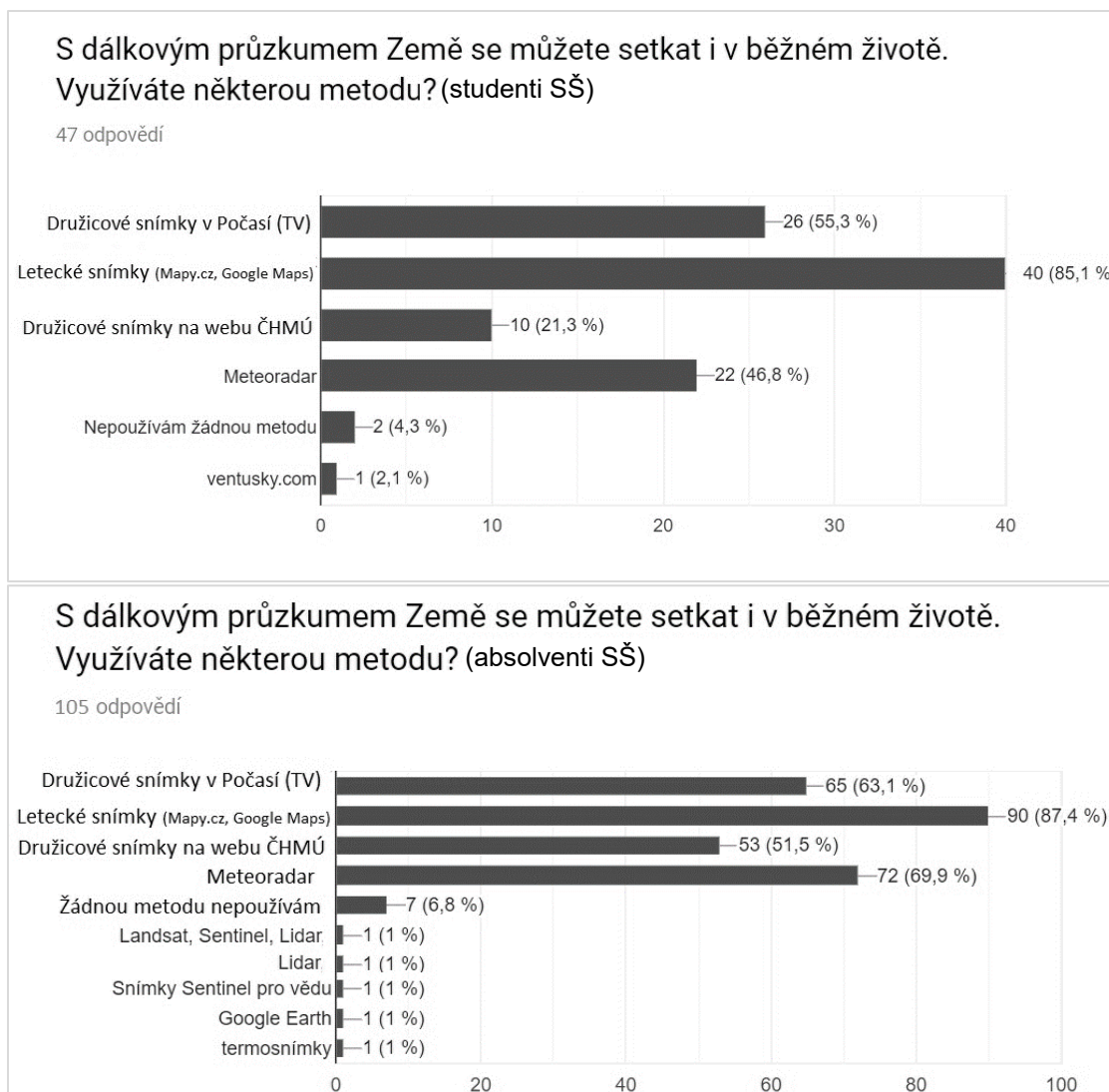
Povinnou část dotazníku č. 1 určeného pro absolventy, případně studenty SŠ, vyplnilo 105 respondentů. Praktickou (volitelnou) pak vyplnilo 40 respondentů. 89,5 % respondentů bylo z gymnázií, 2 % ze středních škol Obor Geodézie a katastr nemovitostí a 8,5 % z ostatních škol jako střední průmyslové školy či obchodní akademie. Nejvíce respondentů bylo z Hlavního města Prahy (37 %) a z jihočeského kraje (9,5 %), položku „jiné“ vyplnili 2 respondenti ze Slovenska a z Ruska (obr. 24).



Obrázek 24. Kraje, ve kterých respondenti Dotazníku č. 1 navštěvovali SŠ.

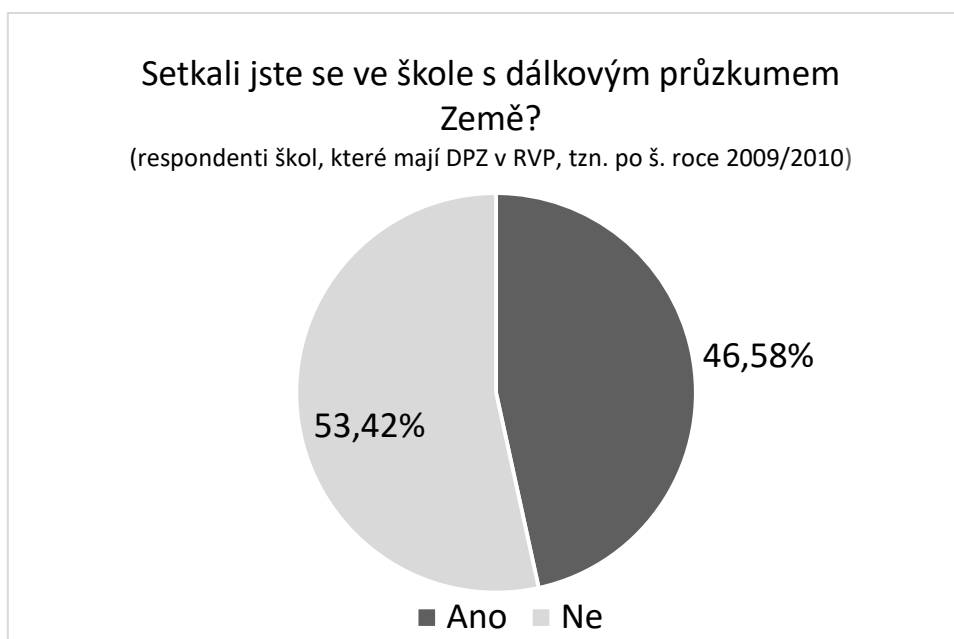
Dotazník č. 2 vyplnilo 41 studentů v rámci vyučování. Pro úvodní část (povinná část dotazníku č. 1), byly použity i odpovědi 6 studentů SŠ, kteří vyplnili dotazník č. 1.

V běžném životě některou z metod DPZ používá 93 % absolventů SŠ a 96 % studentů SŠ (obr. 25). Nejvíce se používají letecké snímky (87 %, resp. 85 %). Mezi absolventy je pak hojně používaný meteoradar (70 %) a družicové snímky oblačnosti sleduje v televizi 63 % respondentů z řad absolventů SŠ a na webu ČHMÚ 52 % (obr. 25). Studenti SŠ sledují družicové snímky oblačnosti v televizi z 55 % a meteoradar používají v 47 % (obr. 25), nejméně pak sledují družicové snímky na webu ČHMÚ (21 %).



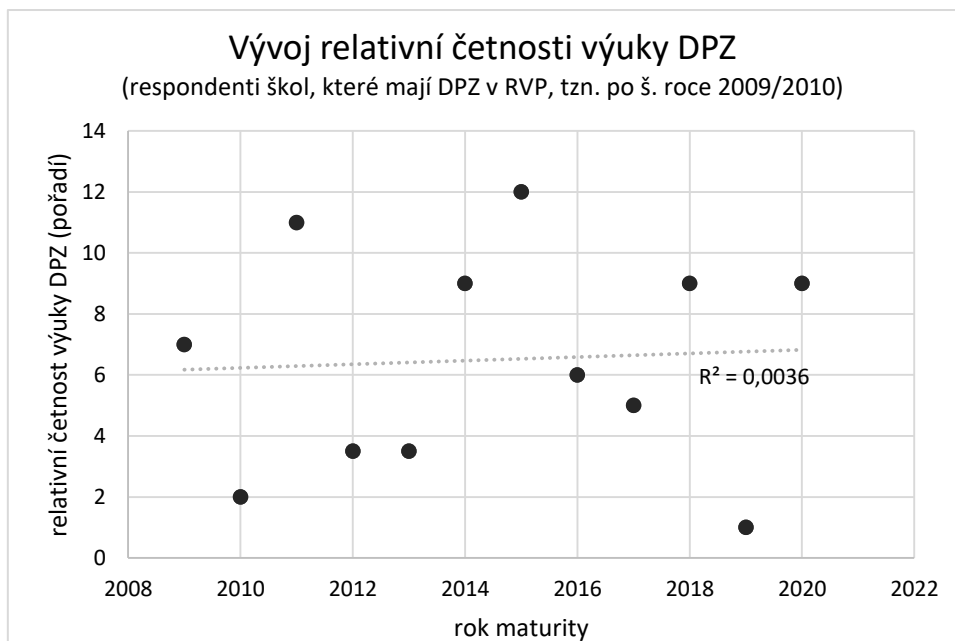
Obrázek 25. Využívání DPZ v běžném životě.

Ve škole se s DPZ setkalo 44 % absolventů. Respondenti, kterých se týkal rámcový vzdělávací program s implementací DPZ, bylo 73 a s DPZ ve škole se setkalo 47 % z nich (obr. 26). Studenti SŠ se s DPZ ve škole setkali v 81 %.



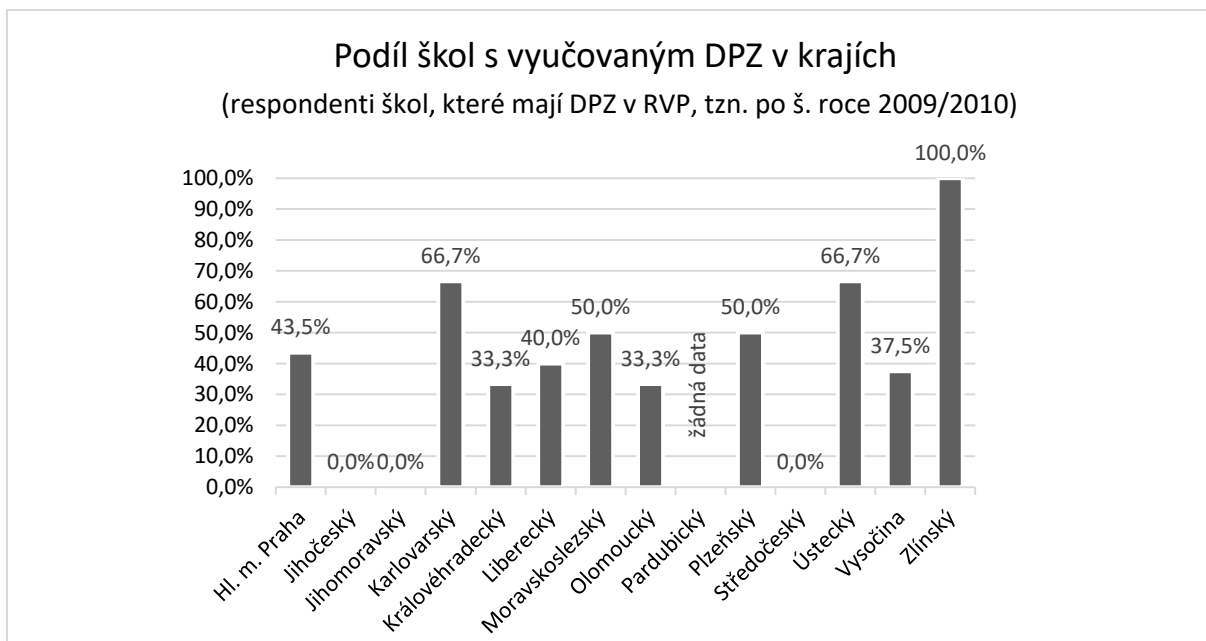
Obrázek 26. Setkání absolventů SŠ s DPZ ve školní výuce.

V rámci práce byla otestována hypotéza, že s přibývajícím časem poroste i podíl výuky DPZ na školách, které mají DPZ implementováno v RVP. Tato hypotéza potvrzena nebyla (obr. 27). Respektive dvouvýběrovým oboustranným t.testem nebyla zamítnuta nulová hypotéza (tab. 3), že s přibývajícím časem neroste podíl výuky DPZ ($p=0,85$). Hodnota spolehlivosti regresní funkce je navíc velmi nízká (0,0036).



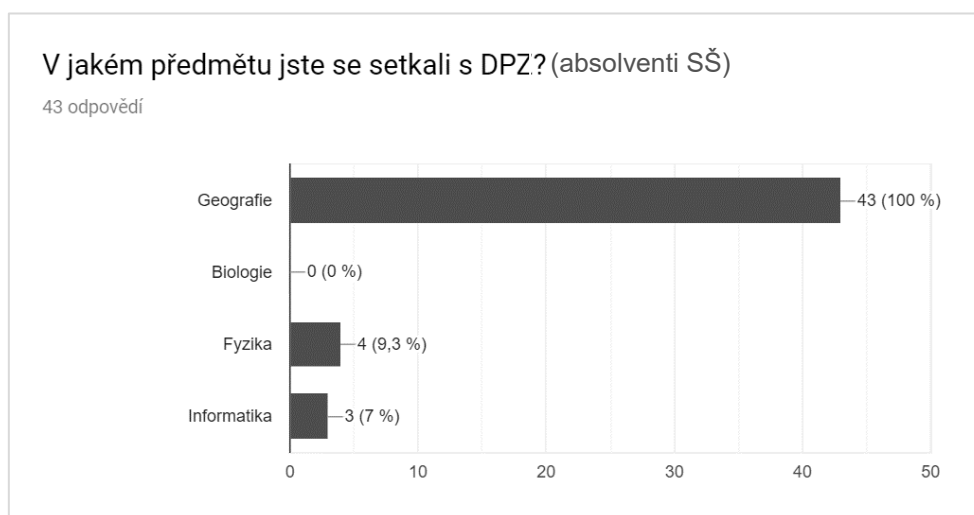
Obrázek 27. Graf vývoje relativní četnosti výuky DPZ.

Na obr. 28 je znázorněn procentuální podíl škol, kterých se týká implementace DPZ ve výuce, v jednotlivých krajích. Nejvyšší podíl má Zlínský kraj, kde se DPZ vyučuje ve 100 % škol dotazovaných respondentů, kteří maturovali mezi roky 2010 a 2019. Vysoký podíl měly ještě Karlovarský a Ústecký kraj po 67 %. V Jihočeském, Středočeském a Jihomoravském kraji se s DPZ nesetkal ve škole nikdo z dotazovaných respondentů, kteří maturovali mezi roky 2010 a 2019. V Pardubickém kraji nebyl žádný respondent, který by navštěvoval gymnázium nebo střední školu s oborem geodézie a katastr nemovitostí. Nutno podotknout, že reprezentativní počet respondentů byl pouze v HI. m. Praha.

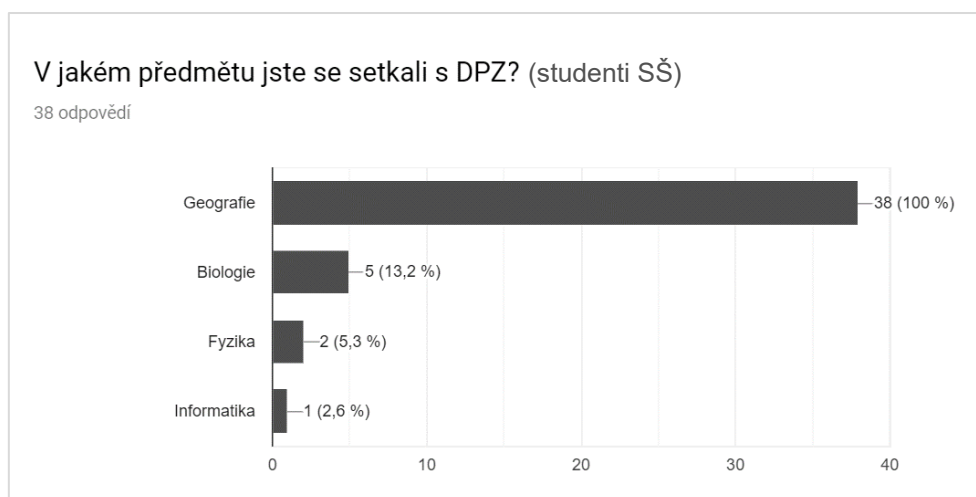


Obrázek 28. Podíl škol s vyučováním DPZ v krajích.

Pokud se respondenti z řad absolventů setkali s DPZ ve výuce, bylo to vždy v předmětu geografie (100 %), někteří pak i ve fyzice (9 %) a v informatice (7 %). V biologii se s DPZ nesetkal žádný dotazovaný absolvent SŠ (obr. 29). U studentů SŠ jako druhý předmět po geografii figurovala biologie (13 %), dále pak fyzika a informatika (obr. 30).



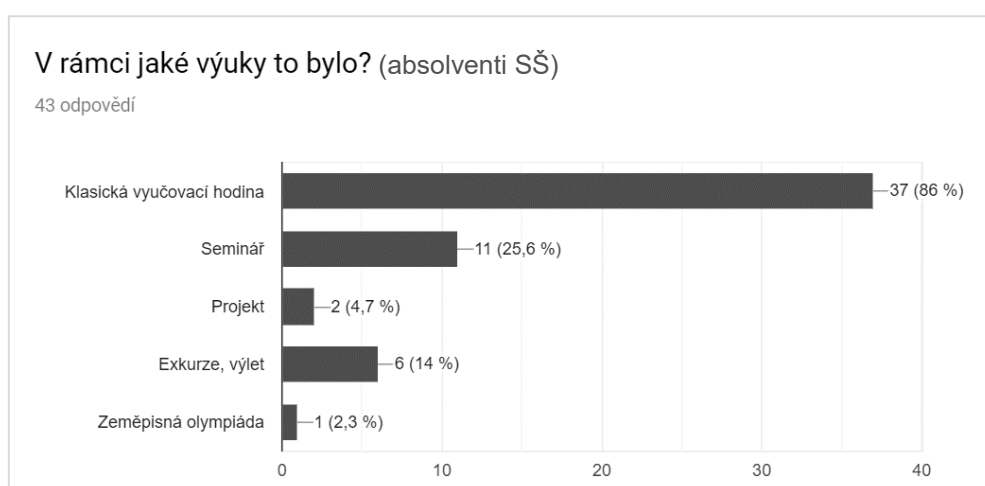
Obrázek 29. Předmět, ve kterém se absolventi SŠ setkali s DPZ.



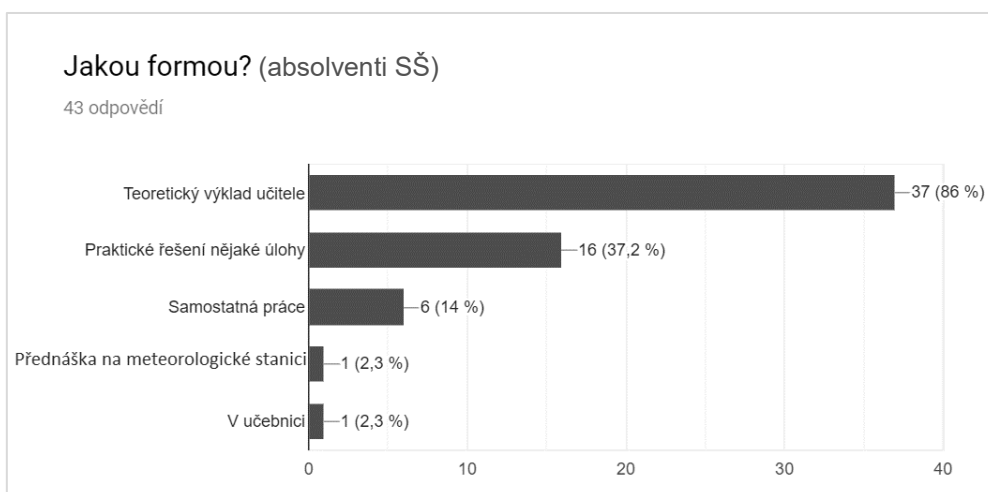
Obrázek 30. Předmět, ve kterém se studenti SŠ setkali s DPZ

Převážná část respondentů z řad absolventů se s DPZ setkala během klasické vyučovací hodiny (86 %), často v kombinaci se seminářem či exkurzí (16 %). Pouze při semináři či exkurzi se s DPZ setkalo 12 % respondentů. 1 respondent se setkal s DPZ pouze během zeměpisné olympiády (obr. 31).

S teoretickým výkladem se setkala stejná část respondentů jako u klasické vyučovací hodiny (86 %). S praktickým řešením nějaké úlohy se setkalo 37 % respondentů (obr. 32), v 60 % během klasické vyučovací hodiny. Pouze s teoretickým výkladem se setkalo 56,5 % respondentů.



Obrázek 31. Typ výuky, ve které se absolventi SŠ setkali s DPZ.



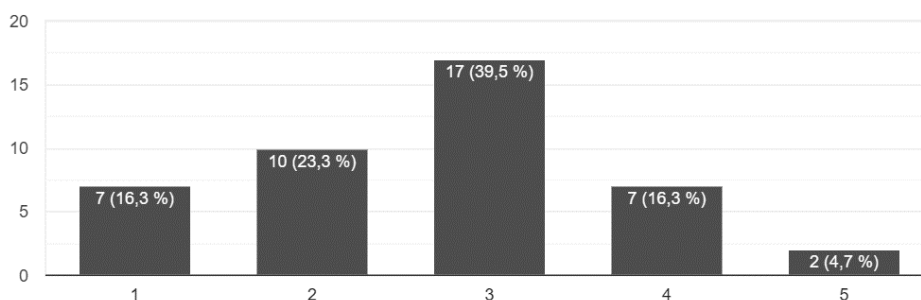
Obrázek 32. Forma výuky, ve které se absolventi SŠ setkali s DPZ.

Data za středoškolské studenty zde nejsou uvedena z důvodu neukončeného studia (např. ve 2. ročníku ještě většinou nebývají semináře a jiná rozšířená výuka) respondentů a mohlo by tak dojít k jejich zkreslení.

Respondenti dotazníku hodnotili složitost DPZ na stupnici od 1 (jednoduché) do 5 (příliš složité). Většina respondentů z řad absolventů uvedla DPZ jako středně složité až jednoduché (79 %). 21 % shledává DPZ složitým až příliš složitým (obr. 33).

DPZ mi přišlo (absolventi SŠ)

43 odpovědí

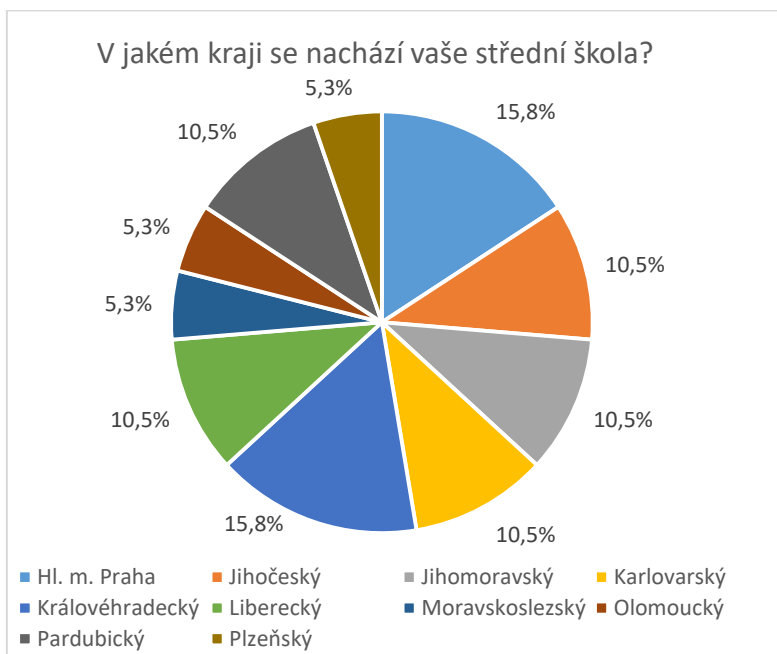


Obrázek 33. Obtížnost DPZ.

Studentům SŠ přišlo DPZ složité až příliš složité jen ve dvou případech (5 %). Nejvíce odpovědí (45 %) zaznamenala varianta spíše jednoduché.

4.2 Dotazník č. 3

Ze 100 oslovených učitelů zeměpisu vyplnilo dotazník č. 3 19 z nich. Většina respondentů učí na gymnáziích (89 %) a zbývajících 11 % na středních odborných školách se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí. Geografické rozložení působení respondentů bylo celkem vyvážené a zachytilo skoro všechny kraje Česka (obr. 34)



Obrázek 34. Kraje, ve kterých dotazovaní učitelé učí.

4.2.1 Učitelé, kteří DPZ nevyučují

21 % dotazovaných učitelů uvedlo, že DPZ nevyučuje. Nejvíce negativních odpovědí bylo z Královéhradeckého kraje. Hlavními důvody byla technologická náročnost (75 %) v kombinaci s časovou tísní a vědomostní náročností. Pouze jeden respondent uvedl samostatně časovou tíseň. Tento samý respondent také jako jediný uvedl, že by DPZ nevyučoval ani kdyby byl k dispozici program, který funguje i na chytrých telefonech. Ostatní respondenti, kteří DPZ nevyučují, by takovýto program uvítali. Všechny školy, u kterých vyučující uvedli, že nevyučují DPZ, mají DPZ uvedeno v ŠVP. U dvou škol je zmíněno přímo DPZ, u ostatních aplikace DPZ jako např. práce s Google Earth či používání informací z leteckých a družicových snímků.

25 % respondentů uvedlo, že jim DPZ přijde složité a technologická náročnost (např. potřeba počítačové učebny) představuje problém. Pro zbylé respondenty, kteří DPZ nevyučují, je

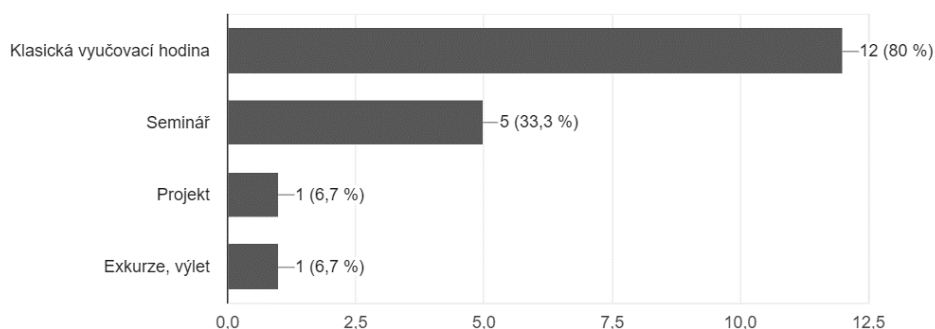
DPZ přiměřeně složité (75 %) a technologická náročnost je přiměřená (50 %), či spíše problém nepředstavuje (25 %).

4.2.2 Učitelé, kteří DPZ vyučují

Většina respondentů (79 %) DPZ vyučuje. Nejčastěji v rámci klasické vyučovací hodiny (80 %) a během seminářů (33 %) (obr. 35). V Libereckém kraji vyučují učitelé DPZ pouze v rámci projektů a seminářů. Nejčastěji učitelé vyučují o DPZ formou teoretického výkladu (73 %), ale časté bylo i praktické řešení nějaké úlohy (47 %). Samostatný úkol v DPZ zadává 20 % vyučujících a v 7 % se DPZ vyučuje přednáškou odborníka z praxe (obr. 36).

V rámci jaké výuky?

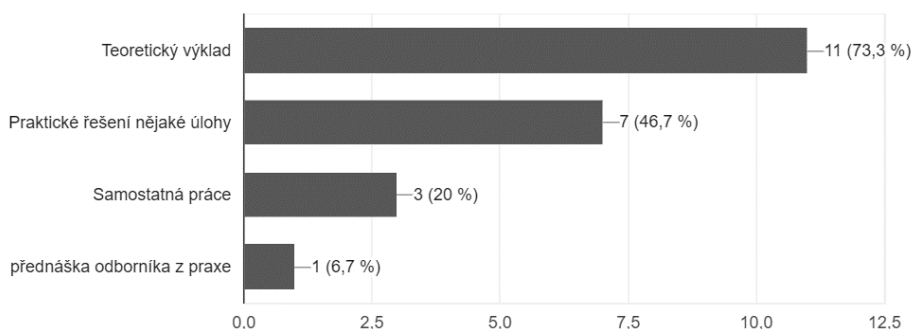
15 odpovědí



Obrázek 35. Typ výuky, ve které učitelé učí DPZ.

Jakou formou?

15 odpovědí



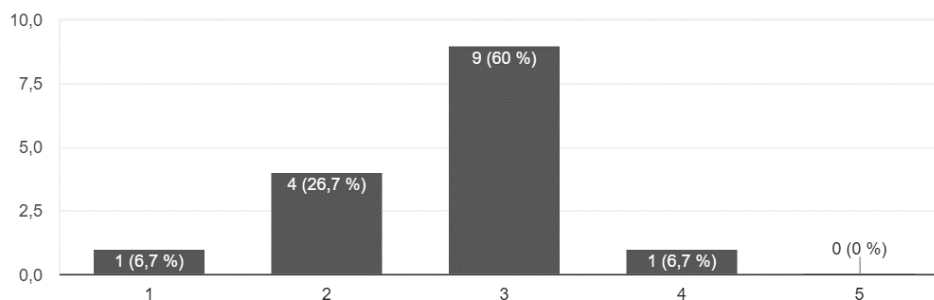
Obrázek 36. Forma výuky, jakou učitelé učí DPZ.

Nejčastěji učitelé k výuce využívají volně dostupný QGIS (50 %), dále pak ArcGIS, Google Earth, NASA prohlížeč družicových dat, LeoWorks či Gimp.

Většině učitelům, kteří vyučují DPZ, přijde tento obor přiměřeně složitý (60 %) či jednoduchý (27 %) (obr. 37), technologická náročnost učebny však představuje problém pro 34 % učitelů (obr. 38).

DPZ mi přijde

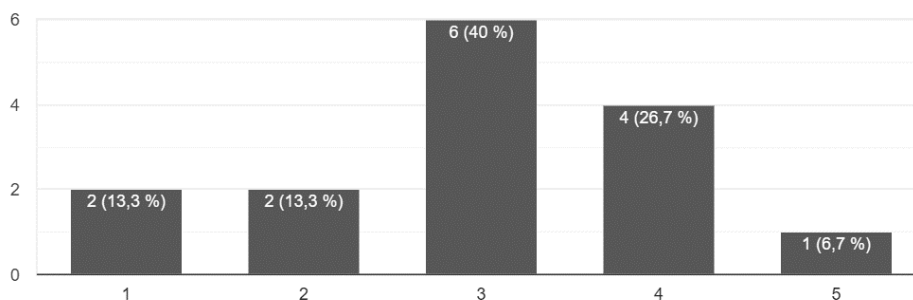
15 odpovědí



Obrázek 37. Obtížnost DPZ pro učitele.

Technologická náročnost (potřeba počítačové učebny, speciální program) DPZ je pro mě problém

15 odpovědí



Obrázek 38. Technologická náročnost výuky DPZ.

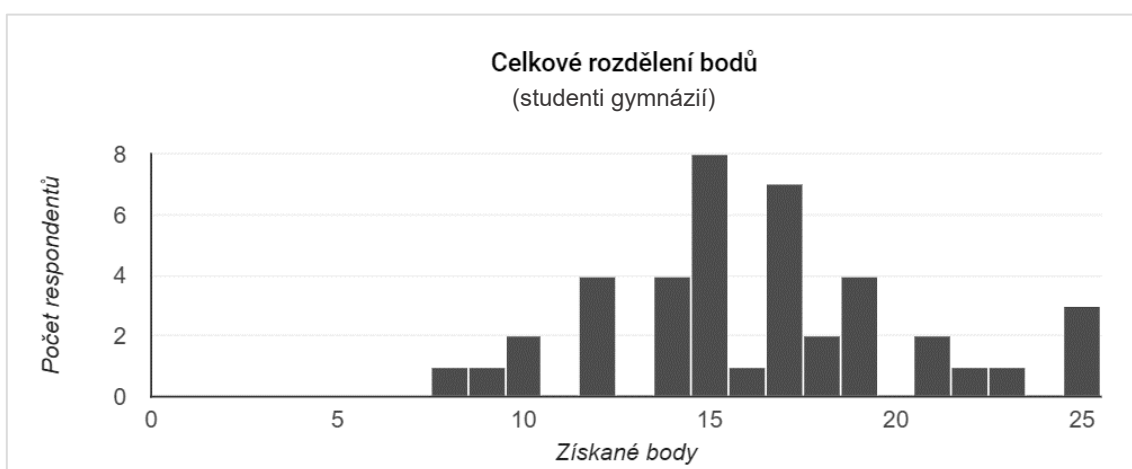
Naprostá většina respondentů (87 %) by uvítala program, který funguje i na chytrých telefonech, a usnadnil by tak výuku.

Výsledky ukázaly, že na středních odborných školách se zaměřením Geodézie a katastr nemovitostí se DPZ vyučuje ve všech případech odpovědí. Na gymnáziích se DPZ vyučuje ve $\frac{3}{4}$ případů.

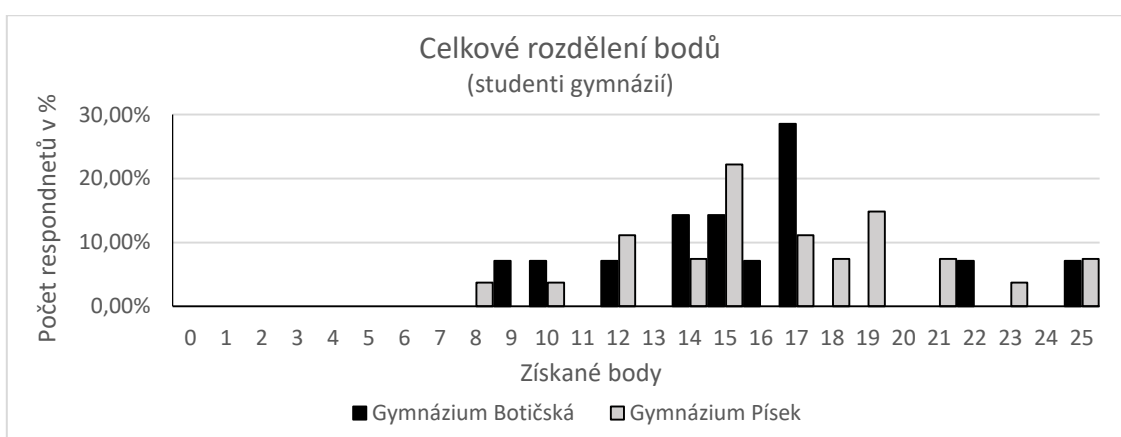
4.3 Praktická část

Praktické části se zúčastnilo 23 geografů nebo učitelů geografie, 17 absolventů SŠ (negeografů) a 41 studentů gymnázií (2. ročník). Studenti gymnázií byli ze dvou gymnázií: 27 z Gymnázia Písek v Písku a 14 z Gymnázia Botičská v Praze.

Studenti obou gymnázií byli v plnění kvízu úspěšní a počet získaných bodů přibližně kopíroval Gaussovu křivku mírně posunutou k vyšším bodovým ziskům (obr. 39). Rozložení četnosti získaných bodů se u obou gymnázií velmi podobalo (obr. 40), což dokládá i podobný průměr a medián získaných bodů (tab. 2).



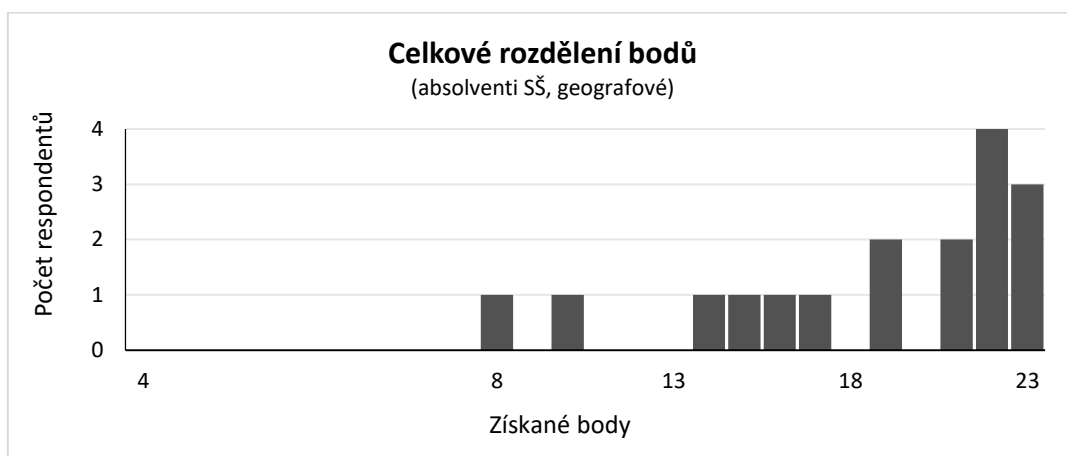
Obrázek 39. Celkové rozdělení bodů (studenti gymnázia).



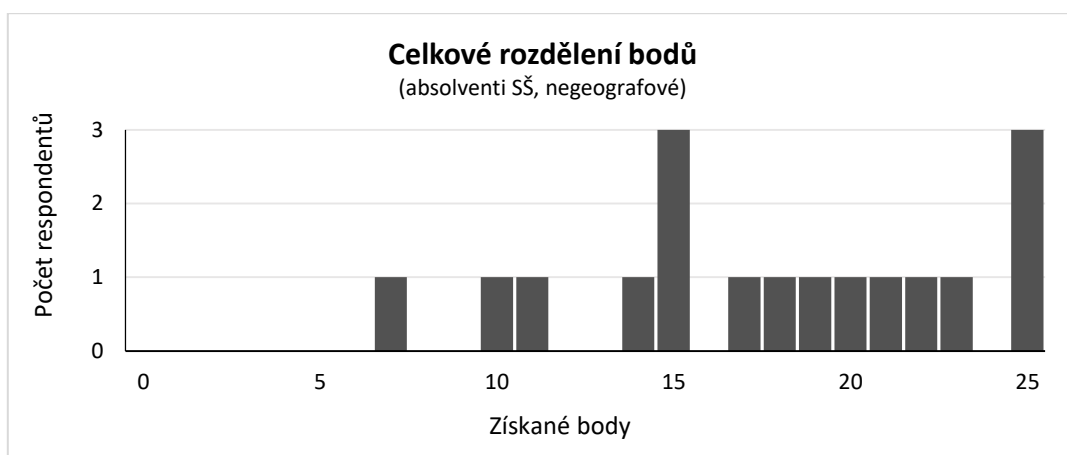
Obrázek 40. Celkové rozdělení bodů u studentů gymnázií.

Nejvyšší počet bodů z kvízu (tab. 2) získali dle očekávání geografové (obr. 41). Poměrně vysoká úspěšnost byla i mezi negeografickými absolventy SŠ (obr. 42), zde se až na nejvyšší počet bodů opět vizuálně přibližně vyrýsovala Gaussova křivka. Vysoká úspěšnost

(nad 20 bodů) neměla žádnou souvislost s předchozí zkušeností s DPZ a byla velmi vysoká i u negeografů (56 %), kteří se s DPZ ve škole nesetkali.



Obrázek 41. Celkové rozdělení bodů (geografové).



Obrázek 42. Celkové rozdělení bodů (negeografové).

Tabulka 2. Počet bodů získaných v kvízu praktické části.

	průměr získaných bodů	medián získaných bodů	počet respondentů
studenti Gymnázia Botičská	15.7	15.5	14
studenti Gymnázia Písek	16.3	16	27
studenti gymnázií (dohromady)	16.3	16	41
absolventi SŠ negeografové	17.7	18	17
absolventi SŠ geografové	20.3	22	23

4.3.1 Kvízové otázky

4.3.1.1 Úkol č. 1: Základní práce s DPZ

1) Přiřadte barvu k jednotlivým typům povrchu v přirozených barvách
Největší problémy při detekování typů povrchu dělala absolventům SŠ voda (12 % chybně), studentům gymnázií pole s plodinami a holá půda (5 % chybně). Naopak sníh všichni dotazovaní určili správně (100 %).

2) Přiřadte barvu k jednotlivým typům povrchu v přirozených barvách
Pole s plodinami špatně detekovalo 12 % studentům, zatímco absolventům dělala největší problémy sníh (12 % chybně). Ostatní povrchy byly detekovány správně s 90 – 93% úspěšností. Nejvyšší úspěšnost (98 %) měl jehličnatý les u absolventů.

4.3.1.2 Úkol č. 2: Sicilská sopka znovu ukázala sílu

1) V jakých přednastavených kombinacích je zřetelně viditelný lávový proud?
V této otázce byly správně 3 možnosti, všechny 3 zaškrtnulo jen 22 % studentů a 62 % absolventů, i když alespoň jednu spektrální kombinaci mělo správně 61 % studentů a 88 % absolventů.

2) Proč zrovna tyto kombinace spektrálních pásem?
Pátá otázka byla zaměřená na informace, které bylo možné vyčíst s textu. Úspěšnost mezi studenty byla 68 %, mezi absolventy 64 %.

3) Jaký den v prosinci lávový proud nebyl zřetelně aktivní?
Volitelnou otázku, která nutila respondenta aplikaci znalostí z třetí otázky i na jiné dny, zodpovědělo správně 76 % studentů a 68 % absolventů.

4.3.1.3 Úkol 3: Tání ledovců

1) Změňte změnu rozsahu Aletschského ledovce od roku 1984 - délka
Tato otázka byla zaměřená na aplikaci předchozí znalosti detekce jednotlivých typů povrchu na dva časově odlišné snímky a použití nástroje na měření vzdálenosti. Správně ji zodpovědělo 54 % studentů, 34 % studentů uvedlo, že se Aletschský ledovec zkrátil o něco méně a 13 % uvedlo, že se ledovec prodloužil. Mezi absolventy zodpovědělo otázku správně 69 %, zkrácení o menší část uvedlo 19 % a 12 % uvedlo, že se ledovec prodloužil.

2) Změňte změnu rozsahu Aletschského ledovce od roku 1984 - rozloha
Volitelná otázka zaměřená na použití nástroje na měření plochy měla obdobné výsledky jako předchozí otázka.

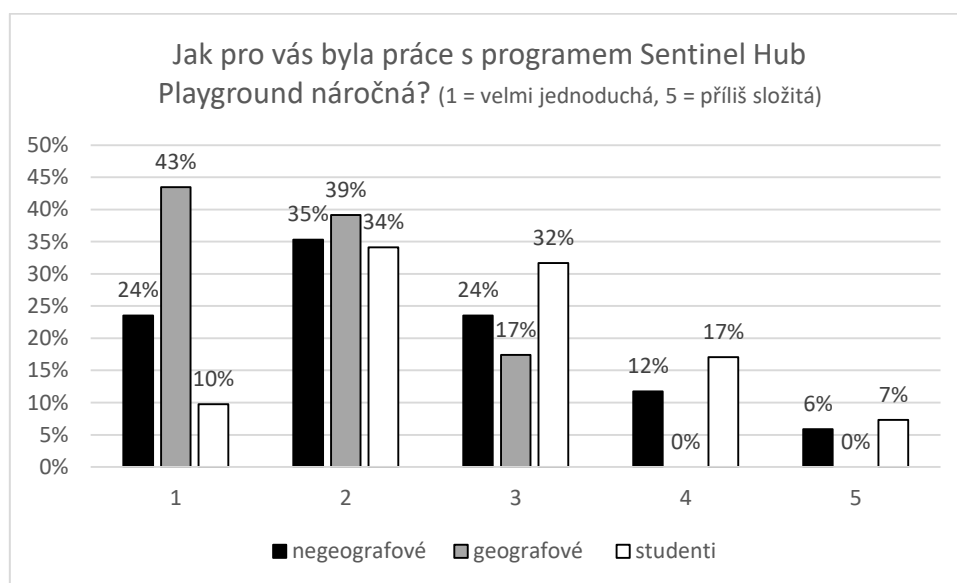
3) Jakou barvu má ledovec v zobrazení v nepravých barvách (False color)?

Poslední otázka zopakovala znalosti z druhé otázky a byla zaměřena na detekci ledovce v nepravých barvách. Správnou odpověď uvedlo 68 % studentů a 64 % absolventů.

4.3.2 Zpětná vazba

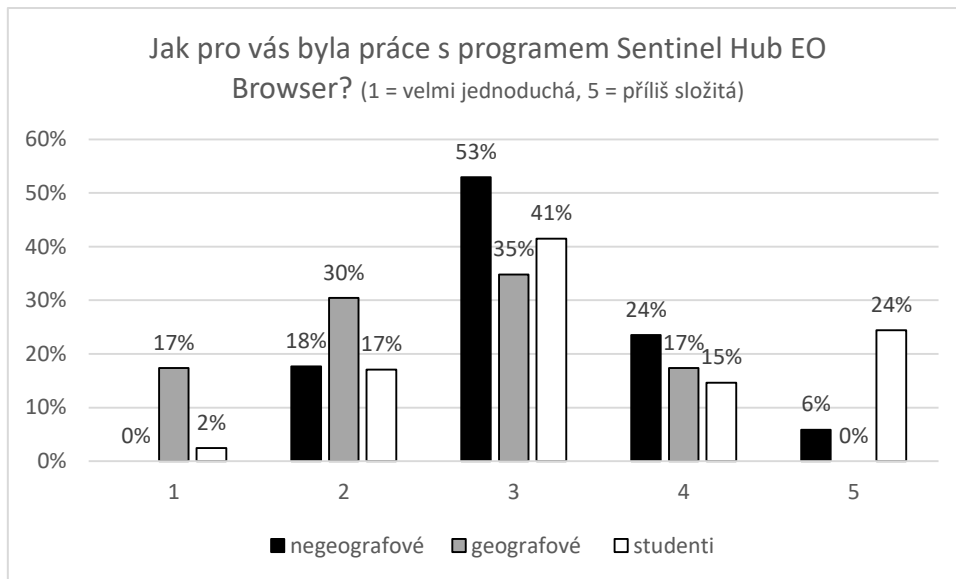
Součástí dotazníku byly i otázky na zpětnou vazbu ohledně náročnosti programu Sentinel Hub a srozumitelnosti kvízu.

Program Sentinel Hub Playground, ve kterém se pracovalo první a druhou část kvízu shledalo složitým až příliš složitým 24 % studentů, 18 % negeografů a žádný geograf. Největší částí respondentů přišel program jednoduchý (obr. 43). Statisticky byla potvrzena korelace (tab. 3) mezi náročností práce v programu a počtem získaných bodů z kvízu ($p = 0,0000013$).



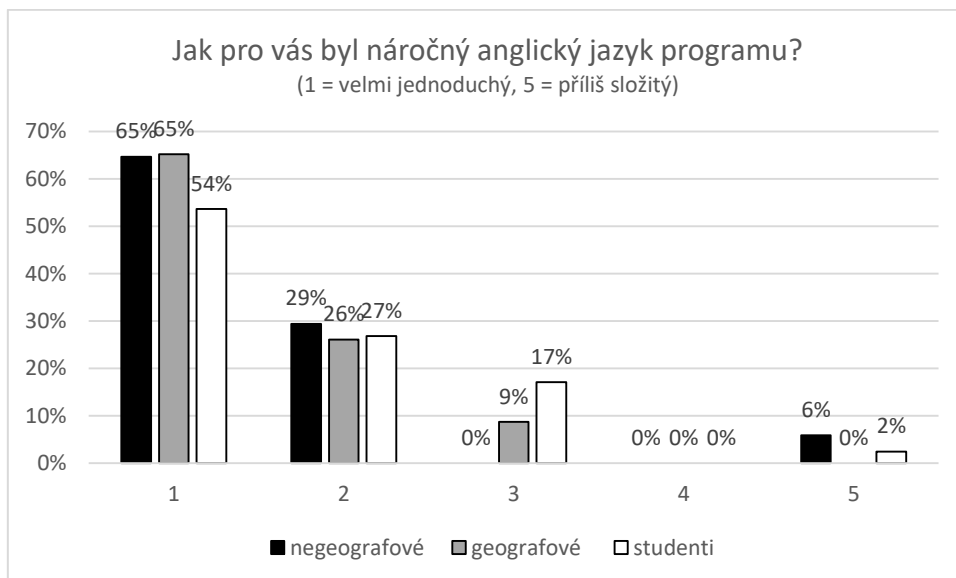
Obrázek 43. Obtížnost práce s programem Sentinel Hub Playground.

Program Sentinel Hub EO Browser, ve kterém se pracovalo ve třetí část kvízu, shledalo složitým až příliš složitým 39 % studentů, 30 % negeografů a 17 % geografů. Největší částí respondentů přišel program přiměřeně složitý (obr. 44). Statisticky byla potvrzena korelace (tab. 3) mezi náročností práce v programu a počtem získaných bodů z kvízu ($p = 0,0021$).



Obrázek 44. Obtížnost práce s programem Sentinel Hub EO Browser.

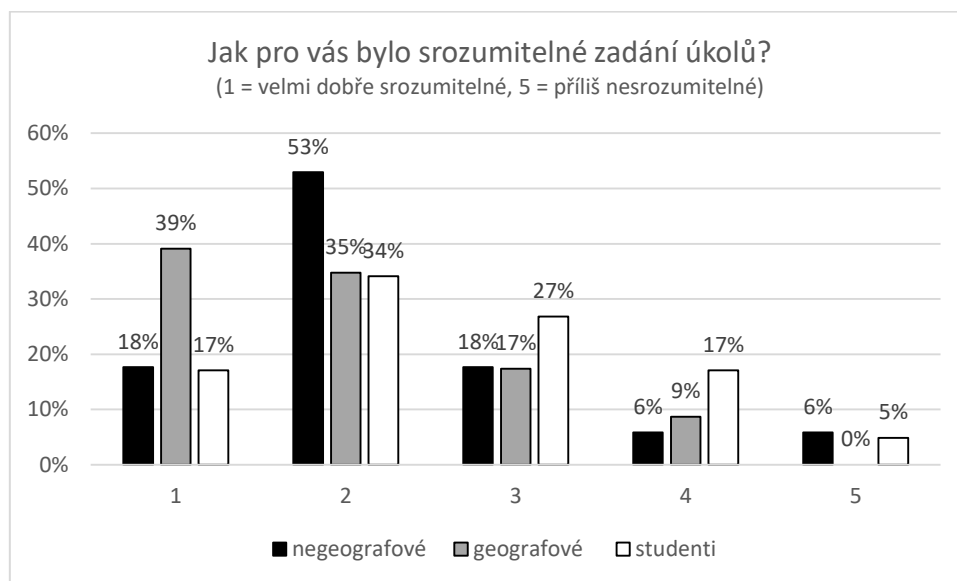
Anglický jazyk přišel jednoduchý až velmi jednoduchý naprosté většině respondentů. Příliš složitý byl pouze pro 6 % negeografů a 2 % studentů (obr. 45). Zde korelace statisticky potvrzena nebyla ($p = 0,18$; tab. 3).



Obrázek 45. Náročnost anglického jazyka programu.

Zadání úkolu bylo pro většinu respondentů srozumitelné, nesrozumitelné až příliš nesrozumitelné přišlo 12 % negeografů, 9 % geografů a 22 % studentů (obr. 46). I v případě

srozumitelnosti zadání byla statisticky potvrzena korelace s počtem získaných bodů ($p = 0,00057$; tab. 3).



Obrázek 46. Srozumitelnost zadání úkolů.

Tento kvíz vyplnilo i 12 vyučujících geografie. Kromě jednoho vyučujícího by všichni zařadili program Sentinel Hub výuky.

Tabulka 3. Testované hypotézy.

Nulová hypotéza		p-hodnota
<i>S přibývajícím časem neroste podíl výuky DPZ.</i>	Potvrzena	0,85
Počet bodů v kvízu nesouvisí se srozumitelností Sentinel Hub Playground.	Zamítnuta	0,0000013
Počet bodů v kvízu nesouvisí se srozumitelností Sentinel Hub EO Browser.	Zamítnuta	0,0021
<i>Počet bodů v kvízu nesouvisí se srozumitelností anglického jazyka programu.</i>	Potvrzena	0,18
Počet bodů v kvízu nesouvisí se srozumitelností zadání.	Zamítnuta	0,00057

5 Diskuze

5.1 Realizované kurikulum

Král (2015) zaměřil svoji studii ohledně implementace geoinformatiky ve výuce na studenty SŠ a jejich učitele. V této diplomové práci byli dotazováni jak absolventi SŠ, aby nedošlo ke zkreslení dat dotazováním studentů, kteří by se v dalších ročnících s DPZ mohli ještě setkat, tak současní studenti SŠ. Král (2015) uvedl, že s GIS ani s DPZ se nesetkalo 43 % dotazovaných studentů. V této práci bylo zjištěno, že s DPZ se ve výuce na SŠ nesetkalo 53 % absolventů a 12 % studentů. U studentů stejné třídy se však negativní i pozitivní odpověď, takže je otázkou, na kolik jsou tato data relevantní. Studie Naumanna et al. (2009) zmiňuje, že v roce 2003 se 50 % studentů SŠ z Německa a Polska, 82 % z Anglie a méně než 50 % z Turecka a USA setkalo ve výuce s DPZ. Řezníčková et al. (2013) uvádí získávání informací a jejich analýzu pomocí DPZ dokonce jako základní dovednost absolventa gymnázia.

Tato diplomová práce zjistila, že 50% úrovně (výuky DPZ na SŠ) Česko nedosahuje ani u mladších ročníků absolventů SŠ.

Král (2015) uvádí, že nejčastěji se GIS a DPZ vyučuje v geografii, biologii a informatice. V této práci respondenti (absolventi) uvedli, že pokud se s DPZ setkali, vždy to bylo v geografii a někteří se s DPZ setkali i ve fyzice či informatice. V biologii se s DPZ nesetkal nikdo z dotazovaných absolventů. Respondenti z řad studentů však uvádějí hned po geografii biologii, fyziku a informatiku.

Král (2015) uvádí, že v českém RVP pro gymnázia je geoinformatika pojata v nižších kognitivních dimenzích dle Bloomovy taxonomie kognitivních cílů, tedy zapamatování porozumění. V současném platném RVP pro gymnázia (obr. 16) je však kladen důraz i na vyšší kognitivní dimenze (hodnocení, analyzování, tvoření). Zjištěnými výsledky se potvrdilo, že pouze s teoretickým výkladem setkalo 56,5 % respondentů a z 60 % studenti řešili praktickou úlohu přímo v klasické vyučovací hodině, takže aplikace vyšších kognitivních cílů probíhá i v Česku. 50 % dotazovaných učitelů, kteří DPZ vyučují, uvádí, že DPZ vyučují i formou praktického řešení úlohy. Pouze teoreticky vyučuje DPZ druhá polovina respondentů.

5.2 Realizované kurikulum z pohledu učitelů

21 % (24 % gymnaziálních) dotazovaných učitelů uvedlo, že DPZ nevyučují. Král a Řezníčková (2013) v roce 2012 zjistili, že v 9 % není geoinformatika dle dotazovaných

ani ve školním vzdělávacím plánu. Obdobnou informaci přinesla studie Nerada (2018), který uvádí, že 10 % dotazovaných gymnázií nemělo, dle jejich vyučujících, geoinformatiku v ŠVP. Tato studie přináší výsledky skutečně realizovaného kurikula. Dotazem, jestli vyučující vyučují DPZ, se zjistilo, že míra nevyučování DPZ je daleko vyšší než u předchozích studií výuky geoinformatiky na SŠ (Král 2015; Nerad 2018). Tento jev však může být způsoben častější výukou GIS bez zahrnutí DPZ. Nicméně DPZ stejně jako GIS jsou uvedeny v RVP, respektive v ŠVP.

Král a Řezníčková (2013) uvádí, že v roce 2012 byla technologická náročnost (nutnost speciálního programu, velký objem dat, přístup do počítačové učebny) výrazný problém pro 30 % škol. Předložená práce ukazuje, že velký problém je technologická náročnost pro 7 % dotazovaných. Lze tedy pozorovat zlepšení, i když u 32 % dotazovaných učitelů přetrvává technologická náročnost jako menší či velký problém. Nerad (2018) uvádí, že technologická náročnost představuje velký problém pro čtvrtinu dotazovaných, v jeho výzkumu jsou ale zahrnuty i základní školy a výsledky tak nejsou porovnatelné. Pokud by byl k dispozici volně dostupný program přístupný i z tabletu či chytrého telefonu, uvítaly by jej ¾ dotazovaných učitelů. Král a Řezníčková (2013) uvádí, že na většině škol je v ŠVP zakotvena pouze teoretická výuka. Předložená studie však ukazuje, že na pouze teoretický výklad se omezuje pouze 41 % vyučujících. GIS se v roce 2012 vyučoval většinou při jiných hodinách (61 %) než klasických vyučovacích (Král a Řezníčková 2013) zatímco DPZ se dle současné studie vyučuje při jiných hodinách jen v 35 %.

Dle Nerada (2018) představuje časový aspekt problém pro 61 % dotazovaných, v předložené studii však časová tíseň představovala problém pouze pro 5 % dotazovaných. Nicméně časovou tíseň uvádí jako důvod neplnění RVP stále většina vyučujících (Metodický portál RVP 2019). Stejně jako u ostatních studií by učitelé uvítali pomoc zvenčí ať už v podobě volně dostupného jednoduchého programu či metodických pokynů (Kymrová 2011; Král 2015; Nerad 2018).

5.3 Dosažené kurikulum

DPZ v běžném životě používá 93 % dotazovaných absolventů SŠ a 96 % dotazovaných studentů. V roce 2012 to bylo téměř 80 % studentů (Král 2015). Nejčastěji obě skupiny dotazovaných používají letecké snímky (absolventi 87 % a studenti 91 %), respektive 80 % studentů Google Earth dle Krále (2015).

Obtížnost DPZ hodnotili jinak absolventi SŠ a studenti. Absolventům se DPZ zdálo složité až příliš složité v 21 % zatímco studentům pouze v 5 %.

5.3.1 Praktická část

Ačkoliv se praktické části zúčastnily pouze 2 gymnázia (teda návratnost dotazníků pouhá 2 %), výsledky byly překvapivě mezi oběma školami téměř stejné, navíc vizuálně připomínající Gaussovu křivku. Počet získaných bodů byl vyšší u absolventů SŠ, což lze vysvětlit dobrovolnou účastí dotazovaných v této části. Metodický postup v podobě dobrovolné praktické části se ukázal jako vhodný, jelikož za nepravdivě vyplněný dotazník (spam), byl označen pouze jeden. V praktické části poměrně velká část všech respondentů (12 %) dosáhla maximálního počtu bodů, což lze přisuzovat velmi důkladné práci s poskytnutým manuálem, tedy práci s textem a jeho porozumění a schopnosti jeho aplikace. Nejvyšší úspěšnost byla v první části kvízu, která byla také nejjednodušší. Problémovou otázkou se ukázala mezi absolventy volba barvy vody v přirozených barvách, jelikož dle zpětné vazby některých respondentů měl jejich vesnický rybník brčálově zelenou barvu a otázka neumožňovala zaškrtnout zelenou barvu 2x. Tento problém by se dal vyřešit jednotností zkoumaného území. Otázkou však zůstává, jestli by vysoká schopnost respondentů detekovat typ povrchu přetrvala i u neznámého území. Na druhou stranu obtížnost s detekováním typu povrchu ukázala respondentům význam DPZ hned ve druhé otázce, kde v nepravých barvách bylo velmi jednoduché vodní plochu detekovat. Tím byl vzdělávací cíl o výhodách DPZ splněn. Nejmenší úspěšnost měla úloha s volbou vícero možností, což lze přisoudit ke špatnému pochopení otázky. Otázka, na kterou bylo možné vyčíst odpověď z textu, patřila také k méně úspěšným. U otázky na měření tání Aletschského ledovce uvedlo hodně respondentů nižší míru tání, což lze vysvětlit špatnou lokalizací ledovce nebo tipováním odpovědi.

V praktické části respondenti posuzovali i obtížnost práce s jednotlivými programy, jako jednodušší se ukázal Sentinel Hub Playground, jehož obtížnost je dle srovnání dvou studií zhruba porovnatelná s programem na DPZ LeoWorks, který testovala v roce Kymrová (2011). Velkého zlepšení oproti studii Kymrové (2011) dosáhli studenti ve srozumitelnosti anglického jazyka, která v roce 2011 tvořil problém u 30 % testovaných studentů, zatímco v současné době je to jen 2,5 %. Dokonce ani nebyla potvrzena korelace mezi srozumitelností anglického jazyka a počtem dosažených bodů v kvízu. Srozumitelnost zadání byla u obou studií téměř srovnatelná, 16 % u úkolů v Sentinel Hub, 21 % u úkolů v LeoWorks (Kymrová 2011). Statisticky lépe vychází Sentinel Hub (88 %) před LeoWorks (80 %) v budoucím zařazení programu do výuky u učitelů, reálně tato procenta tvořil vždy 1 učitel, který by testovaný program nezařadil do výuky (Kymrová 2011).

V současné době byl na geoinformatické téma Implementace geografických informačních systémů do výuky na základních a středních školách přidělen grant Technologické agentury České republiky, který by měl přinést nové výsledky (Masarykova Univerzita 2019).

5.4 DPZ jako průřezové téma

Vzhledem k tomu, že DPZ může sloužit jako nástroj znázornění širokého spektra jevů, je vhodné jeho aplikaci využít i ve výuce dalších oborů. Nabízí se možnost mezioborového propojení zeměpisu s fyzikou, biologií, informatikou, případně i matematikou (Götz 2015). Program Sentinel Hub je vnímán jako uživatelsky přístupná aplikace, která je vhodná nejen pro klasickou výuku, ale i pro projektovou výuku. Školy mají často problém se zařazením průřezových témat do výuky a bylo by vhodné podnítit zařazení DPZ při současné revizi RVP organizované Národním ústavem pro vzdělávání (Národní ústav pro vzdělávání 2019).

Vzdělávací obor Geografie spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, která zahrnuje obory např. Biologie či Geologie, kde by DPZ našlo své uplatnění například v tématech Ekologie, Voda či Člověk a anorganická příroda (Jeřábek 2007). Dalším oborem i vzdělávací oblastí, která přímo vybízí k výuce DPZ, je Informatika a informační a komunikační technologie, kde by bylo možné DPZ zařadit do témat Digitální technologie a Zdroje vyhledávání informací, komunikace. DPZ může figurovat téměř ve všech průřezových tématech, zejména pak v těchto: Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech, Environmentální výchova, Mediální výchova (Jeřábek 2007).

6 Závěr

Hlavním cílem práce bylo zjistit současný stav zapojení DPZ do výuky na středních školách. DPZ by se na gymnáziích a středních odborných školách s oborem Geodézie a katastr nemovitostí měl vyučovat od školního roku 2009/2010 (Jeřábek 2007; Národní ústav odborného vzdělávání 2009). S DPZ se však ve výuce setkalo pouze 47 % absolventů těchto škol mezi lety 2010 a 2019. Nebyl potvrzen ani nárůst četnosti výuky DPZ s uplynulým časem, od doby, kdy jsou RVP závazné. Dokonce ani nebyl zjištěn rozdíl v četnosti výuky DPZ před a po vstoupení RVP v platnost. Geografické rozdíly v četnosti výuky DPZ nebylo možné vzhledem k nízkému počtu respondentů z většiny krajů prokázat.

Velmi pozitivní výsledek přinesl výzkum používání DPZ v běžném životě, který ukázal, že 95 % respondentů z řad absolventů SŠ i studentů SŠ používá nějakou metodu DPZ i v běžném životě. Tento fakt by bylo velmi vhodné využít v rámci revize RVP a rozšířit implementaci DPZ do výuky alespoň jako minimální znalost těchto téměř denně používaných programů jako jsou letecké snímky na Mapách.cz, Google Maps, družicové snímky oblačnosti, web ČHMÚ a další. S těmito programy by se měli žáci setkat už ideálně na 2. stupni ZŠ, aby pak na SŠ bylo možné na tuto znalost navázat např. praktickým použitím volně dostupného programu DPZ v hodině k analýze nějakého problému.

Dalším cílem práce bylo vytvoření a otestování výukových materiálů s manuálem k novému volně dostupnému programu Sentinel Hub. Studenti i ostatní respondenti byli v řešení úkolů v programu Sentinel Hub velmi úspěšní a potvrdili tak, že DPZ má ve výuce na SŠ své místo. Práce s programem Sentinel Hub přinesla také pozitivní zjištění ohledně bariér používání anglicky dostupných programů, které se ukázaly jako přežitek. Pouhá 2,5 % testovaných studentů měla problém s anglickým jazykem programu. Většina respondentů, kteří měli zkušenost s jiným programem DPZ, ocenila jednoduchost a snadné používání programu Sentinel Hub. Vyučující tento program jednoznačně doporučili pro výuku DPZ na SŠ. Další fází zlepšení implementace DPZ do výuky by mohlo být šíření povědomí o tomto programu a dalším používání DPZ mezi učiteli, ať již formou seminářů a školení nebo podrobným metodickým pokynem v rámci připravované revize RVP. Jednoduchost a snadné používání programu Sentinel Hub vybízí k jeho použití i v jiných předmětech např. místo atlasu ke znázornění některých jevů, které není možné v klasických atlasech zobrazit se srovnatelnou mírou názornosti. Velmi vhodným se také jeví použití tohoto programu v průřezových tématech, jelikož DPZ propojuje fyziku, informatiku a geografii s ostatními obory.

7 Seznam použité literatury

BARSI, A. J., LEE, K., KVARAN, G., MARKHAM, L. B., PEDELTY, A. J. (2014): The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. *Remote Sensing*, 10, 6.

BENES, T. ed. (2003): Geoinformation for European-wide integration: proceedings of the 22nd symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, Prague, Czech Republic, 4 - 6 June 2002. Millpress, Rotterdam.

BROWN, L. (2000): A Shortwave Infrared Modification to the Simple Ratio for LAI Retrieval in Boreal Forests An Image and Model Analysis. *Remote Sensing of Environment*, 1, 71, 16–25.

CAMPBELL, J. B., WYNNE, R. H. (2011): Introduction to remote sensing. Guilford Press, New York.

CENIA (2016): Družice Sentinel - Copernicus v ČR, <http://copernicus.gov.cz/druzice-sentinel> (cit. 14. 3. 2019).

CHRÁSKA, M. (2007): Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu. Grada, Praha.

DANJUMA, Y., UBAYO, N. (2014): Introduction of Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) in Secondary School Curriculum: Its Implications for National Security Challenges.

DOBROVOLNÝ, R. (1998): Dálkový průzkum Země; Digitální zpracování obrazu. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno.

DVOŘÁK, D. (2012): Od osnov ke standardům: proměny kurikulární teorie a praxe. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Praha.

DWIVEDI, R. S. (2014): Remote sensing of soils. Crc Press, Place of publication not identified.

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019a): Natural color and channels combination used in satellite images, <http://eos.com/natural-color/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019b): Color Infrared (Vegetation), CIR imagery in remote sensing, <http://eos.com/color-infrared/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019c): False color composite in remote sensing, <http://eos.com/false-color/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019d): Agriculture Index and Band Combinations, <http://eos.com/agriculture-band/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019e): NDWI: formula, all-out description, samples, <http://eos.com/ndwi/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019f): Snow and clouds bands used for the land observation, <http://eos.com/snow-and-cloud/> (cit. 14. 3. 2019).

EARTH OBSERVING SYSTEM (2019g): The Shortwave Infrared (SWIR) Index, <http://eos.com/shortwave-infrared/> (cit. 14. 3. 2019).

FLAŠAR, J. (1986): Dálkový průzkum Země: nástroj ochrany životního prostředí. Nika, 7, 2, 31–32.

GAO, B. (1996): NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 3, 58, 257–266.

GAVORA, P., JŮVA, V., HLAVATÁ, V. (2010): Úvod do pedagogického výzkumu. Paido, Brno.

GIS Geography (2018): What is NDVI?, <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index> (cit. 1. 2. 2019).

GÖTZ, L. (2015): Dálkový průzkum Země ve výuce fyziky. Bakalářská práce, Masarykova Univerzita, Pedagogická fakulta. 58 s.

HARTEMINK, A. E., MCBRATNEY, A. B., MENDONÇA-SANTOS, M. de L. eds. (2008): Digital soil mapping with limited data. Springer, Dordrecht ; London.

JEŘÁBEK, J. (2007): Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP. VÚP, Praha.

JEŘÁBEK, J., TUPÝ, J. (2017): Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Praha.

KERSKI, J. J., DEMIRCI, A., MILSON, A. J. (2013): The Global Landscape of GIS in Secondary Education. Journal of Geography, 6, 112, 232–247.

KOŠŤÁLOVÁ, H. (2001): Čtením a psaním ke kritickému myšlení: Třífázový model učení. *Geografické rozhledy*, 10, 2, s. 43.

KRÁL, L. (2015): *Geoinformatika ve středoškolském kurikulu*. Disertační práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 101 s.

KRÁL, L., ŘEZNÍČKOVÁ, D. (2013): Rozšíření a implementace GIS ve výuce na gymnáziích v Česku. *Sborník ČGS*, 118., č. 3, Praha, s. 265–283.

KUPKOVÁ, L., KRÁL, L. (2011): *Země očima satelitů: vzdělávací modul Geografie : výukový a metodický text*. Nakladatelství P3K, Praha.

KUPKOVÁ, L. (2001): Data o Zemi. *Geografické rozhledy*, 11(2), 39.

KUPKOVÁ, L. (2002): Data o Zemi – zpracování dat. *Geografické rozhledy*, 11(3), 67.

KUPKOVÁ, L. (2002): Data o Zemi – klasifikace obrazu. *Geografické rozhledy*, 11(4), 95.

KUPKOVÁ, L. (2002): Data o Zemi – druhy a dostupnost dálkově snímaných dat. *Geografické rozhledy*, 11(5), 123.

KUPKOVÁ, L. (2010): Země z nadhledu – dálkový průzkum Země. *Geografické rozhledy*, 19(3), 10–11.

KUPKOVÁ, I. (2010): Země z nadhledu – 2. část. Metody snímání v DPZ, digitální snímek. *Geografické rozhledy*, 19(4), 10–11.

KUPKOVÁ, L. (2010): Země z nadhledu (3. část): charakteristiky dat DPZ. *Geografické rozhledy*, 19(5), 12–13.

KUPKOVÁ, L. (2010): Země z nadhledu: Senzory a jejich nosiče. *Geografické rozhledy*, 20(1), 10–11.

KUPKOVÁ, L. (2010): Země z nadhledu (5. část): Klasifikace, aplikace DPZ. *Geografické rozhledy*, 20(2), 10–13.

KUPKOVÁ, L. (2011): Země z nadhledu (6. část): Neřízená klasifikace multispektrálního obrazu v LEOWorks. *Geografické rozhledy*, 20(3), 12–13.

KYMROVÁ, H. (2011): *Zapojení GIS a DPZ ve výuce zeměpisu na středních školách*. Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 87 s.

LUKEŠ, P. (2018): Hodnocení zdravotního stavu lesních porostů v České republice pomocí satelitních dat Sentinel-2.

MAŇÁK, J., JANÍK, T., ŠVEC, V., MASARYKOVA UNIVERZITA, CENTRUM PEDAGOGICKÉHO VÝZKUMU (2008): Kurikulum v současné škole. Paido, Brno.

MARADA, M., ŘEZNÍČKOVÁ, D., HANUS, M., MATĚJČEK, T., HOFMANN, E., SVATOŇOVÁ, H, KNECHT, P. (2017): Koncepce geografického vzdělávání, certifikovaná metodika. PřF UK, PedF MU, Praha. 103 s.

MASARYKOVA UNIVERZITA (2019): Implementace geografických informačních systémů do výuky na základních a středních školách, <http://www.muni.cz/vyzkum/projekty/43870> (cit. 14. 4. 2019).

METODICKÝ PORTÁL RVP (2019): Jak budeme učit přírodopis, biologii a geologii v příštích letech?, <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=14660> (cit. 16. 4. 2019).

NÁRODNÍ ÚSTAV ODBORNÉHO VZDĚLÁVÁNÍ (2009): Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání 36 – 46 – M/01 Geodézie a katastr nemovitostí. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Praha.

NÁRODNÍ ÚSTAV PRO VZDĚLÁVÁNÍ (2019): Revize RVP, <http://www.nuv.cz/t/rrvp> (cit. 14. 4. 2019).

NASA (2019a): Landsat Science - History, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/history/> (cit. 14. 3. 2019).

NASA (2019b): Landsat Science - Landsat 4, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-4/> (cit. 14. 3. 2019).

NASA (2019c): Landsat Science - Landsat 7, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/> (cit. 14. 3. 2019).

NAUMANN, S., SIEGMUND, A., DITTER, R., HASPEL, M., JAHN, M. (2009): REMOTE SENSING IN SCHOOL–THEORETICAL CONCEPT AND PRACTICAL IMPLEMENTATION.

NĚMCOVÁ, V. (2014): Elektromagnetické vlny a záření, <https://slideplayer.cz/slide/2476995/> (cit. 1. 2. 2019).

NERAD, J. (2018): Návrhy využití geografických informačních systémů v hodinách zeměpisu na základních a středních školách. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, České Budějovice, 78 s.

Nová matura, Katalogy požadavků (2019): <https://www.novamatura.cz/katalogy-pozadavku-1404033138.html> (cit. 1. 2. 2019).

Nová matura, Zeměpis (2019): <https://www.novamatura.cz/zemepis-1404033122.html> (cit. 1. 2. 2019).

PHAM, B. D. (2018): Satellite remote sensing of the variability of the continental hydrology cycle in the lower Mekong basin over the last two decades. Unpublished.

PRŮCHA, J. (2017): Moderní pedagogika.

ŘEZNÍČKOVÁ, D. (2013): Dovednosti žáků ve výuce biologie, geografie a chemie. Nakladatelství P3K, Praha.

ROOSAARE, J. (2014): Implementing a Geoinformatics Course for Secondary Schools: First Lessons to be Learned.

SENTINEL HUB (2019a): Explore - Sentinel Playground, <http://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground> (cit. 14. 3. 2019).

SENTINEL HUB (2019b): Explore, <http://www.sentinel-hub.com/explore> (cit. 14. 3. 2019).

SENTINEL HUB (2019c): Explore - EO Browser, <http://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser> (cit. 14. 3. 2019).

SINERGISE (2019): What we do, <http://www.sinergise.com/en/what-we-do> (cit. 14. 3. 2019).

ŠTÁSTKA, J. (2014): Družicová data v meteorologii, <https://http://copernicus.gov.cz> (cit. 1. 2. 2019).

STENBERG, P., RAUTIAINEN, M., MANNINEN, T., VOIPIO, P., SMOLANDER, H. (2004): Reduced simple ratio better than NDVI for estimating LAI in Finnish pine and spruce stands. *Silva Fennica*, 1, 38.

ŠTYCH, P., ŠANDERA, J. (2018?): Dálkový průzkum Země pomáhá sledovat zdravotní stav lesů. *Geografické rozhledy*, 28(2), 28–31.

TEMPFLI, K., HUURNEMAN, G. ., BAKKER, W. ., JANSSEN, L. L. ., FERINGA, W. ., GIESKE, A. S. ., GRABMAIER, K. ., HECKER, C. ., HORN, J. A. van der (2009): Principles of remote sensing: an introductory textbook. ITC, Enschede.

USGS (2018): Landsat Missions - Landsat 5 History, <http://landsat.usgs.gov/landsat-5-history> (cit. 14. 3. 2019).

VÍTEK, A., LÁLA, P. (1982): Malá encyklopedie kosmonautiky. Praha: Mladá fronta, Kapitola Umělé družice Země, s. 212.

VOHLÍDAL, J., ŠTULÍK, K., JULÁK, A. (1999): Chemické a analytické tabulky. Grada, Praha.

VOß, K., GOETZKE, R., THIERFELDT, F., MENZ, G. (2007): Integrating applied remote sensing methodology in secondary education.

WILDEMUTH, B. M. (2009): Applications of social research methods to questions in information and library science. Libraries Unlimited, Westport, Conn.

WILES, J. (2009): Leading curriculum development. Corwin Press, Thousand Oaks, Calif.