

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování



**Srovnání dat využití území CORINE a GlobeLand30 na
území České republiky**

**Comparison of CORINE and GlobeLand30 land cover data
in Czech Republic**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.

Autor práce: Bc. Tadeáš Kopáček

Praha 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tadeáš Kopáček

Regionální environmentální správa

Název práce

Srovnání dat využití území CORINE a GlobeLand30 na území České republiky

Název anglicky

Comparison of CORINE and GlobeLand30 land cover data in Czech Republic

Cíle práce

Cílem diplomové práce je porovnání datových sad CORINE a GlobeLand30 na území Česka. Formulace dílčích cílů je úkolem autora.

Metodika

V současné době existuje mnoho datových sad odvozených z dat dálkového průzkumu Země, které reprezentují využití území. Datové sady s globálním pokrytím jsou nicméně dostupné pouze v relativně hrubých prostorových měřítcích (např. s rozlišením 1 km). Teprve nedávno byla publikována volně dostupná datová sada GlobeLand30, která má prostorové měřítko 30 m. Na druhou stranu má relativně malý počet (10) rozlišovaných kategorií land use. V Evropě jsou pak dostupná data CORINE land cover, které mají prostorové rozlišení 100 m nebo 250 m a celkem 44 rozlišovaných kategorií land use. Navíc se tyto sady liší způsobem vzniku, což může významně ovlivnit jejich přesnost. Úkolem diplomanta je zpracovat literární rešerši existujících datových sad využití území a jejich uváděné přesnosti. V praktické části porovná datové sady CORINE a GlobeLand30 na území ČR.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

Formulace klíčových slov je úkolem řešitele.

Doporučené zdroje informací

- Arsanjani, J. J., Tayyebi, A., & Vaz, E. (2016). GlobeLand30 as an alternative fine-scale global land cover map: Challenges, possibilities, and implications for developing countries. *Habitat International*, 55, 25-31.
- Brovelli, M. A., Molinari, M. E., Hussein, E., Chen, J., & Li, R. (2015). The first comprehensive accuracy assessment of GlobeLand30 at a national level: Methodology and results. *Remote Sensing*, 7(4), 4191-4212.
- Grekousis, G., Mountrakis, G., & Kavouras, M. (2015). An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. *International Journal of Remote Sensing*, 36(21), 5309-5335.
- Jokar Arsanjani, J., See, L., & Tayyebi, A. (2016). Assessing the suitability of GlobeLand30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth*, 9(9), 873-891.
- McCallum, I., Obersteiner, M., Nilsson, S., & Shvidenko, A. (2006). A spatial comparison of four satellite derived 1 km global land cover datasets. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 246-255.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 18. 4. 2019

doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 4. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Srovnání dat využití území CORINE a GlobeLand30 na území České republiky“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vítězslava Moudrého, Ph.D. a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury. Dále prohlašuji, že elektronická forma této práce je shodná s formou tištěnou a nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

V Praze, dne 18. 4. 2019

.....

Bc. Tadeáš Kopáček

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Vítězslavu Moudrému, Ph.D., že mi umožnil psát práci pod svým odborným vedením, za veškeré jeho připomínky, náměty, konzultace a hlavně trpělivost i v obtížných fázích zpracování. Dále bych chtěl poděkovat mým kamarádům, Michalu Folejtarovi, se kterým se mi podařilo odladit metodiku, a Simonu Hikelovi za vzájemnou podporu při psaní práce. Velké poděkování patří mým rodičům, kteří mi pomohli s korekturou, rovněž děkuji Mgr. Vojtěchu Blažkovi za jeho postřehy při koncipování práce. Nakonec bych chtěl poděkovat svému psovi Grimmovi, díky kterému jsem občas zašel na čerstvý vzduch a mohl si od práce odpočinout.

Abstrakt

K identifikaci krajinného pokryvu se v současnosti nejvíce využívají satelitní snímky. Jediným zdrojem údajů pro dálkový průzkum Země je program Landsat, díky kterému se zaznamenává podoba celé planety nepřetržitě již od roku 1972. Z těchto záznamů vznikají globální mapy krajinného pokryvu, které se využívají pro řadu užitečných aplikací, pomáhajících například s environmentálním plánováním nebo zachováním biologické rozmanitosti. Pro evropský kontinent lze za referenční datovou sadu týkající se krajinného pokryvu považovat databázi CORINE Land Cover v kombinaci s globální databází ESA CCI. Čínské národní centrum pro geoinformatiku spustilo v prvním desetiletí tohoto století program globální databáze GlobeLand30 s jemným rozlišením. V rámci této práce proto byly vzájemně porovnány datové sady CORINE a ESA s GlobeLand30 na území České republiky. Cílem bylo testovat a zhodnotit, nakolik se databáze, které bylo potřeba sjednotit v tematickém i prostorovém měřítku, shodují. Údaje pro analýzu byly získány převedením rastru na body ve zkoumaném území, jimž byly přiřazeny hodnoty datových sad. Získané údaje byly přepočítány pomocí chybové matice a následně analyzovány. Výsledky práce ověřily celkovou shodu až 93 % mezi datovými sadami CORINE a GlobeLand, ale zároveň ukázaly i značné rozdíly v případě klasifikace holé půdy a mokřadů. Tato shoda posuzovaná v detailu České republiky potvrdila, že globální datová sada GlobeLand30 je na vybraném vzorku evropských zemí vhodná pro analýzu krajinného pokryvu s velkou spolehlivostí. Pro verifikaci tematického měřítka se ukázalo jako účelné porovnání datových sad CORINE a ESA CCI.

Klíčová slova: GIS, satelitní snímky, dálkový průzkum Země, krajinný pokryv

Abstract

Satellite images are currently the most frequently used instrument for the identification of land cover. Landsat programme is a unique source for obtaining data in order to Earth remote sensing. It allows recording the surface of our planet continuously from 1972. Obtained records are used for the purpose of creating global land cover maps, which are used in many useful applications such as those for environment planning or biological conservation. As far as European continent is concerned, CORINE Land Cover combined with ESA CCI global database, can be considered as a reference landcover data set. In the first decade of 21st century the National Geomatics Center of China launched a program of global database GlobeLand30 with fine resolution. This thesis' main task was to compare datasets – ESA and GlobeLand30 with CORINE within the area of Czech Republic. The aim was to test and evaluate the mutual agreement of particular databases, which had to be unified in topic and spatial scale. Data for the analyses were obtained by converting raster to points in the area of interest and values of the datasets were assigned to these points. The data were calculated by confusion matrix and further analysed. Results of the thesis confirmed the overall match up to 93 % between CORINE and GlobeLand datasets, but it also showed significant differences in terms of the classification of bare land and wetlands classes. This mutual agreement, assessed in detail in the area of Czech Republic, has confirmed that the GlobeLand30 global dataset is suitable and highly reliable source for landcover analysis within a selected sample of European countries. The comparison of the CORINE and ESA CCI datasets has been proven useful for verifying the topic scale.

Keywords: GIS, satellite images, Earth remote sensing, land cover

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce.....	11
3. Literární rešerše	11
3.1 Dálkový průzkum Země.....	11
3.2 Landsat	12
3.3 SPOT	14
3.4 Huan Jing.....	14
3.5 GlobeLand30	15
3.6 Program CORINE	17
3.7 ESA CCI	20
3.8 Dosavadní studie evaluující přesnost studovaných datových sad	21
4. Metodika	23
4.1 Vstupní data	23
4.2 Úprava dat.....	24
4.3 Změna měřítek	25
4.3.1 Tematická změna měřítka	25
4.3.2 Prostorová změna měřítka.....	26
4.4 Body v rastru	27
4.5 Přesnost klasifikace	27
5 Výsledky	30
5.1 Rozlišení 300 metrů	30
5.2 Rozlišení 100 metrů	33
5.3 Rozlišení 30 metrů	34
5.4 Porovnání s ortofoto snímkem a DIBAVOD.....	37
6. Diskuze	45
7. Závěr.....	51
8 Použitá literatura a zdroje.....	53

9 Přílohy.....	64
10 Seznam zkratek	64

1. Úvod

Krajinný pokryv (Land Cover – LC) je definován jako biofyzikální materiál, který pokrývá povrch Země, například trávy, keře, lesy, zemědělská půda, pustiny, vodní toky včetně podzemních vod a člověkem vytvořené konstrukce (Meyer a Turner 1994; Lambin a Geist 2010; Giri 2012). Porozumění a monitorování faktorů dynamiky LC a prostorového rozložení jsou velice důležité v environmentálních studiích, které ovlivňují biologickou rozmanitost, klima a lidské zdraví. Aktualizované informace LC jsou nezbytné pro vlády, nevládní organizace a další zúčastněné strany, které pomáhají při rozvoji a provádění environmentálních politik pro udržitelnou budoucnost (Feranec a kol. 2007; Giri 2012; Grekousis a Mountrakis 2015; Yan a kol. 2015). Lidé modifikují krajinu především pro potravinářskou výrobu po tisíce let. Přesto je v současnosti velikost změn LC a souvisejících modifikací větší než kdykoli předtím. Omezování negativních důsledků změn LC při zachování současné zemědělské produkce je jeden z hlavních problémů nejen vědecké komunity, ale i globální politiky. (Ellis a Pontius 2013).

Globální data LC představují vysoce ceněné informace o přírodních zdrojích, které jsou důležité pro monitorování jejich stavu a rozšíření. Přispívají důležitými poznatky pro porozumění rovnováze mezi globálními LC, podnebím a biochemickými procesy na zemi (Sellers a kol. 1994; Feddema a kol. 2005). Díky neustálému pokroku v dálkovém průzkumu Země (dále DPZ) a v mapovacích technologiích dostupnost datových souborů rapidně vzrůstá. Znalost přesnosti klasifikace je klíčovým faktorem, jak zlepšit produkci těchto datových souborů a jak pochopit jejich vhodnost pro různé aplikace (Olofsson a kol. 2014). Několik map globálního LC, pocházejících z různých zdrojů DPZ, je nyní zpřístupněno zdarma pro výzkumné účely (Loveland a kol. 2000). V nedávné době přibyla nová globální LC datová sada v rozlišení 30 metrů s označením GlobeLand30 (Chen a kol. 2014), která odkazuje na roky 2000 a 2010. Jedná se o čínská data, které čínská vláda věnovala Organizaci spojených národů s cílem přispět k výzkumu udržitelného rozvoje a změn klimatu. Od svého uvolnění na konci září 2014 byl GlobeLand30 stažen více než 1000 vědci ze 70 zemí. Od té doby byl také využit v některých analýzách, které byly zaměřeny na prostorovou distribuci a časovou fluktuaci globálních povrchových vod (Cao a kol. 2014; Manakos a kol. 2015). Podle předběžných testů dosahuje GlobeLand30 celkové přesnosti

okolo 80 % (Chen a kol. 2014). Nicméně nezávislé posouzení kvality by mohlo výrazně zvýšit zájem o její použití (GlobeLand30 ©2008-2016).

V Evropském měřítku se nejčastěji využívá datová sada CORINE Land Cover (CLC); (Neumann a kol. 2007; Pekkarinen a kol. 2009; Pérez-Hoyos a kol. 2012, Grekousis a kol. 2015). CLC byl vydán celkově pětkrát pro roky 1990, 2000, 2006, 2012 a 2018. Je dodáván jako produkt v rozlišení 100 a 250 metrů, takže je zde nedostatek detailů, zejména v městské zástavbě (Feranec a kol. 2010; Diaz-Pacheco a Gutiérrez 2014). Právě některá omezení CLC mohou být zlepšena díky prostorovému rozlišení GlobeLand30.

2. Cíle práce

Cílem práce bylo porovnat datové sady evropského CORINE Land Cover s čínským GlobeLand30 poprvé na území České republiky a zjistit dopad změn prostorového a tematického měřítka na zkoumané datové sady. Dalším dílčím cílem bylo posoudit vhodnost datových produktů dle zkoumaného povrchu, pro konkrétní využití.

3. Literární rešerše

3.1 Dálkový průzkum Země

Metoda zaměřující se na výzkum povrchu Země, stavu atmosféry, změny klimatu, ale i přírodní katastrofy. DPZ přináší informace ze satelitů nacházejících se na orbitě planety. Prvním satelitem byl Sputnik 1 vypuštěný Sovětským svazem v roce 1957. Automatické satelitní systémy se staly důležitým prvkem pro pozorování Země. Na oběžné dráze se nacházelo k 2018 celkově 4857 družic, z toho 1886 funkčních (P. Štych a kol. 2019). Největší množství z nich je určeno pro telekomunikační účely, následují družice určené pro dálkový průzkum Země, doplněné o vědecké družice, pro pozorování klimatických a geologických změn a pro studium vesmíru.

DPZ poskytuje globálně stejný typ informací o planetě Zemi. Velkou výhodou jsou různé typy senzorů, které umí přijímat informace elektromagnetického spektra, jež lidské smysly nejsou schopny zaznamenat. Družice zaměřené na krajinný pokryv jsou vybaveny nejrůznějšími typy senzorů, jsou to například Multispectral Scanner (MSS), Return Beam Vidicon (RBV), Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), Thermal Infrared Sensor (TIRS), High Resolution Visible (HRV), Polar Ozone And Aerosol Measurement (POAM II), High-Resolution Visible and Infrared (HRVIR), Ultraspectral Electro-Optical Imaging Scanner (MEIS-II) atd. Stále lepší

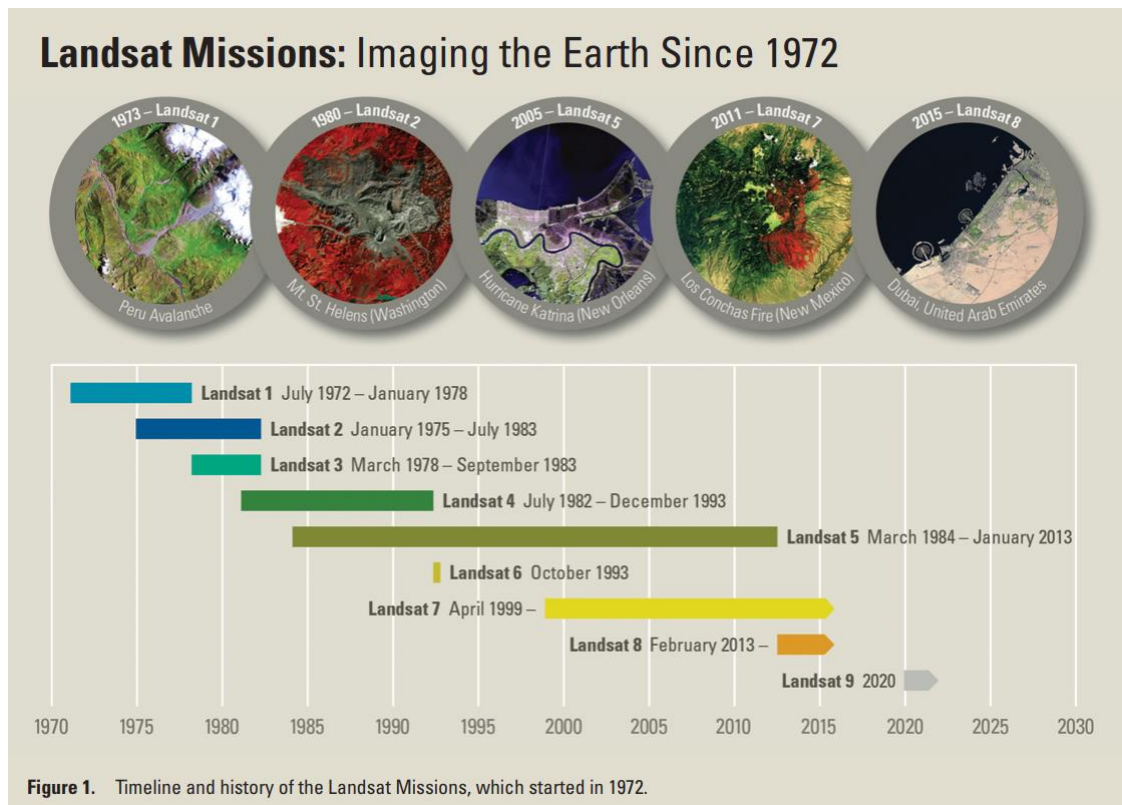
vybavení rozvíjí i možnosti doprovodných služeb podle cílového zaměření (Lillesand a kol 2015).

Produktů věnujících se datovým sadám, které klasifikují krajinný pokryv, je velké množství. Patří mezi ně zejména Moderate Resolution Imaging Spectroradiometr (MODIS), Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES), CORINE Land Cover (CLC), Global Land Cover Map (GlobCover), Global Land Cover (GLC), European Space Agency (ESA) Climate Change Initiative Land Cover (CCI-LC), Land use – cover area frame survey (LUCAS), Open Street Map (OSM), Volunteered Geographic Information (VGI), The University of Maryland Department (UMD) atd. (Wegmann a kol. 2016). Pro práci byly vybrány celkově 3 datové sady, a to dvě globální - ESA CCI a GlobeLand, a jedna kontinentální – evropská CORINE (CLC).

3.2 Landsat

Program zaměřený na získávání družicových snímků země je společně zajišťován americkými vládními agenturami NASA (National Aeronautics and Space Administration) a Geologické služby Spojených států (United States Geological Survey). Představuje nejdéle a nepřetržitě utvářený soubor snímků DPZ ve středním rozlišení. Jedinečný zdroj dat kontinuálně pořizovaných od roku 1972 je na celém světě využíván pro topografické mapování, v geologii, zemědělství, lesnictví, ekologii, slouží pro strategické plánování, pro vojenské, civilní, vládní, komerční a vzdělávací účely. Nachází uplatnění v nejmodernějších záchranných aplikacích při katastrofách a v mimořádných situacích. Velkou výhodou satelitních snímků je časově méně náročná práce oproti terénnímu šetření nebo při využívání snímků leteckých (Parece a kol 2017).

Program Landsat je realizován v součinnosti NASA, zodpovědné za vývoj přístrojů pro DPZ a satelitů, které následně vypouští a testuje, a USGS, jenž je přejímá do vlastnictví, zajišťuje jejich provoz, spravuje pozemní příjem, archivuje, zpracovává a distribuuje získaná data. Od poloviny šedesátých let, kdy Amerika dosáhla úspěchu při průzkumu planet pomocí bezpilotních družic, byla rozvíjena idea spuštění prvního civilního satelitu pro DPZ. Záměr se podařilo naplnit 1972. Do roku 2013 USA vybudovaly celkem osm satelitů, do vesmíru se jich podařilo úspěšně dopravit sedm. Přehled misí uvádí obrázek č. 1.



Obr. 1: Mise Landsat – Dálkový průzkum Země od 1972 (USGV 2012-2013).

NASA a USGS pracují na přípravě nového satelitu Landsat 9, jehož start je plánovaný na rok 2023. Cílem je zajistit nepřetržité pokračování půl století uskutečňovaného programu dálkového průzkumu Země a soustředění globálních údajů o proměnách pokryvu planety. Landsat 9 má jako modernizovaná přestavba svého předchůdce nabídnout pokrokovější a zároveň nákladově efektivnější řešení. Z významné části bude replikovat svého předchůdce Landsat 8, vývoj se soustředí zejména na miniaturizaci přístrojů a zařízení, které mohou být nesené i menšími a levnějšími družicemi. Pro zajištění kontinuity a zamezení vzniku datové mezery se od roku 2019 také počítá se spouštěním nízkonákladových termo-infračervených (TIR) volných satelitů. Landsat 9 bude mít v programu DPZ ovšem nadále klíčové postavení (Cole 2015).

Záměr americké vlády poskytnout výstupy databáze Landsat veřejnosti co možná technicky použitelné a bez dalších omezení provázelo komplikované hledání vhodného způsobu zveřejnění. Výsledně byl americký archiv Landsat s více než třemi milióny snímků zpřístupněn na internetu v říjnu 2008. To vedlo až k lavinovitému nárůstu uživatelů a šíření dat z této databáze. V dubnu 2012 bylo zaznamenáno více než 8 000 000 stažení datových souborů.

Globálně je síť Landsat podporovaná pozemními stanicemi, které jsou po celém světě a poskytují aktuální a spolehlivé údaje pro řadu regionálních i kontinentálních aplikací (Hughes 2012). Přístup k datům Landsat prostřednictvím portálu Geologické služby Spojených států je zajišťován na portálech <https://earthexplorer.usgs.gov/>; <https://glovis.usgs.gov/>; <https://landsatlook.usgs.gov/> a k údajům Landsat 8 také na stránkách Evropské kosmické agentury <https://landsat8portal.eo.esa.int/portal/>.

3.3 SPOT

Francouzský program DPZ získal věhlas zejména díky vysokému rozlišení pořizovaných snímků. SPOT je zkratka francouzského názvu „Satellite Pour l'Observation de la Terre“. Komerčně dostupný program je provozovaný akciovou společností Spot Image, založenou roku 1982 při Francouzské vesmírné agentuře CNES (Centre national d'études spatiales), vlastněné výrobcí a provozovateli kosmických a leteckých zařízení (Lillesand a kol. 2015).

V rámci programu SPOT bylo vypuštěno na oběžnou dráhu mezi lety 1986 a 2014 celkem 7 družic. V programu zůstávají asi do roku 2024 nadále funkční družice SPOT 6 a 7 ve výšce 694 km a časem obletu 26 dnů (ARCDATA 2015).

Geometrické vlastnosti jednotlivých družic SPOT umožňují použití dat k tvorbě map v měřítku 1:100 000 až 1:10 000, 3D modelů měst, k preciznímu zemědělství, kontrole zemědělských aktivit, plánování a projektování liniových staveb, mapování dopravních sítí, mapování rozptýlené vegetace, monitorování povrchových dolů, skládek a rekultivace, mapování půdní eroze, tvorbě digitálního modelu terénu (Gisat 2018).

3.4 Huan Jing

HJ je čínská zkratka názvu Huan Jing, což v překladu znamená „životní prostředí“. Jedná se o program mini družic, ratifikovaný v roce 2003 a spuštěný Čínským národním výborem pro snižování přírodních katastrof a ochranu životního prostředí. Vybudována byla síť tří družic (HJ-1A, HJ-1B, HJ-1C) s cílem vytvořit funkční systém pro monitorování Země a zmírňovat nebo odstraňovat následky přírodních katastrof pomocí technologie vzdáleného snímkování. V roce 2007 se stal Čínský národní vesmírný program členem mezinárodní charty Space and Major Disasters. Tím se připojil ke společné iniciativě, která usiluje o poskytování bezplatných dat záchranným složkám při vypuknutí přírodní katastrofy kdekoliv na světě (ESA 2018).

3.5 GlobeLand30

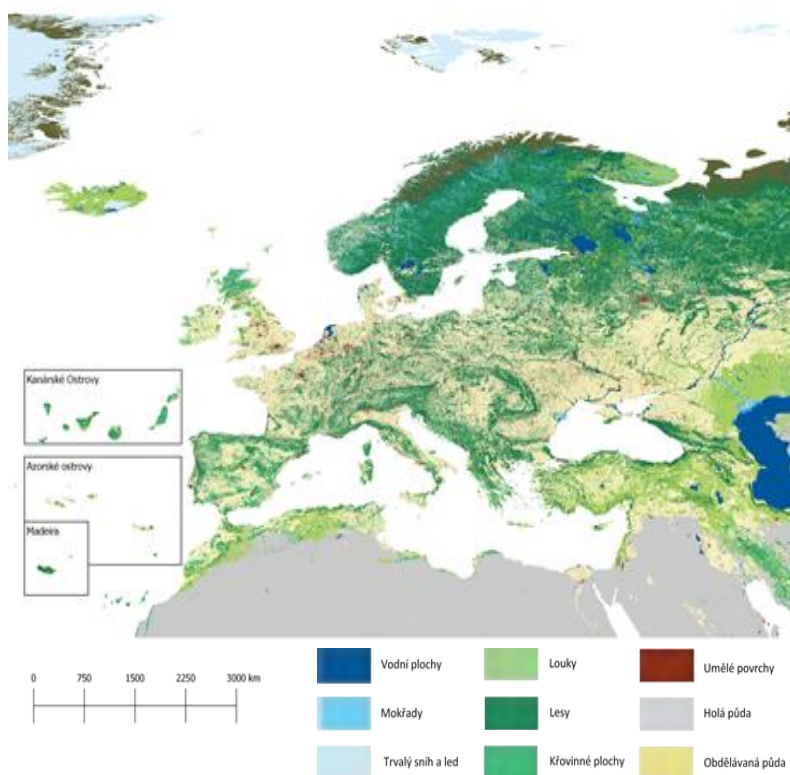
Volně přístupný datový produkt krajinného pokryvu v rozlišení 30 metrů byl vyvinut Čínským národním centrem pro geomatiku. Obsahuje deset tříd krajinného pokryvu pro roky 2000 a 2010. Kódy tříd klasifikace a jejich definice jsou uvedeny v tabulce č. 1. Data pro GlobeLand byla získána z více než 20 000 snímků Landsatu a čínského satelitu HJ-1 (Chen a kol. 2017). Obrázky používané pro klasifikaci jsou multispektrální a zahrnují TM a ETM+ od Landsatu a multispektrální snímky HJ-1. Kromě nich se v procesu využívá i velké množství pomocných dat, vzorků a klasifikace. Obsahují zejména existující údaje o krajinném pokryvu, globální geografické informace, tematické údaje a online zdroje (GlobeLand30 2008-2016).

Kód	Typ	Definice
10	Obdělávaná půda	Půda využívaná pro zemědělství, zahradnictví a zahrady, včetně rýžových polí, suché a zavlažované zemědělské půdy, ovocných a zeleninových sadů atd.
20	Lesy	Půda pokrytá stromy, vegetace pokrývá více než 30 %, včetně listnatých a jehličnatých lesů a řídkých lesů s krytem 10-30 % atd.
30	Louky	Půda pokrytá přírodní trávou s pokrytím nad 10 %.
40	Křovinné plochy	Půda pokrytá keři s pokrytím přes 30 %, včetně listnatých a stálezelených keřů, a pouštní stepi s pokrytím nad 10 % atd.
50	Mokřady	Půda pokrytá mokřadními rostlinami a vodními útvary včetně vnitrozemských bažin, jezerních bažin, říčních mokřadních oblastí, lesní mokřady, křovinné mokřady, rašeliníště, mangrovové a slané bažiny atd.
60	Vodní plochy	Vodní plochy v oblastech půdy, tj. řeky, jezera, nádrže, rybníky atd.
70	Tundra	Půda pokrytá lišejníky, mechem, trvalými bylinami a keři v polárních oblastech, včetně křovinné tundry, mokré tundry, bylinné tundry a neúrodné tundry atd.
80	Umělé povrchy	Půda pozměněná lidskou aktivitou, včetně všech druhů obydlí, průmyslu a těžebních oblastí, dopravních staveb a zařízení a vnitřních městských zelených zón a vodních útvarů.
90	Holá půda	Půda s vegetačním pokrytím nižším než 10 %, včetně pouští, písčitých polí, pouště Gobi, holých kamenů, slané a alkalické půdy atd.
100	Trvalý sníh a led	Půda pokrytá permanentní sněhovou pokrývkou a ledovci.

Tabulka č. 1: GlobeLand - přehled tříd včetně číselného kódu, vlastní zpracování.

Mapování půdního krytu s rozlišením 30 metrů v globálním měřítku je mnohem složitější než v měřítku národním nebo regionálním vlivem řady faktorů, a to včetně dostupnosti kvalitních snímků zemského povrchu celé Země. Tyto faktory dělají z vývoje spolehlivého 30-ti metrového GlobeLand coveru (GLC) velmi obtížný úkol, protože je potřeba velice vysoká úroveň technologických inovací, dále jsou nutné

výrazné lidské a finanční zdroje. To je důvod, proč zatím bylo možno získat jen globální datové sady s omezenou třídou. Samotný produkt GLC je komplexnější sadou typů pokrytí a je důležitý pro širší studie (Chen a kol. 2015). Byl zahájen v roce 2010 se zaměřením na 30-ti metrový datový produkt pro roky 2000 a 2010. Je rozdělen do 10 tříd (Chen a kol. 2015). Byl definován jako provozní mapovací projekt na vytvoření spolehlivých datových souborů. K dosažení cíle bylo nezbytné využít co nejvíce automatizovanou klasifikaci, proto se ze začátku vycházelo z již funkčních postupů. Ale celkově nízká přesnost systému v podstatě vytvoření takových plně automatizovaných klasifikačních technik znemožnila. K získání spolehlivých datových sad ve 30 metrech bylo rozhodnuto zkoumat různé mapovací strategie a klasifikace (Chen a kol. 2015). Vzhledem k masivnímu úkolu přijala Čína již stávající systémy klasifikace půdního pokryvu. Využila prvního stupně skládajícího se z 10 tříd: Obdělávaná půda, Lesy, Louky, Křovinné plochy, Mokřady, Vodní plochy, Tundra, Umělé povrchy, Holá půda, Trvalý sníh a led. Na jednu stranu umožňuje 30-ti metrové snímkování pozorovat tvary, velikosti a vzory dopadu činnosti člověka na povrch země, jakými jsou například lidská sídla, letiště, orná půda, rybníky. Na druhou stranu lze na snímcích současně sledovat, že existuje vysoká spektrální heterogenita v rámci každé jedné klasifikační třídy, způsobující nejednoznačnou interpretaci - rozlišení. Například voda ze zásobníků, řeky s vysokým obsahem sedimentů, obhospodařovaná půda. Nemusí mít unikátní charakteristický rys, ale jsou si podobné s ostatními třídami krajinného pokryvu. Tato vysoká spektrální variace činí klasifikaci podle jednotlivých pixelů mnohem náročnější, než by se dalo očekávat (Lu a Weng, 2007). Pro spolehlivé mapování není možné zvolit vhodný klasifikátor pro každý pixel a vhodnou množinu proměnných pro celou planetu. Proto je nutné nové metody napřed adaptovat nebo vyvinout přístupy, které jsou komplexnější v problémech s klasifikací (Chen a kol. 2015).



Obr. 2: Mapa podle datové sady GlobeLand. Vlastní zpracování.

3.6 Program CORINE

Posláním programu CORINE (Coordination of Information on the Environment), zahájeného na podnět Evropské komise v roce 1985, je koordinace informací pro kvalifikované rozhodování o životním prostředí. S cílem poskytnout zejména řídicím orgánům EU co možná komplexní a aktuální přehled o změnách některých systémů biosféry byly vytyčeny tři hlavní cíle:

- soustředit informace o stavu životního prostředí s důrazem na určitá témata, která jsou prioritní pro všechny členské státy společenství,
- koordinovat shromažďování dat a organizovat informace mezi členskými státy společenství nebo na mezinárodní úrovni,
- zajistit, že data budou kompatibilní a informace konzistentní pro celou Evropu. (EEA 1995).

Projekt The CORINE Land Cover project (dále jen CLC) jako součást programu generuje geografickou databázi krajinného krytu a využívání krajiny zahrnující většinu území států Evropy. Tvorba digitálního inventáře sdíleného v rámci evropského

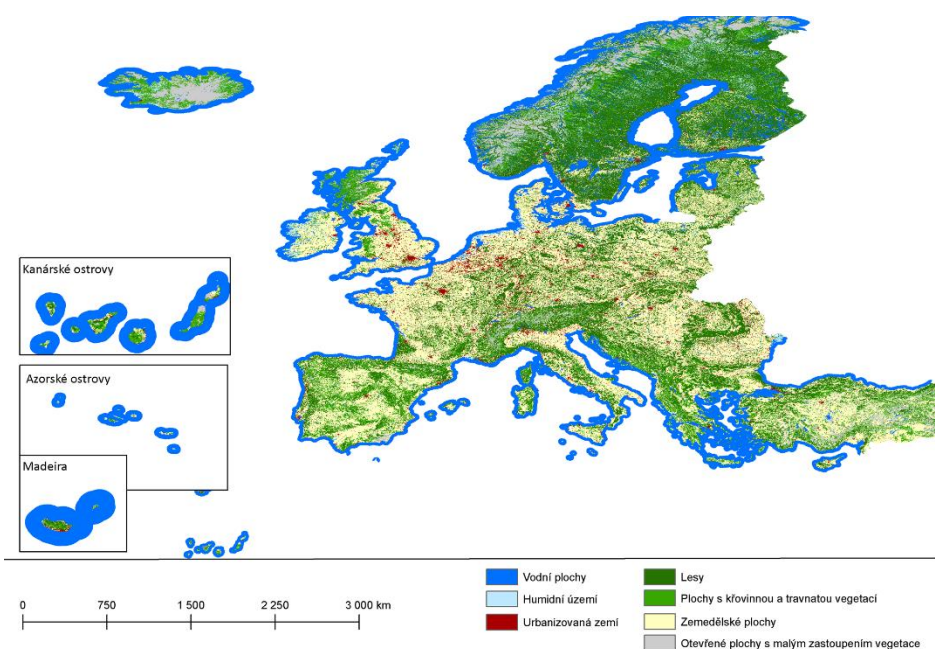
hospodářského prostoru zajišťuje údaje nezbytné pro environmentální politiku, regionální rozvoj nebo zemědělství. Poskytuje základní vstupy pro komplexnější informace o složitějších tématech, jakými jsou například eroze půdy, znečištění emisemi a další (Feranec a kol. 2016).

Soupis krajinného krytu je v několika hierarchických úrovních vyhodnocen podle nomenklatury ve 44 třídách (viz. tabulka č.2) a prezentován jako kartografický produkt v měřítku 1:100 000. Celá databáze byla zpracována na základě vizuální interpretace satelitních snímků SPOT, Landsat a MSS (Mobile satellite services). Doplňkové údaje, letecké fotografie, topografické a vegetační mapy, statistické údaje a lokální znalosti byly využity pro upřesnění interpretace a pomohly se zařazením území do kategorií CLC. Nejmenší mapové plochy odpovídají 25 hektarům, přesnost umístění činí 100 metrů (ArcGIS 2012). Pokrytí území v rámci CLC ukazuje obrázek č. 3.

Pro projekt CORINE Land Cover je referenční rok 1990. Pozdější aktualizace byly vytvořeny v letech 2000, 2006 a 2012. Z počátku se projektu účastnilo 26 zemí, při aktualizaci 2012 už to bylo 39 států (Copernicus 2018).

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	
Urbanizovaná území	Obytné plochy	Městská souvislá zástavba	
		Městská nesouvislá zástavba	
	Průmyslové a obchodní zóny, komunikační síť	Průmyslové nebo obchodní zóny	
		Silniční a železniční síť a přilehlé prostory	
		Přístavní zóny	
		Letiště	
	Doly, skládky a staveniště	Těžba hornin	
		Skládky	
		Staveniště	
	Plochy umělé, nezemědělské zeleně	Plochy městské zeleně	
Zařízení pro sport a rekreaci			
Zemědělské plochy	Orná půda	Orná půda mimo zavlažovaných ploch	
		Plochy stále zavlažované	
		Rýžová pole	
	Stálé kultury	Vinice	
		Ovocné sady a keře	
		Olivové porosty	
	Pastviny	Louky	
	Různorodé zemědělské plochy	Roční kultury přidané ke stálým kulturám	
		Komplexní systémy kultur a parcel	
		Převážně zemědělská území s příměsí přirozené vegetace	
		Území zemědělskolesnická	
	Lesy a polopřirodní oblasti	Lesy	Listnaté lesy
			Jehličnaté lesy
Smíšené lesy			
Plochy s křovinnou a travnatou vegetací		Přírodní pastviny	
		Slatiny a vřesoviště, křovinaté formace	
		Sklerofylní vegetace	
		Přechodová stadia lesa a křovin	
Otevřené plochy s malým zastoupením vegetace nebo bez vegetace		Pláže, duny, písky	
		Holé skály	
		Oblasti s řídkou vegetací	
		Vypálené oblasti	
		Ledovce a věčný sníh	
Humidní území		Vnitrozemská humidní území	Vnitrozemské bažiny
	Rašeliniště		
	Přímořská humidní území	Přímořské bažiny	
		Slané bažiny	
		Příbřežní zóny	
Vodní plochy	Pevninské vody	Vodní toky a cesty	
		Vodní plochy	
	Mořské vody	Laguny	
		Ústí řek	
		Moře a oceány	

Tabulka č. 2: Rozdělení CORINE Land Cover do hierarchických úrovní a tříd.
Vlastní zpracování podle LUKA, Václav a kol. 2017.



Obr. 3: Zobrazení datové sady CORINE Land Cover. Vlastní zpracování.

3.7 ESA CCI

Využívání půdy a změny původního krajinného pokryvu jsou důležité pro zkoumání jejich dopadu na emise CO₂ a změny klimatu. Poptávka po informacích ohledně klimatu ještě nikdy nebyla větší než dnes (IPCC, 2007). K tomuto účelu vznikl nový produkt, který se zaměřuje globálně na krajinný pokryv v rozlišení 300 metrů. V roce 2009 zahájila Evropská kosmická agentura (ESA) program Iniciativa pro změny klimatu (CCI), jehož hlavním cílem je poskytování vysoce kvalitních družicových produktů, pozorujících změny klimatu a krajinného pokryvu. Produkty globálního krajinného pokryvu obsahují 23 tříd a 14 podtříd viz tabulka č. 3. Datové sady byly celkově vydány zatím pro 3 po sobě jdoucí ročníky, kde každý rok zahrnuje buď tři anebo pětileté období. ESA CCI datové sady zahrnují roky 2000 (1998-2002), 2005 (2003-2007) a 2010 (2008-2012); (ESA, 2014). Vytvořené globální sady společně se 7-denními klimatologickými časovými řadami představují průměrnou sezónní dynamiku. Mělo by se jednat o stabilní a konzistentní produkty, které jsou zachyceny v časových řadách. Veřejné vydání těchto tří globálních produktů proběhlo v roce 2014 (S. Bontemps a kol. 2015).

Projekt ESA CCI se zaměřuje na seznam Essential Climate Variables (ECV), který byl vydán organizací World Meteorological Organization a jedná se o 14 složek klimatických proměnných v oblasti atmosféry, oceánu a pevniny. Dlouhodobým cílem

je rozvíjení globálních monitorovacích dat, které by komplexně přispěly ke zkvalitnění satelitních služeb v oblasti klimatu. Krajinový pokryv je označován jako jeden z nejzřetelnějších a nejčastěji používaných ukazatelů pro zemský povrch. Lidská činnost a přirozeně vyvolané přírodní procesy mohou hrát významnou úlohu při posuzování klimatu (P. Defourny a kol. 2009). Projekt ESA CCI navazuje na projekt ESA-GlobCover a jeho cílem je kriticky přehodnotit všechny algoritmy, které jsou potřebné pro generování globálního krajinového pokryvu (S. Bontemps a kol. 2015). Hlavním zdrojem pro mapy jsou data krajinového pokryvu z archivu MERIS (ISPRS, 2019).

Kód	Třída
0	Žádné data
10	Úrodná půda, závlahy formou srážek
20	Úrodná půda, závlahové systémy
30	Skladba úrodné půdy (>50 %) / přírodní vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (<50 %)
40	Skladba přírodní vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (>50 %) / úrodná půda (<50 %)
50	Stromový pokryv, listnatý, stále zelený (>15 %)
60	Stromový pokryv, listnatý, opadavý (>15 %)
70	Stromový pokryv, jehličnatý, stále zelený (>15 %)
80	Stromový pokryv, jehličnatý, opadavý (>15 %)
90	Stromový pokryv, smíšený typ listů (listnaté a jehličnaté)
100	Stromová a keřová skladba pokryvu (>50 %) / bylinný pokryv (<50 %)
110	Bylinná skladba pokryvu (>50 %) / stromy a keře (<50 %)
120	Křoviny
130	Travní porost
140	Lišejníky a mechy
150	Řídká vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (<15 %)
160	Lesní pokryv, zatopený, surová nebo brakická voda
170	Lesní pokryv, zatopený, slaná voda
180	Keřový nebo bylinný pokryv, zatopený, surová/slaná/brakická voda
190	městské oblasti
200	Holé oblasti
210	Vodní útvary
220	Permanentní sníh a led

Tabulka č. 3: ESA - přehled tříd včetně číselného kódu, vlastní zpracování.

3.8 Dosavadní studie evaluující přesnost studovaných datových sad

Problematikou vyhodnocování přesnosti datových sad se zabývali a analyzovali ji ve své studii Olofsson a kol. (2014), kteří uvádějí, že pro studium změn v krajinovém pokryvu existují dvě klíčové analýzy: posouzení přesnosti při změně klasifikace

a odhad spolehlivosti poskytnuté informace v místě změny. Chybová matice hraje ústřední roli při posuzování přesnosti a k odhadům cílů v oblasti (Foody 2013; Stehman 2013). Chybová matice organizuje získaná data tak, že shrnuje výsledky a pomáhá kvantifikovat přesnost a plochu. Hlavní diagonála chybové matice zdůrazňuje správnou klasifikaci, zatímco vedlejší diagonála ukazuje chyby. Záznamy o buňkách a okrajových hodnotách chybové matice jsou zásadní pro posouzení přesnosti a odhadu plochy. Posouzení přesnosti územních změn v mapě slouží kromě kvantifikace přesnosti mapy jako referenční vzorek územního odhadu pro každou třídu, která je definovaná referenční klasifikací. Data o vyhodnocení přesnosti také přispívají k odhadům nejistoty v oblasti. Bez posouzení přesnosti neexistuje žádný způsob, jak kvalitu mapy smysluplně a kvantitativně stanovit. Zároveň autoři uznávají, že neexistuje tzv. nejlepší přístup a že poskytnuté doporučení nevylučuje existenci jiných možných postupů.

Studie Jokar Arsanjani a kol. (2016) se zaměřila při testování datové sady GlobeLand na území Íránu, kde bylo možné kontrolně využít lokální mapy. Posuzována byla data GlobeLand pro rok 2010 a to v šesti velkých metropolitních oblastech, které představují odlišné bioregiony. Pro zkoumání byly vytvořeny oblasti bioregionů podle dominantního typu v krajinném pokryvu. Autoři tímto verifikovali, zda je možné použít GlobeLand i pro rozvojové země, které nemají regionální mapy krajinného pokryvu. V této studii „ground truth“, bylo potřeba náhodně rozvrstvit body ve všech bioregionech. Všechny body pak byly porovnávány se snímky z Google Earth, OpenStreetMap a Flickr. Data byla přepočítána pomocí chybové matice. Celková přesnost byla téměř 78 %. Analýza tříd odhaluje, že poměrně přesně jsou mapovány vodní plochy, obdělávaná půda, louky, lesy a holá půda.

GlobeLand se jeví jako vhodný produkt pro komparování s dalšími datovými sadami, které jsou určeny pro krajinný pokryv, například pro zdůraznění místa neshody a jejich integrování do hybridních produktů, např. zlepšování globální mapy zemědělské půdy (Fritz a kol. 2015).

Italská studie Brovelli a kol. (2015) porovnávala GlobeLand s různými regionálními mapami krajinného pokryvu. Analýza byla provedena v osmi italských regionech. Vzhledem k různým úrovním detailů obou datových sad byly propočítány dvě rastrové mapy, které byly charakterizované velikostí buněk odpovídající 30 a 5 metrům. Byly použity dva způsoby rasterizace. Metoda prevalence užitá pro velikost 30 metrů přiřazuje buňce hodnotu převládajícího polygonu, metoda středu pro rozměr 5 metrů přiřazuje buňce hodnotu polygonu, který zaujímá její střed (Biagi a kol. 2015). Klasifikováním bylo provedeno první srovnání, další srovnání bylo provedeno pomocí nástroje BUFFER. Brovelli a kol. (2015) shrnuli problémy map

krajinného pokryvu od různých nezávislých organizací do tří bodů: 1) použité klasifikační metody jsou heterogenní, 2) počty a typy tříd nejsou stejné, 3) některé územní oblasti pokrytí byly chybně klasifikovány kvůli různým problémům souvisejícím s pořízením obrázku (období roku, geometrická a radiometrická korekce a podobně) nebo s jeho zpracováním.

Vzájemné porovnání CORINE, GlobeLand, OpenStreetMap, Urban Atlas a ATKIS na území SRN za účelem zjištění celkové shody mezi jednotlivými třídami ověřovali autoři Jokar Arsanjani a kol. (2016). Těchto pět datových sad bylo převedeno do rozlišení 30 metrů a třídy překlasifikovány podle první úrovně CORINE. Upravená data byla importována do middleware, který spočítal chybovou matici, celkovou shodu, přesnost z hlediska zpracovatele a uživatele. Celkově byl GlobeLand shledán jako užitečný produkt pro zachycení krajinného pokryvu na území Německa. Kvalitu každé datové sady lze podle autorů externě prozkoumat a zjistit tím její vhodnost pro konkrétní použití. Uživatelé, kteří potřebují určitou úroveň podrobností, by měli údaje a jejich klasifikaci přezkoumávat sami v případě, že chtějí posoudit, který datový set je pro jejich účely nejlépe vhodný (Hansen a Reed 2000). Na základě vypracované studie byl GlobeLand uveden jako optimální pro urbanizovaná území, zemědělské plochy, vodní plochy, lesy a polopřírodní oblasti. Produkt byl doporučen pro aplikace, které vyžadují charakterizaci a analýzy krajinného krytu, jakou je například výpočet krajinných metrik. Zároveň studie rozvíjí problémy popsané ve studii Brovelli a kol. (2015), které mohly přispět k neshodám: 1) rozdíly v letech pro které byly datové sady vydány, 2) různé klasifikace v krajinném povrchu a jejich problematické porozumění, 3) nejistota uvnitř každé datové sady, 4) různé datové charakteristiky jakými jsou například měřítko nebo rozlišení. Každý tento problém hraje určitou roli v spolehlivosti dat.

4. Metodika

4.1 Vstupní data

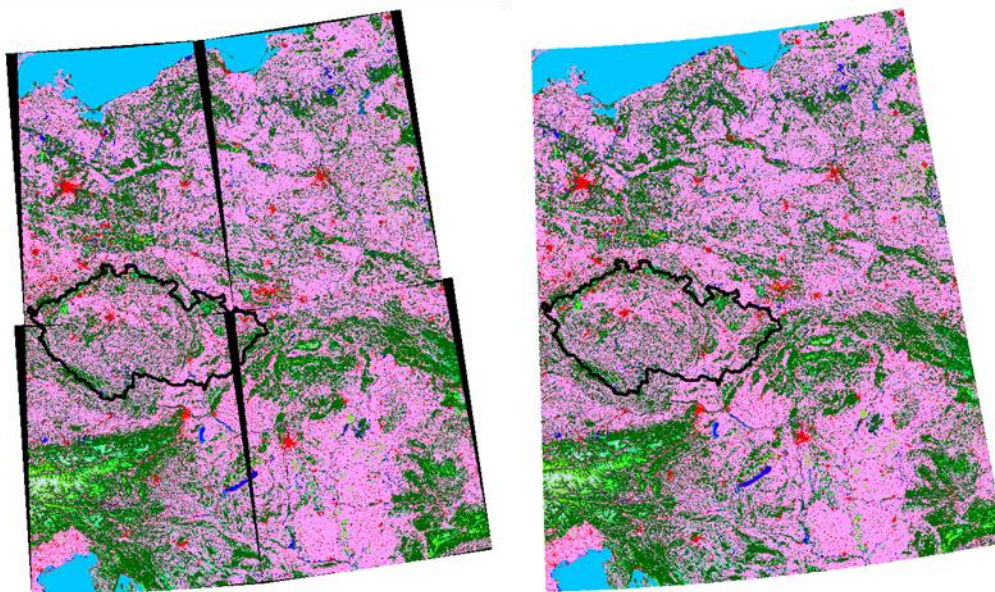
Vstupní data tvoří několik datových sad rastrů (tabulka č. 4), které jsou vybrané na základě dostupnosti a časového určení. Jako referenční rok byl vybrán rok 2000, který je společný pro všechny datové sady, a je to zatím jediný rok, kdy došlo k vydání dat ve stejnou dobu. Pro práci byla použita rastrová data CORINE Land Cover v rozlišení 100 a 250 metrů. Sada GlobeLand poskytla výchozí data v rozlišení 30 metrů a ESA landcover s rozlišení 300 metrů.

Název	Zdroje dat	Rozlišení	Rok	Referenční souřadnicový systém
CORINE Land Cover	https://land.copernicus.eu/	100 m	2000	ETRS_1989_LAEA
CORINE Land Cover	https://land.copernicus.eu/	250 m	2000	ETRS_1989_LAEA
GlobeLand 30	http://www.globallandcover.com/	30 m	2000	WGS_1984_UTM_Zone_33N
ESA	https://www.esa-landcover-cci.org/	300 m	2000	WGS_1984

Tabulka č. 4: Přehled použitých datových sad.

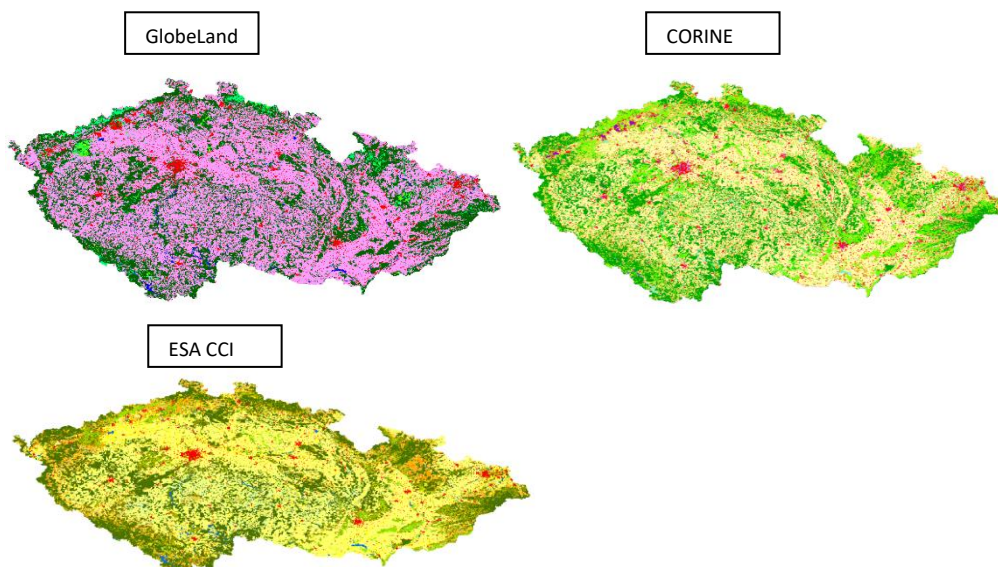
4.2 Úprava dat

Z důvodu různých charakteristik, jakými jsou formát, legenda, měřítko a referenční systém, bylo potřeba datové sady upravit. Rastrová vrstva GlobeLand České republiky je rozdělena do 4 obrázkových dlaždic, které bylo potřeba pospojovat dohromady a vytvořit tím mozaiku. Pro spojení vrstev bylo využito funkce COPY RASTER, aby se u každého snímku odstranily hodnoty nodata. Po očištění snímků byly spojeny do mozaiky pomocí funkce MOSAIC TO NEW RASTER (obrázek č. 4).



Obr. 4: Vytvoření mozaiky ze snímků GlobeLand30.

Veškeré vrstvy bylo nutné sloučit do jednoho souřadnicového systému. Pro studii byl vybrán souřadnicový systém ETRS_1989_LAEA, který je výchozí pro CORINE. GlobeLand a ESA byly transformovány pomocí funkce PROJECT RASTER a metodou interpolace Nearest Neighbour. To samé bylo potřeba udělat u shapefilu České republiky, který byl transformován funkcí PROJECT. Oříznutí zájmového území z celkových datových sad proběhlo pomocí funkce CLIP (obrázek č. 5).



Obr. 5: Výřez zájmového území v sadách GlobeLand, CORINE a ESA.

4.3 Změna měřítek

Aby byla práce co nejlépe porovnatelná, bylo potřeba všechny datové sady sjednotit do stejného rozlišení, ve kterém bude možné je vzájemně komparovat. To samé bylo provedeno i s klasifikačními třídami.

4.3.1 Tematická změna měřítka

Tady byla metodika inspirována článkem M.A. Brovelli a kol. (2015), podle kterého pro poměření obou datových sad využili klasifikaci na 5 a 8 tříd. Pro zájmové území byla klasifikace upravena na 5 a 7 tříd, jelikož na území České republiky se na rozdíl od Itálie nenachází ledovce a stálý sníh. Klasifikace byla vypracovaná pomocí nástroje RECLASSIFY a pro práci bylo využito klasifikační číselné označení GlobeLand, které bylo potřeba převést na třídy u CORINE a ESA (tabulka č. 5). V sadě GlobeLand bylo potřeba sjednotit třídy „louky“ a „křovinné plochy“ dohromady pro 7 tříd, pro 5 tříd došlo ke sloučení klasifikace „lesy“, „křovinné plochy“ a „holá půda“ do jedné třídy. Pro CORINE byla použita jako referenční první úroveň klasifikace této sady, která je kategorizována do 5 tříd. U rozdělení na 7 tříd bylo potřeba u třídy „lesy a polopřírodní oblasti“ přejít na druhou úroveň kategorizace, která třídu rozdělila na 3 samostatné celky. Klasifikace ESA pak byla sloučena podle tříd GlobeLand.

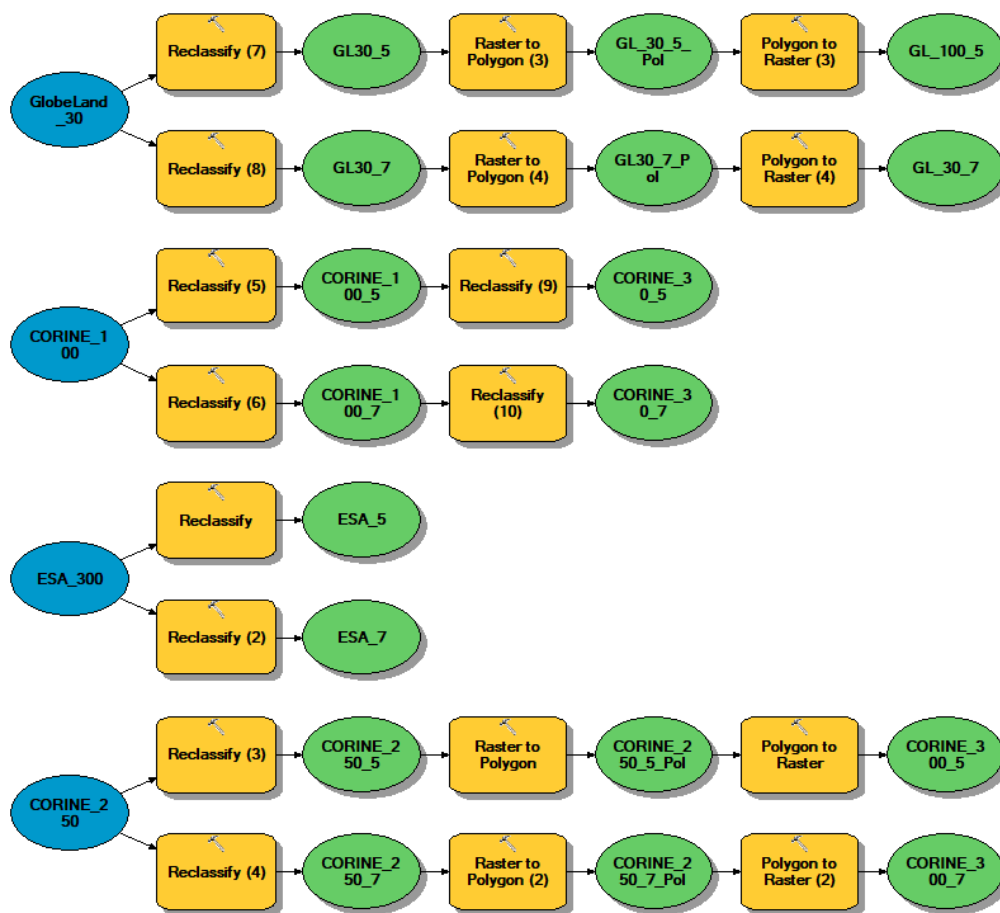
GlobeLand 30	Referenční kód	Corine Land Cover	ESA
Obdělávaná půda	10	Zemědělské plochy (211,221,222,231,242,243)	Zemědělské plochy (10,11,12,40,150)
Lesy, křovinné plochy a holá půda	20	Lesy a polopřírodní oblasti (311,322,324,321,322,324,332,333)	Lesy, křovinné plochy a holá půda (30,60,61,71,80,90,110,130,200,201)
Mokřady	50	Humidní území (411,412)	Humidní území (180)
Vodní plochy	60	Vodní plochy (511,512)	Vodní plochy (210)
Umělé povrchy	80	Urbanizovaná území (111,112,121,122,123,124)	Urbanizovaná území (190)

Tabulka č. 5: Přehled vytvořené klasifikace pro 5 tříd včetně vyobrazení původních číselných kódů pro třídy CORINE a ESA.

4.3.2 Prostorová změna měřítka

GlobeLand 30 a CORINE 250 bylo potřeba tzv. zhoršit do nižšího rozlišení, které odpovídalo rozlišení CORINE 100 a ESA 300. Celý rastr byl převeden do polygonu pomocí funkce RASTER TO POLYGON. Polygon byl následně převeden zpátky do rastru pomocí funkce POLYGON TO RASTER. Tato funkce zároveň umožňuje nastavit velikost rozlišení, které bylo nastaveno na požadovaných 100 respektive 300 metrů; důležité bylo zvolit typ přiřazení buňky MAXIMUM_COMBINED_AREA, která jako prioritu bere největší plochu v hranicích buňky. Pomocí funkce PROCESSING EXTENT byla využita funkce SNAP RASTER, která upravila rozsah výstupního rastru tak, aby zarovnání buněk odpovídalo CORINE, popřípadě ESA.

U CORINE 100 bylo potřeba zlepšit rozlišení na 30 metrů. Transformace probíhala pomocí funkce RECLASSIFY, bylo využito funkce RASTER ANALYSIS, která umožňuje převedení velikosti buňky na výchozí hodnotu jiné datové sady. Způsob zpracování zachycuje obrázek č. 6.



Obr. 6: Model builder zobrazující postup při změně měřítek.

4.4 Body v rastru

Pro porovnání datových sad bylo potřebné vytvořit bodové pokrytí na území České republiky, aby bylo zjištěno, v kolika případech se budou CORINE s GlobeLande a CORINE s ESA vzájemně shodovat. Bodům byly vždy přiřazeny hodnoty obou datových sad v obou třídách a ve všech měřítkách. Rastrové vrstvy byly převedeny do bodů pomocí funkce RASTER TO POINTS. Vzájemné sloučení hodnot vrstev proběhlo pomocí nástroje EXTRACT MULTI VALUES TO POINTS, aby došlo ke spojení hodnot všech rastrů v potřebných měřítkách.

4.5 Přesnost klasifikace

Díky předchozím krokům byla získána transformovaná data, následně pomocí nástroje FREQUENCY převedená do tabulky, kde se k sobě přiřadily požadované klasifikované hodnoty a bylo možné začít přepočítat data pomocí klasifikační chybové matice.

Analýza přesnosti byla provedena pomocí chybové matice (Congalton a Green 1999), odvozené z prostorového porovnání mezi klasifikovaným a referenčním datasetem vybráním jednoho pixelu jako jednotky prostorového posouzení. Výsledkem tohoto

porovnání je čtvercová matice charakterizovaná počtem řad a sloupců, rovnajícím se celkovému počtu uvažovaných tříd krajinného pokryvu. Prvky na hlavní diagonále reprezentují správně klasifikovaná data, zatímco prvky mimo diagonálu označují chyby v klasifikaci.

Existuje mnoho indexů, popisujících kvalitu klasifikace, které je možno odvodit z chybové matice (Liu a kol. 2007). V souladu s takzvanými správnými praktikami byla vypočítána nejpoužívanější celková přesnost (OA), přesnost z hlediska uživatele (UA) a přesnost z hlediska zpracovatele (PA).

Celková přesnost je jeden z nejvíce populárních způsobů měření shody a indikátorů procentuální úspěšnosti správně klasifikovaných pixelů. Může být jednoduše spočítána podle vzorce č. 1, kde „q“ je počet tříd, „n_{ii}“ prvky v diagonále a „n“ představuje celkový počet uvažovaných pixelů.

Vzorec č. 1

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^q n_{ii}}{n} \times 100$$

Ovšem v literatuře není možné najít konkrétně stanovený práh, definující přijatelnou přesnost pro klasifikaci obrázků. Anderson a kol.(1976) navrhují hodnotu alespoň 85 %, Pringle a kol. (2009) doporučují hodnotu vyšší než 70 %, zatímco Thomlinson a kol. (1999) považují klasifikaci za přesnou, pokud celková přesnost činí alespoň 85 % a žádná třída není nižší než 70%.

Oproti celkové přesnosti umožňují přesnost z hlediska uživatele a přesnost z hlediska zpracovatele klasifikaci kvality pro každou třídu „i“. Přesnost klasifikace z perspektivy uživatele může být definována jako procento, s jakým klasifikované pixely odpovídají tzv. „ground truth.“ Přesnost z hlediska zpracovatele může být definována jako procento správně detekovaných pixelů z „ground truth“ v klasifikované mapě. Obě uvedené přesnosti mohou být spočítány pomocí následujících vzorců (č. 2 a č. 3), kde „n_{+i}“ a „n_{i+}“ představují marginální součet sloupců (UA) a řad (PA).

$$UA_i = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100$$

Vzorec č. 2

$$PA_i = \frac{n_{ii}}{n_{+i}} \times 100$$

Vzorec č. 3

Je tedy zřejmé, že hodnocení přesnosti klasifikace do značné míry závisí na tom, jak byly mapové sady vytvořeny. Komplexnějším měřítkem přesnosti klasifikace je koeficient Kappa ($K\lambda$) (Bogoliubova a Tymków 2014; Tymków 2009). Tento koeficient porovnává počet pixelů v každé buňce v matici chyb s možností distribuovat pixely jako náhodnou proměnnou (Rosenfield a Fitzpatrick-Lins 1986). Kappa koeficient byl vypočten podle vzorce č. 4.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m D_{ij} - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}{N^2 - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}$$

Vzorec č. 4

$K\lambda$ – Kappa koeficient

N – celkový počet pixelů

m – počet tříd

$\sum D_{ij}$ – celkové diagonální prvky matice chyb (součet správně klasifikovaných pixelů)

R_i – celkový počet pixelů v řádku i

C_j – celkový počet pixelů ve sloupci j

Registrovaná hodnota podle tabulky č. 6 odráží celkovou přesnost klasifikace a náhodný nálezhody mezi referenčním rastrem s náhodnou distribucí pixelů ve třídách a leteckým obrázkem (Chandra a Ghosh 2015).

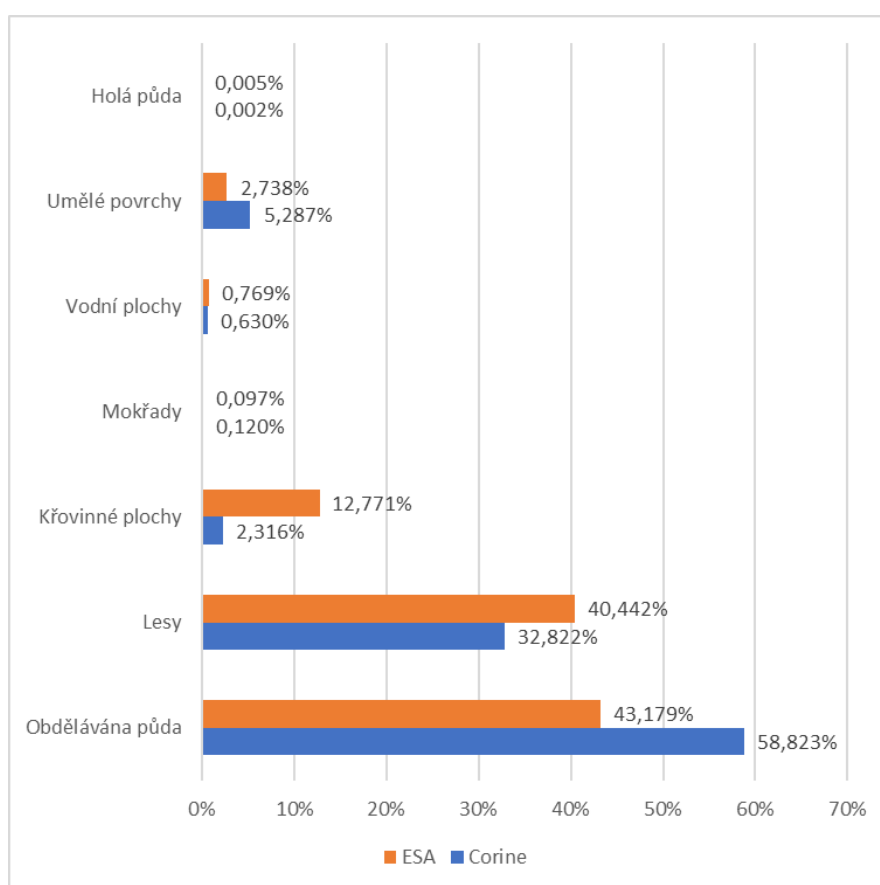
Hodnota Kappa-hat	Interpretace shody
$0,81 \leq \hat{K} \leq 1$	Téměř dokonalá shoda
$0,61 \leq \hat{K} \leq 0,80$	Značná shoda
$0,41 \leq \hat{K} \leq 0,60$	Průměrná shoda
$0,21 \leq \hat{K} \leq 0,40$	Uspokojivá shoda
$0,0 \leq \hat{K} \leq 0,20$	Mírná shoda
$\hat{K} < 0,0$	Velmi slabá shoda

Tabulka č. 6: Výklad registrované hodnoty Kappa.

5 Výsledky

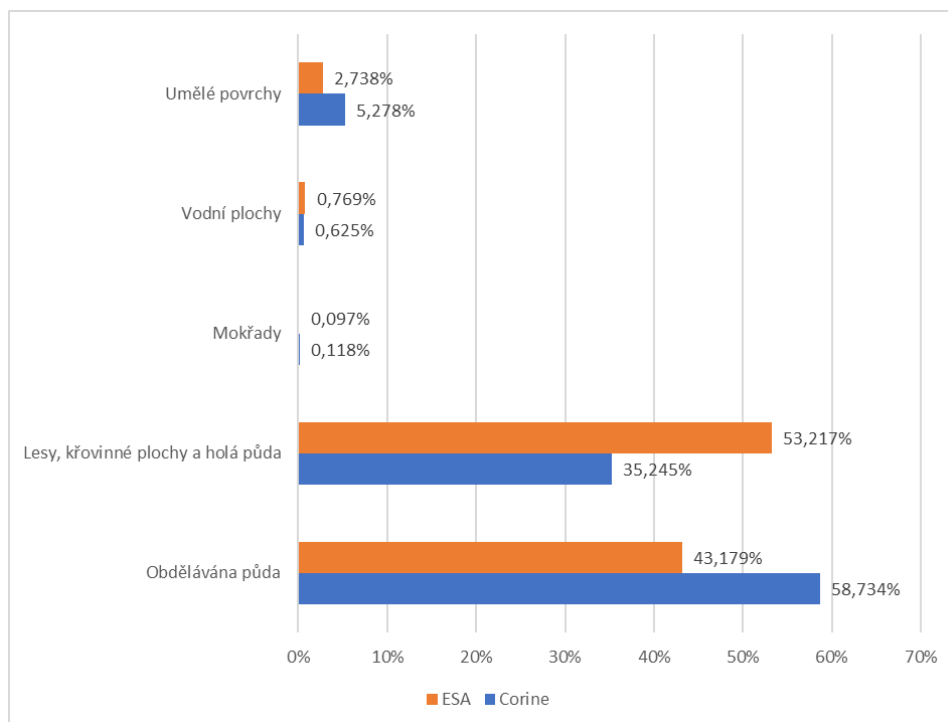
5.1 Rozlišení 300 metrů

Porovnání bylo provedeno ve výchozím rozlišení ESA. Datová sada CORINE 250 byla upravena na požadované rozlišení. Graf č. 1 ukazuje údaje prostorového měřítka rozděleného na 7 tříd. Zastoupení tříd se příliš neshoduje a ukazuje celkovou rozdílnost obou datových sad. Rozdílnosti jsou patrné hlavně v nejméně zastoupených třídách. Konkrétně u CORINE i ESA to je ve třídě „obdělávaná půda“, kde má větší procentuální zastoupení CORINE, naopak ESA má větší zastoupení ve třídách „lesy“ a „křovinné plochy“.



Graf č. 1: Porovnání procentuálního zastoupení jednotlivých tříd klasifikace rozdělené na 7 tříd v rozlišení 300 metrů.

V prostorovém měřítku zúženém na 5 tříd, zobrazeném na grafu č. 2, je možnost dále porovnat rozdílnost obou datových sad. CORINE má při porovnání s prostorovým měřítkem pro 7 tříd stále nejvíce zastoupenou třídu „obdělávané půdy“. V případě ESA došlo ke změně v nejvíce zastoupené třídě, která se změnila na „lesy, křovinné plochy a holá půda“. Datová sada ESA celkově obsahuje větší podíl přírodní plochy. CORINE naopak má větší procentuální zastoupení v kulturní krajině.



Graf č. 2: Porovnání procentuálního zastoupení jednotlivých tříd klasifikace rozdělené na 5 tříd v rozlišení 300 metrů.

Nejdůležitějším prvkem pro porovnání obou datových sad byla chybová matice, u které byl vybrán jako referenční produkt CORINE. Tabulka č. 7 ukazuje porovnání pro 7 tříd. Celková přesnost je 39 % a registrovaná hodnota Kappa dosahuje hodnoty uspokojivá shoda. Obě datové sady se naprosto neshodly v třídě „holá půda“, která je celkově málo zastoupená v krajině ČR. U uživatelské přesnosti nejnižší hodnotu mají třídy mokřady (15%) a křovinné plochy (21%). Při detailním prozkoumání nejnižší hodnoty uživatelské přesnosti je vidět, že do třídy „mokřady“ ESA nejvíce chybně zařazuje třídu „lesy“ (530 pixelů). V případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „mokřady“ jako „křovinné plochy“ (303 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele se nejvyšší hodnota vyskytuje u třídy „obdělávaná půda“ (91%) a „umělé povrchy“ (85%). Nejnižší hodnoty má třída „křovinné plochy“ (1%) z celkového skutečného počtu 709012 pixelů (referenční sady

CORINE) sada ESA klasifikovala nejčastěji (679667 pixelů) třídu jako „obdělávaná půda“ a ne jako „křovinné plochy“ (3742 pixelů).

Tabulka č. 8 ukazuje hodnoty vypočtené chybové matice, kde jako referenční sada byla zvolena znovu CORINE. Celková přesnost se téměř zdvojnásobila (75%) a registrovaná hodnota Kappa se posunula na hodnotu průměrná shoda. V případě uživatelské přesnosti dosahují nejnižší hodnoty třídy „mokřady“ (15%) a „umělé povrchy“ (44%). Při detailním prozkoumání nejnižší hodnoty uživatelské přesnosti je vidět, že do třídy „mokřady“ ESA nejvíce chybně zařazuje třídu „lesy, křovinné plochy a holá půda“ (696 pixelů). V případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „mokřady“ jako „lesy, křovinné plochy a holá půda“ (392 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele se nejvyšší hodnota vyskytuje u třídy „obdělávaná půda“ (91%) a „umělé povrchy“ (85%). Nejnižší hodnoty vykazuje třída „mokřady“ (18%) z celkového skutečného počtu 739 pixelů (referenční sady CORINE) klasifikovala sada ESA nejčastěji (392 pixelů) třídu jako „lesy, křovinné plochy a holá půda“ a ne jako „mokřady“ (134 pixelů).

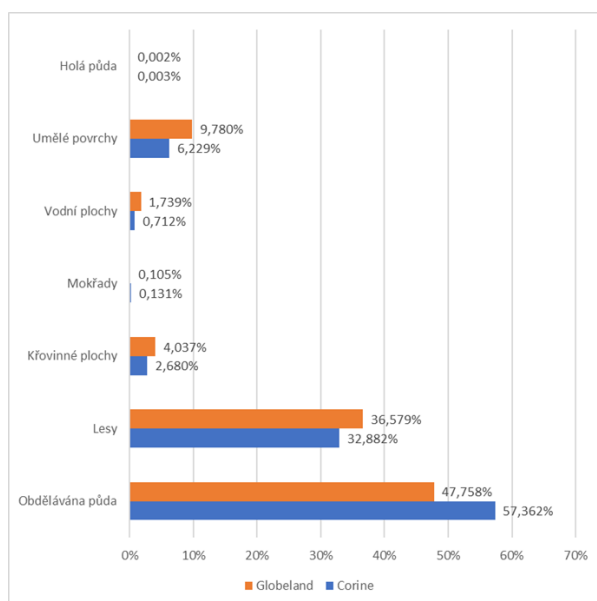
	Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)
Obdělávaná půda	28.206%	90.843%
Lesy	86.073%	69.853%
Křovinné plochy	21.234%	0.528%
Mokřady	14.52%	18.022%
Vodní plochy	78.912%	64.603%
Umělé povrchy	44.095%	85.152%
Holá půda	0%	0%
Celková přesnost (OA):		39.283%
Kappa ¹ :		0.209

	Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)
Obdělávaná půda	66.759%	90.807%
Lesy, křovinné plochy a holá půda	94.55%	62.605%
Mokřady	14.889%	18.133%
Vodní plochy	79.064%	64.284%
Umělé povrchy	44.157%	85.128%
Celková přesnost (OA):		75.372%
Kappa ¹ :		0.558

Tabulka č.7 a 8: Hodnoty vypočtené chybové matice pro 7 a 5 tříd u 300 metrového rozlišení.

5.2 Rozlišení 100 metrů

Srovnáváno bylo originální rozlišení CORINE a zhoršené GlobeLand. Graf č. 3 zobrazuje procentuální zastoupení jednotlivých tříd. Nejvíce zastoupenou kategorií je shodně u obou datových sad „obdělávaná půda“, která je v případě CORINE zastoupena o téměř 10 % více. Naopak GlobeLand má větší procentuální zastoupení u ostatních tříd. Největší shodu obě datové sady vykazují v kategoriích „holá půda“ a „mokřady“, kdy je při malé četnosti zastoupení velice podobné.



Graf č. 3: Porovnání procentuálního zastoupení jednotlivých tříd v rozlišení 100 metrů.

V tabulce č. 9 vidíme výpočet chybové matice pro 7 tříd, kdy byla CORINE vybrána jako referenční. Celková přesnost dosahuje hodnoty 87 % a registrovaná hodnota Kappa je na hodnotě značná shoda. U uživatelské přesnosti mají nejnižší hodnotu třídy „holá půda“ (21%) a „mokřady“ (46%). Při detailním prozkoumání nejnižší hodnoty uživatelské přesnosti je vidět, že do třídy „holá půda“ GlobeLand nejvíce chybně zařazuje třídu „křovinné plochy“ (116 pixelů). Také v případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „holou půdu“ jako „křovinné plochy“ (68 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele byla dosažena nejvyšší hodnota u třídy „obdělávaná půda“ (99%) a „lesy“ (84%). Nejnižší hodnoty vykazuje třída „holá půda“ (33%). Ta dosáhla nejnižší hodnoty přesnosti také z hlediska zpracovatele, z celkového skutečného počtu 168 pixelů (referenční sady CORINE) sada GlobeLand klasifikovala nejčastěji (68 pixelů) třídu jako „křovinné plochy“ a ne jako „holá půda“ (55 pixelů).

Tabulka č. 10 ukazuje hodnoty vypočtené chybové matice v prostorovém měřítku pro 5 tříd, kde byla určena jako referenční sada CORINE. Celková přesnost se díky zúžení zlepšila o 1 % a hodnota Kappa zůstala na stejné hodnotě. U uživatelské přesnosti mají nejnižší hodnotu třídy „mokřady“ (46%) a „obdělávaná půda“ (82%), při detailním prozkoumání je vidět, že do třídy „mokřady“ GlobeLand nejvíce chybně zařazuje třídu „lesy, křovinné plochy a holá půda“ (3607pixelů). Stejně tak v případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „mokřady“ jako „lesy, křovinné plochy a holá půda“ (2181 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele se nejvyšší hodnota vyskytuje u třídy „obdělávaná půda“ (99%) a „lesy“ (85%). Nejnižší hodnoty poté vykazuje třída „vodní plochy“ (38%). Zde je vidět, že z celkového skutečného počtu 137139 pixelů (referenční sady CORINE) sada GlobeLand klasifikovala nejčastěji (56721 pixelů) tuto třídu jako „obdělávanou půdu“ a ne jako „vodní plochy“ (52300 pixelů).

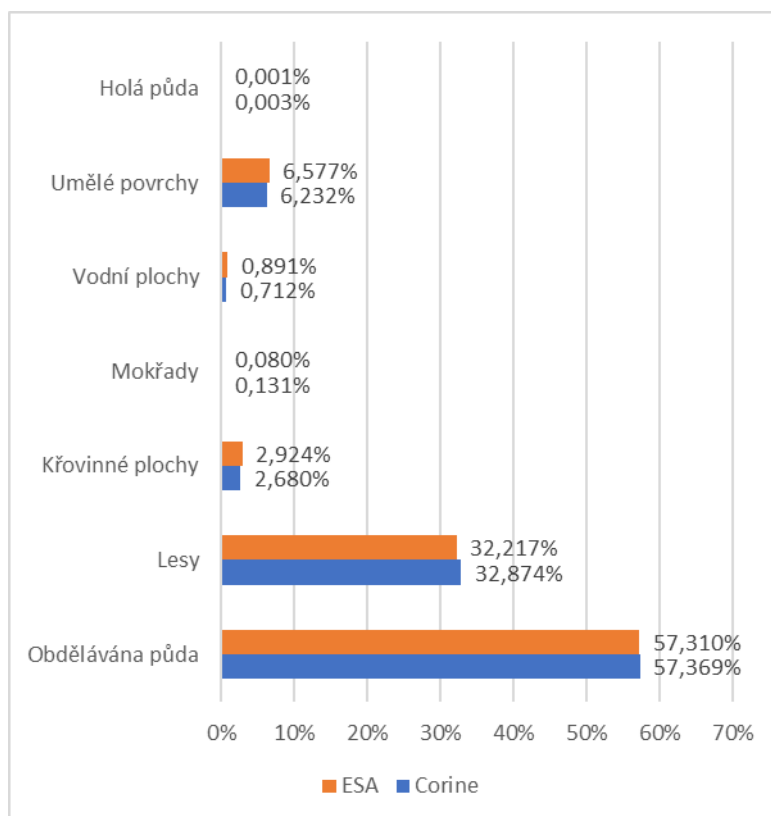
	Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)		Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)
Obdělává na půda	82.359%	98.922%	Obdělává na půda	82.365%	98.921%
Lesy	93.197%	83.776%	Lesy, křovinné plochy a holá půda	97.014%	84.953%
Křovinné plochy	82.41%	54.715%	Mokřady	46.404%	58.039%
Mokřady	46.385%	57.993%	Vodní plochy	93.112%	38.136%
Vodní plochy	93.108%	38.136%	Umělé povrchy	94.619%	60.264%
Umělé povrchy	94.62%	60.263%	Celková přesnost (OA):		88.368 %
Holá půda	20.599%	32.738%	Kappa ¹ :		0.798
Celková přesnost (OA):		86.715%			
Kappa ¹ :		0.778			

Tabulka č. 9 a 10: Hodnoty vypočtené chybové matice pro 7 a 5 tříd u 100metrového rozlišení.

5.3 Rozlišení 30 metrů

Porovnání sady CORINE bylo provedené ve výchozím rozlišení GlobeLand. Graf č. 4 ilustruje zastoupení jednotlivých tříd v procentech pro každou datovou sadu v prostorovém měřítku 7 tříd. Obě datové sady mají velice podobné hodnoty.

Konkrétně „obdělávaná půda“ má téměř identické hodnoty v obou datových sadách. Hodnoty se celkově mnohem více shodují oproti předchozímu porovnání v měřítku 100 m, kde byla znát celková rozdílnost obou datových sad. Nejvíce zastoupenou třídou je „obdělávaná půda“ a „lesy“.



Graf č. 4: Porovnání procentuálního zastoupení jednotlivých tříd v rozlišení 30 metrů.

Porovnání obou datových sad probíhalo pomocí chybové matice. Tabulka č. 11 ukazuje matici pro prostorové měřítko 7 tříd, kde byl jako referenční produkt vybrán CORINE. Celková přesnost je 92 % a registrovaná hodnota Kappa dosáhla nejvyšší úrovně „téměř dokonalá shoda“ a jedná se o celkové zlepšení s předchozím porovnáním. U uživatelské přesnosti mají nejnižší hodnotu třídy „holá půda“ (18%) a „mokřady“ (42%). Při detailním prozkoumání nejnižší hodnoty uživatelské přesnosti je vidět, že do třídy „holá půda“ GlobeLand nejvíce chybně zařazuje třídu „křovinné plochy“ (1172 pixelů). V případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „holou půdu“ jako „křovinné plochy“ (638 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele se nejvyšší hodnota vyskytuje u třídy „obdělávaná půda“ (95%) a „lesy“ (93%). Nejnižší hodnoty dosáhla třída „holá půda“ (41%), z celkového skutečného počtu 1307 pixelů (referenční sady CORINE) sada

GlobeLand klasifikovala nejčastěji (1172pixelů) třídu jako „křovinné plochy“ a ne jako „holá půda“ (535 pixelů).

Datové sady uvedené v tabulce č. 12, upravené v prostorovém měřítku pro 5 tříd, pro které byla jako referenční produkt vybrána CORINE, dosahují lepší vzájemné shody než při předchozím měření. Celková přesnost se při porovnání s prostorovým měřítkem 7 tříd zlepšila o 1 % a registrovaná hodnota Kappa zůstala na hodnotě „téměř dokonalá shoda“. V uživatelské přesnosti mají nejnižší hodnotu třídy „mokřady“ (44%) a „vodní plochy“ (77%) - do třídy „mokřady“ GlobeLand nejvíce chybně zařazuje třídu „lesy, plochy křovinné a holá půda“ (42033 pixelů). V případě přesnosti z hlediska zpracovatele testovaná sada nejčastěji chybně klasifikovala „mokřady“ jako „lesy, křovinné plochy a holá půda“ (115737 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele se nejvyšší hodnota vyskytuje u třídy „obdělávaná půda“ (94%) a „lesy“ (94%). Nejnižší hodnoty má třída „vodní plochy“ (61%), z celkového skutečného počtu 780156 pixelů (referenční sady CORINE) sada GlobeLand klasifikovala nejčastěji (70052 pixelů) třídu jako „lesy, křovinné plochy a holá půda“ a ne jako „vodní plochy“ (478531 pixelů).

	Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)		Přesnost z hlediska uživatele (UA)	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)
Obdělávaná a půda	94.354%	94.5%	Obdělává na půda	94.324%	94.41%
Lesy	91.075%	92.93%	Lesy, křovinné plochy a holá půda	92.855%	93.973%
Křovinné plochy	75.908%	69.192%	Mokřady	43.092%	70.571%
Mokřady	42.338%	70.449%	Vodní plochy	76.751%	61.338%
Vodní plochy	75.414%	59.453%	Umělé povrchy	83.051%	78.673%
Umělé povrchy	83.086%	78.703%	Celková přesnost (OA):		92.907%
Holá půda	18.303%	40.933%	Kappa ¹ :		0.869
Celková přesnost (OA):		91.885%			
Kappa ¹ :		0.855			

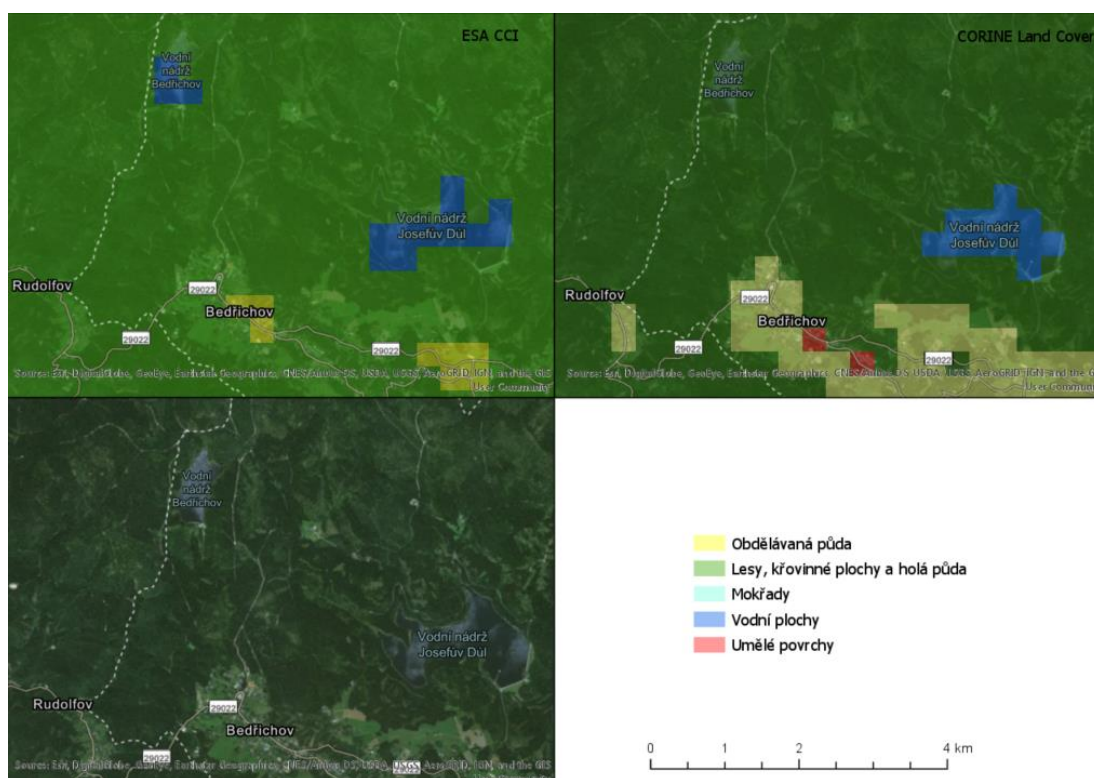
Tabulka č. 11 a 12:

Hodnoty vypočtené chybové matice pro 7 a 5 tříd u 30metrového rozlišení.

5.4 Porovnání s ortofoto snímky a DIBAVOD

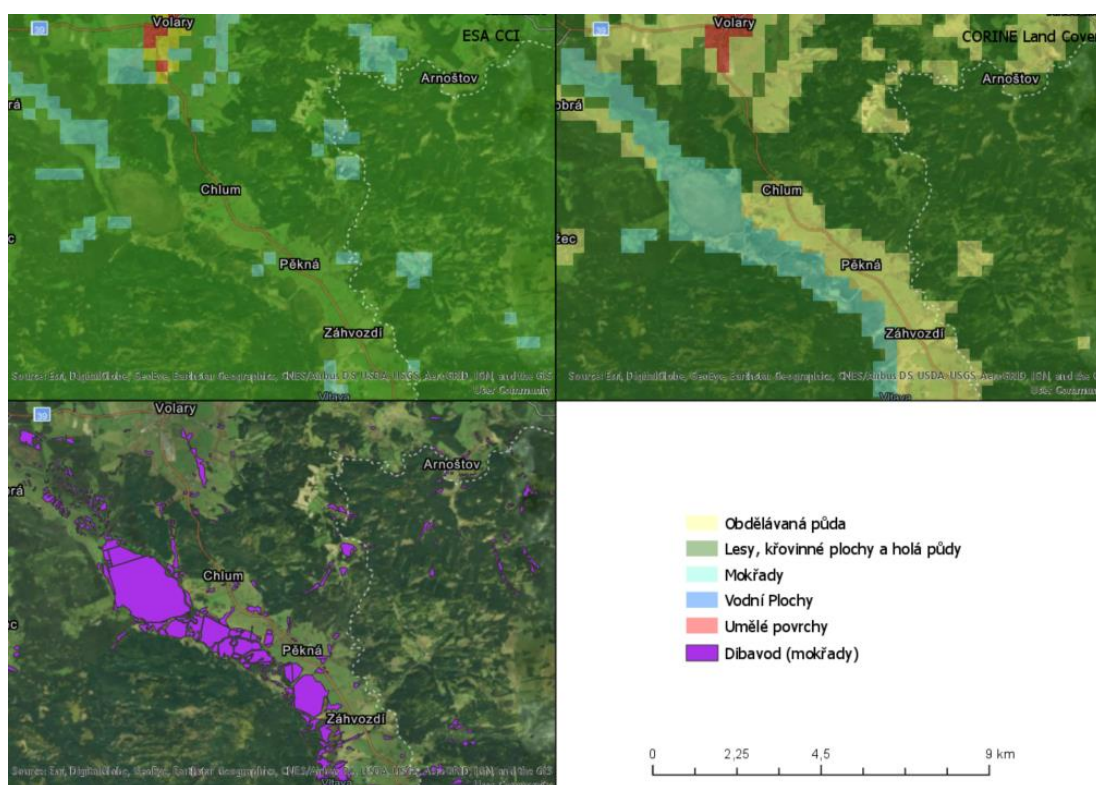
Vzájemné porovnání sloužilo k lepšímu pochopení rozdílů mezi datovými sadami. Největší rozdílnosti v rámci prostorového měřítka pro 5 tříd se ukázaly u tříd „mokřady“ a „vodní plochy“, kde byla využita digitální báze vodohospodářských dat, která pomohla při konečném vyhodnocování (Digitální Báze VOdohospodářských Dat – DIBAVOD).

V rozlišení 300 m bylo potřeba zjistit, jak se od sebe odlišují datové sady CORINE (250) a ESA. Obrázek č. 7 ukazuje rozdílnost obou datových sad v oblasti Jizerských hor. ESA v tomto případě lépe pracuje s vodními plochami, jelikož kromě vodní nádrže Josefův Dvůr zohlednila i vodní nádrž Bedřichov. Každopádně datová sada převážně preferuje v této oblasti třídu „lesy, křovinné plochy a holá půda“. Při porovnání s CORINE vynikne opomíjení obdělávané půdy, která se nachází po celé jižní části. Umělé plochy, zastoupené vesnicemi Bedřichov a Hrabětice, jsou v případě ESA úplně ignorovány.



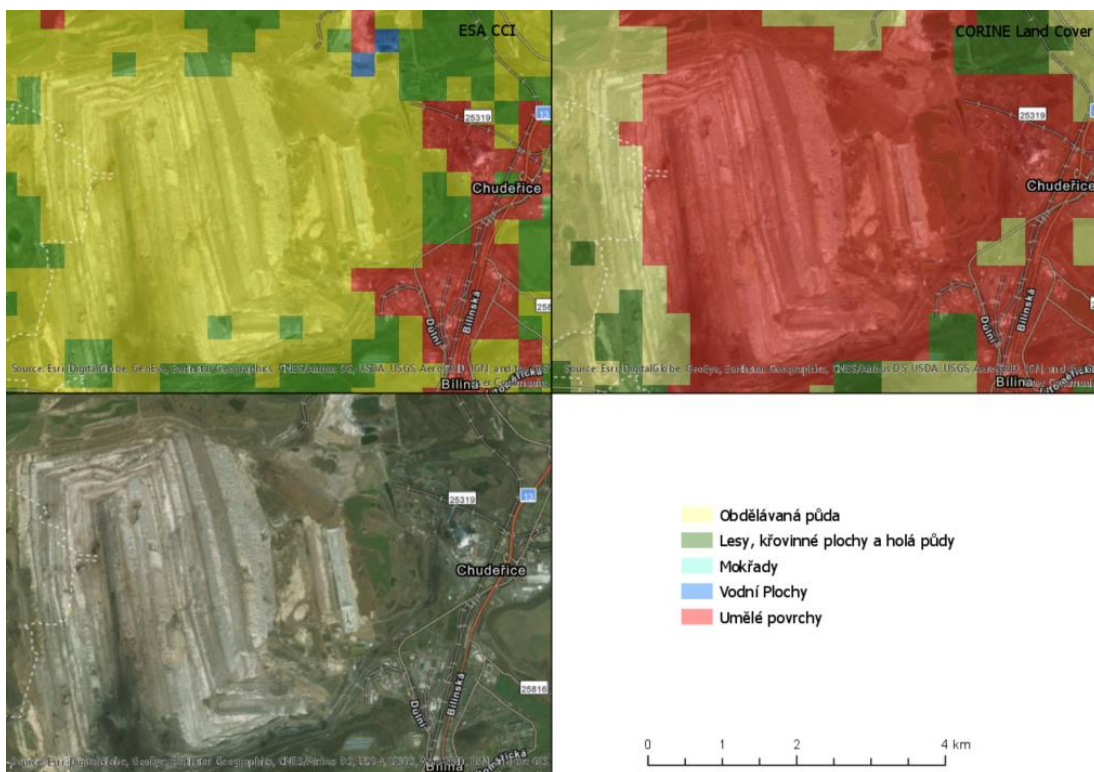
Obr. č. 7: Porovnání ortofoto snímků a datových sad ESA a CORINE.

V kategorizaci „mokřady“ se obě datové sady rozcházejí nejvíce, pro vzájemné porovnání byla vybrána oblast mokřadů v okolí Teplé Vltavy, viz obrázek č. 8. ESA de facto vynechala ústřední část území mokřadů a spíše se soustředila na okolní menší mokřady, které naopak v tomto případě příliš zvětšuje. Oproti tomu sada CORINE celkem věrně opisuje rozložení hlavních mokřadů v okolí řeky. Opět je zde vidět rozdílnost obou datových sad v pohledu na třídy „obdělávaná půda“ a „lesy, křovinné plochy a holá půda“. ESA v tomto porovnání ignoruje zemědělské plochy a je zřejmá předdefinovaná preference lesů.



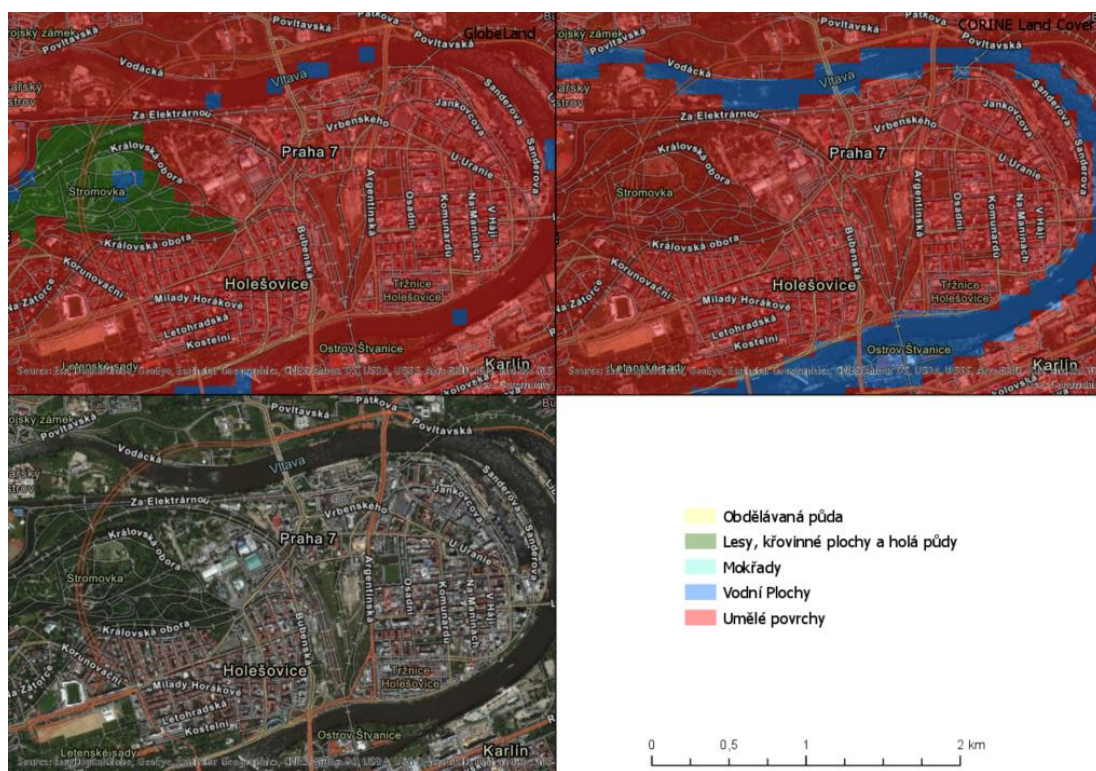
Obr. č. 8: Porovnání ortofoto snímků a datových sad ESA, CORINE a DIBAVOD.

Obě datové sady vykazují zajímavé rozdíly ve třídách „umělé povrchy“ a „obdělávaná půda“. Pro porovnání byl vybrán lom Bílina. Ze snímků na obrázku č. 9 je vidět, že ESA důl uchopuje jako obdělávanou půdu. CORINE lom správně vyhodnotila jako umělý povrch. Zajímavé je, že CORINE nezohlednila dvě odkaliště v severní části jako vodní plochy. ESA chybně označila louky ve východní části obrázku.



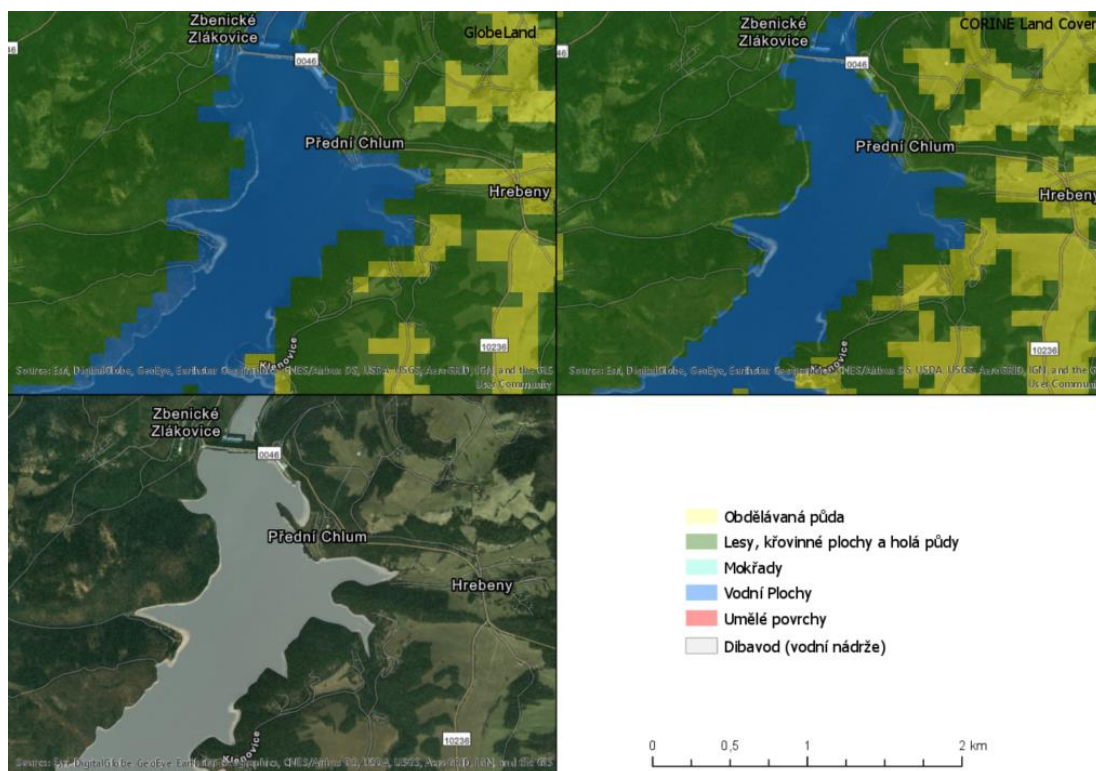
Obr č.9: Porovnání ortofoto snímků a datových sad ESA a CORINE.

V rozlišení 100 m byly odlišnosti datové sady CORINE (100) a GlobeLand ověřovány na území Prahy 7. Obrázek č. 10 názorně ukazuje, jak se liší v klasifikaci tříd „umělé povrchy“, „vodní plochy“ a „lesy, křovinné plochy a holá půda“. Je patrné, že sada GlobeLand evidentně nevyhodnotila vodní plochu Vltavy, ale na rozdíl od CORINE zachytila i jezírka ve Stromovce. Sada CORINE park Stromovka naprosto opomněla.



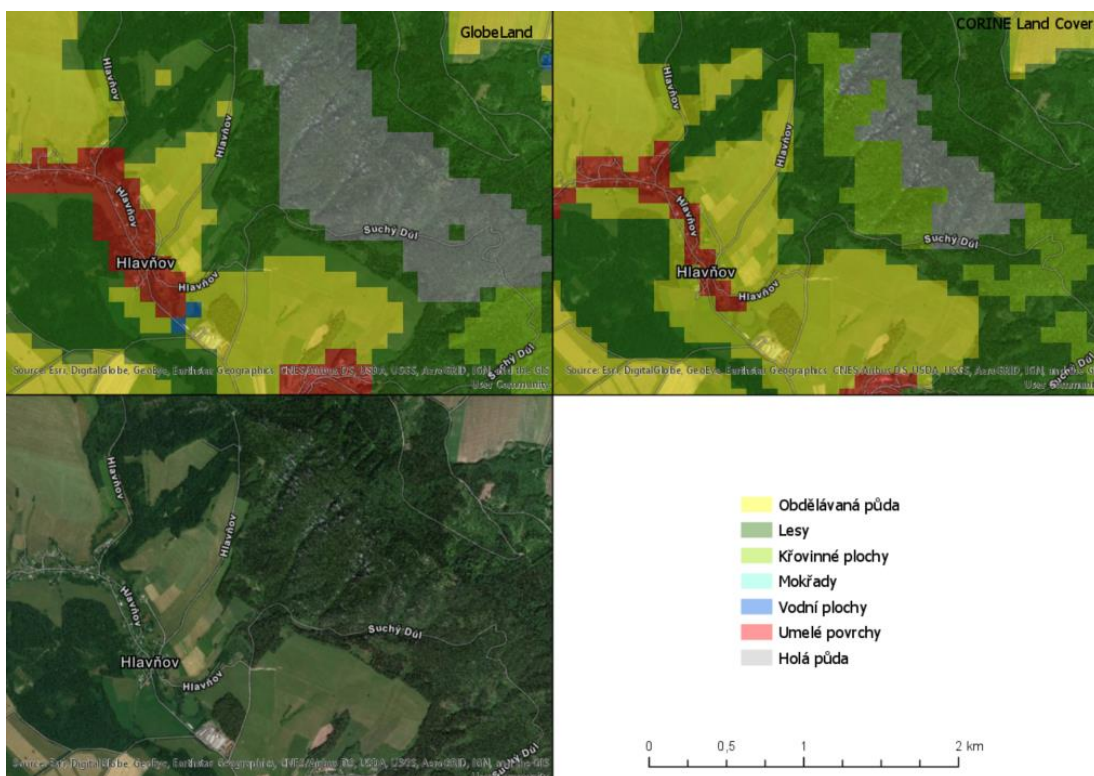
Obr. č. 10 Porovnání ortofoto snímků a datových sad CORINE a GlobeLand.

Velký rozdíl mezi klasifikací vodních ploch bylo užitečné ověřit pomocí datové sady DIBAVOD. Pro ověřování byla vybrána přehrada Orlík v místě hráze. Obrázek č. 11 poukazuje hlavně na rozdílnost uchopení vrstvy vodní plochy. Z obrázku je patrné, že CORINE mnohem lépe opisuje datovou sadu DIBAVOD. GlobeLand je v oblasti břehů celkově roztažený daleko mimo hladinu přehrady. Při pohledu na východní břeh přehrady je vidět, že CORINE i celkově lépe vykresluje území třídy „obdělávaná půda“, kterou zahrnuje větší měrou.



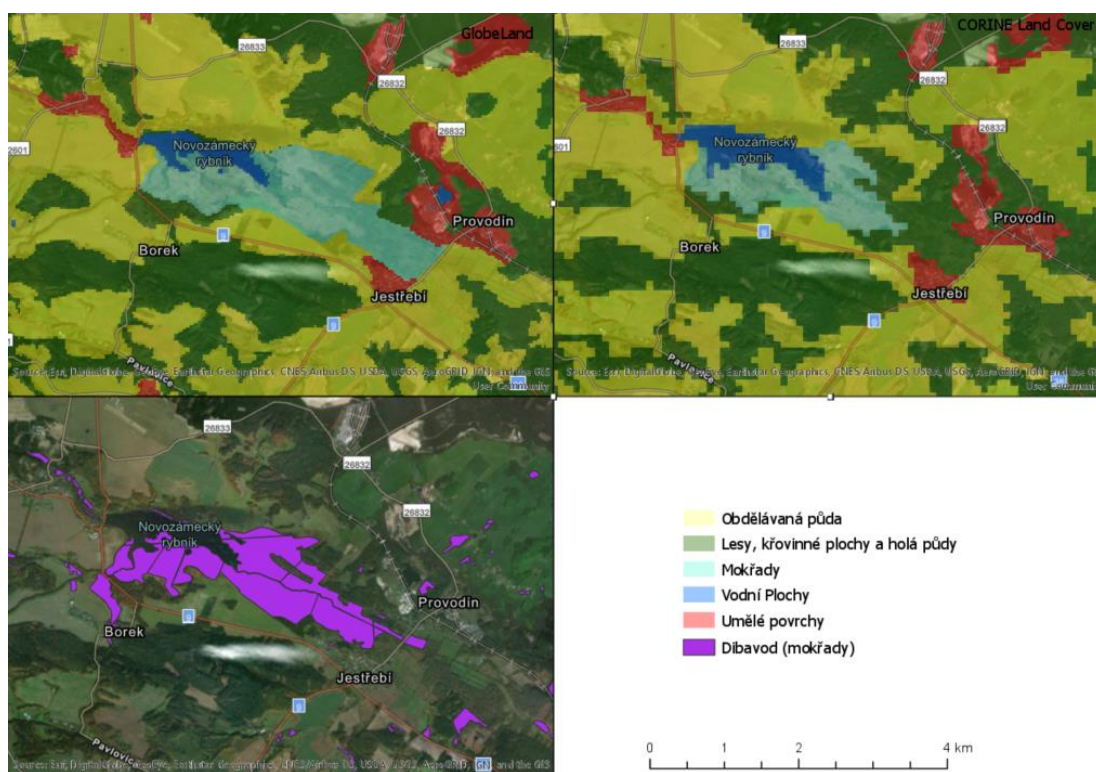
Obr. č. 11. Porovnání ortofoto snímků a datových sad GlobeLand, CORINE a DIBAVOD.

Pro ověření prostorového měřítka rozděleného na 7 tříd, byla vybrána vybraná část Broumovské stěny v okolí Police nad Metují. Obrázek č. 12 ukazuje rozdílnost pohledu hlavně na holou půdu, který se velmi lišil u obou datových sad. GlobeLand celou severovýchodní část oblasti klasifikuje jako „holá půda“, ale CORINE jí rozlišuje na „holá půda“ a „křovinné plochy“. V tomto případě se z reálně z větší části jedná spíše o holou půdu. Z obrázku je opět patrné, že CORINE více zohledňuje okolní obdělávanou půdu, kterou kopíruje věrohodněji, nicméně opět pomíjí „vodní plochy“ dvou rybníků v jihozápadní části obce. V pohledu GlobeLand je obec více roztažená a v západní oblasti, kterou už pokrývá z větší části les, dochází k chybné klasifikaci.



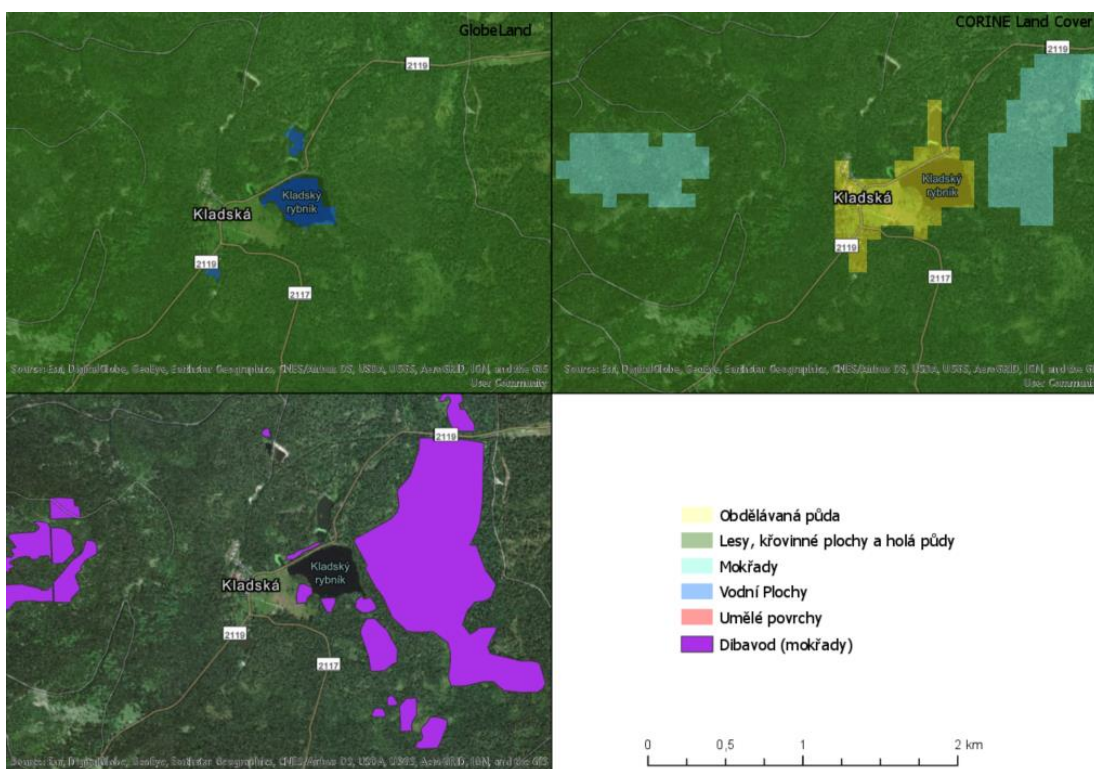
Obr. č.12: Porovnání ortofoto snímků a datových sad GlobeLand a CORINE .

V rozlišení 30 metrů byly porovnány datové sady GlobeLand a CORINE (100). Nejvíce se lišily ve třídách „mokřady“ a „vodní plochy“. Pro ověření byla vybrána oblast mokřadů v okolí Provodína. Obrázek č. 13 ukazuje komparaci zkoumaných datových sad s datovou sadou DIBAVOD. CORINE v tomto případě hůře usuzuje v rámci třídy „mokřady“, které směrem k jihovýchodu o nemalou část zkrátila. Oproti tomu GlobeLand hranice mokřadu vystihuje lépe, byť v severní oblasti zahrnul i část, která dle DIBAVOD již mokřadem není. CORINE opět nezachytila vodní plochu venkovského rybníka.



Obr. č. 13: Porovnání ortofoto snímků a datových sad GlobeLand, CORINE a DIBAVOD.

Možnost porovnat mokřady ukryté v lese tak, aby byly hůře změřitelné, nabídla oblast v okolí Kladské v okrese Cheb. Obrázek č. 14 ukazuje komparaci datových sad s DIBAVOD. CORINE třídu „mokřady“ zachytila dobře, i když ne úplně. GlobeLand místní mokřady naprosto nezaznamenal a zároveň vynechal malou část obdělávané půdy v okolí Kladské. Naopak oproti CORINE zaměřil 3 rybníky v oblasti, které srovnávaná sada vynechala.



Obr. č.14: Porovnání ortofoto snímků a datových sad GlobeLand, CORINE a DIBAVOD

6. Diskuze

Porovnání přesnosti a vypovídající hodnoty datových sad Landcover z roku 2000 (CORINE, GlobeLand a ESA) bylo provedeno popsáním způsobem. Všechny datové sady bylo nezbytné sjednotit do stejného souřadnicového systému. Pro práci s tematickým měřítkem byla potřebná jednotná klasifikace všech tříd, která byla převzatá z datové sady GlobeLand, čímž došlo k sjednocení na 5 a 7 tříd u všech datových sad. Pro zkoumání změn z pohledu prostorového měřítka bylo potřeba tzv. zhoršit do nižšího rozlišení datové sady GlobeLand 30 a CORINE 250. CORINE 100 bylo naopak polepšeno do vyššího rozlišení 30 metrů. Následně byly datové sady převedeny z rastrové vrstvy do bodů. Výsledky byly přepočteny chybovou maticí, pomocí které byla vyhodnocena přesnost klasifikace. Sporné výsledky byly následně ještě překontrolovány srovnáním s vodohospodářskou datovou sadou DIBAVOD a ortofoto snímky.

Tematické měřítko

Největší dopad změny tematického měřítka byl zaznamenán při porovnání datových sad ESA a CORINE (250). V měřítku rozděleném na 7 tříd dosáhla celková přesnost 39 %, pokud se měřítko upravilo na 5 tříd, tak se celková přesnost téměř zdvojnásobila na 75 %. Důvodem zlepšení je nízké zastoupení tříd, jakými jsou „holá půda“ a „křovinné plochy“ jejich sjednocením s třídou „lesy“ se hodnocení výrazně zlepšilo. Další třídou, u které v obou datových sadách markantně dochází ke zlepšení v rámci přechodu na 5 tříd, je „obdělávaná půda“. V případě tematického měřítka pro 7 tříd bylo ve výpočtu chybové matice u CORINE téměř 100 % třídy „křovinné plochy“ klasifikováno chybně. Po sloučení na 5 tříd se tento problém zlepšil a došlo k větší vzájemné shodě.

Změny tematického měřítka mezi sadami CORINE a GlobeLand v rozlišení 100 metrů ukazují rozdílnost celkové přesnosti lehce přes 1 %. Při posunutí měřítka na 5 tříd je změna zanedbatelná. Měřítka pro 7 tříd de facto ubírají na celkové přesnosti málo zastoupená třída „holá půda“ a větší rozdílnost obou datových sad při pohledu na „křovinné plochy“.

V tematickém měřítku v rozlišení 30 metrů se porovnával GlobeLand se zlepšeným CORINE a zaznamenal skvělé výsledky. Rozdílnost celkové přesnosti necelé 2 % mezi tematickými měřítky je téměř zanedbatelná. Datové sady mají celkově velmi dobrou shodu v rámci jednotlivých tříd, a proto je zde dopad změn tematického měřítka malý.

Podobná analýza s uplatněním změny tematického měřítka, byla popsána ve studii Brovelli a kol. (2015), v které se autoři zaměřili na 8 vybraných regionů napříč celým územím Itálie. Použili obdobný klasifikační přístup založený na 5 a 7 třídách tematického měřítka. Pro měřítka v 5 třídách dosáhli celkové přesnosti mezi 81 % až 92 % (pro porovnání - v této práci bylo ověřeno celková přesnost mezi CORINE a GlobeLand mezi 88 % až 93 %). Rozšířené měřítka autorům snížilo přesnost mezi 62 % a 81 % (v této práci činil pokles 86 % a 91 %). Celkově větší rozdíly mezi tematickými měřítky jsou způsobené jiným metodickým postupem, kdy autoři studie využívají funkci BUFFER, tzv. obalové zóny, a zároveň byl GlobeLand porovnán s různými regionálními mapami land coveru, které ani v rámci vybraných oblastí nebyly pořízeny ve stejných letech. Autoři sami upozorňují na obvyklé problémy s konfigurací dat a na skutečnost, že referenční data také mohou obsahovat chyby, které mohou způsobit zkreslení hodnocení přesnosti (Foody 2010). Výsledky práce Brovelli a kol. (2015) ukázaly celkově nejlepší shodu v rámci třídy „lesy a polopřirodní oblasti“, mírný pokles v přesnosti byl zjištěn v rámci třídy „umělé povrchy“. Největší neshody se vyskytly u třídy „mokřady“, kde autoři zdůrazňují malou četnost jejího zastoupení v rámci zkoumaných regionů.

Tato práce rovněž potvrdila soulad ve třídě „lesy, polopřirodní oblasti a holá půda“, ale nejlepší přesnost porovnávaných datových sad ověřila ve třídě „obdělávaná půda“. Pokles shody tříd „umělé povrchy“ a „vodní plochy“ je zde rovněž patrný. Klasifikace třídy „mokřady“ je sama o sobě složitá, v této práci situaci dále komplikovala menší četnost výskytu na zkoumaném území ČR. Je třeba souhlasit s tvrzením ve studii, provedené na italském území, že třídy se vyznačují proměnlivým chováním mezi jednotlivými oblastmi, což je zvláště výrazné pro třídy „mokřady“ a „vodní plochy“.

Testování změn tematického měřítka ukázalo, že v případě větší podrobnosti klasifikace se zvýší množství přidělení hodnot, zároveň ale vzroste i množství neshod. Nejlépe patrné se to v této práci ukázalo při porovnávání datových sad CORINE a ESA, kdy se spolu se změnou tematického měřítka obou sad projevila rozdílnost. Výsledek byl ovlivněn menším rozlišením ve 300 metrech, které poskytuje mnohem menší detaily. Další příčinou může být i zaměření ESA, která se primárně soustředí na důvody změny klimatu, a patrně proto sada na většině území preferuje třídu „lesy“ a „polopřirodní oblasti“.

Prostorové měřítko

Nejvíce zajímavé výsledky při porovnávání datových sad CORINE a GlobeLand v prostorovém měřítku přineslo rozlišení 30 a 100 metrů, pro které bylo nutné vždy provést úpravy potřebné ke komparaci.

Při porovnání v rozlišení 100 metrů zaznamenala tzv. zhoršená sada GlobeLand po převodu ze svého defaultního rozlišení snížení přesnosti ve všech třídách. Konkrétně nejvíce u třídy „vodní plochy“, kde přesnost klesla téměř o 20 %. Další propady přesnosti o 10 % zaznamenaly třídy „obdělávaná půda“ a „umělé povrchy“. Pokles kvality je způsoben převodem rastru do horšího rozlišení, při kterém dochází k zmenšení celkového počtu buněk. Hodnoty byly při transformaci přiřazeny podle funkce MAXIMUM_COMBINED_AREA, která bere jako prioritu největší plochu v hranicích buňky.

Celková shoda mezi CORINE a GlobeLand se v případě rozlišení 30 metrů zlepšila o téměř 5 % oproti nižšímu rozlišení. Výsledky celkové přesnosti jsou výborné, jejich kvalita se zlepšeným měřítkem jde ruku v ruce s detailností datové sady. V takto vysokém rozlišení se počet bodů v rastru oproti horšímu rozlišení znásobil více jak jedenáctkrát. To mělo příznivý vliv na výstupy, celé území je mnohem více detailnější a výsledky díky jemnější segmentaci dlaždic přináší výrazné zvýšení přesnosti v rámci vybraných kategorií. Díky jemnějšímu rozlišení zvládá GlobeLand lépe přechody mezi krajinnými pokryvy. Zlepšením rozlišení datové sady CORINE se zvýšila vzájemná shoda ve všech třídách, s výjimkou třídy „obdělávaná půda“, u které mírný pokles způsobilo její procentuální zastoupení v sadě GlobeLand v defaultním rozlišení 30 metrů. Výsledně se datové sady mnohem lépe shodují, díky celkově vyšší detailnosti.

Jokar Arsanjani a kol. (2016), porovnává GlobeLand se stávajícími datovými sadami na území Německa. Studie vzájemně posuzuje CORINE, GlobeLand, Open street map, Urban atlas a ATKIS. Všechny sady byly převedeny na výchozí rozlišení GlobeLand. Porovnání GlobeLand a CORINE zaznamenalo celkovou přesnost 92,5%, kde téměř všechny třídy vykázaly celkovou shodu nad 80 %. Výjimku tvoří třída „mokřady“, kde v rámci německého území je přesnost pod 30 %.

Tato práce dosáhla velice podobných výsledků jako německá studie, celková přesnost dosáhla 92,9 %. Při porovnání jednotlivých tříd „obdělávaná půda“, „lesy“ a „polopřírodní oblasti“ jsou výsledky na stejné hodnotě - přes 90 %. Třída „umělé povrchy“ dosáhla shodně u obou sad hodnot přesnosti přes 80 %, na německém území o 2 % přesněji než v ČR. Úspěšnost klasifikace třídy „vodní plochy“ je v případě Německa 70 %, v Česku dokonce 76 %. Ve vyhodnocení třídy „mokřady“

je v SRN výsledek oproti území České republiky také horší, dosahuje 44 %. Jocar Arsanjani a kol. (2016) uvádí i příklad v blízkosti hranic s ČR, kde ve východní části Německa označuje GlobeLand zkoumanou oblast jako „mokřady“, zatímco CORINE oblast označuje jako mix tříd „obdělávaná půda“ a „vodní plochy“. Podobně v západní části Německa označuje CORINE místa těžby nerostů jako „umělé povrchy“ v souladu s ortofoto snímky, ale sada GlobeLand území klasifikuje jako „lesy“ a „polopřirodní oblasti“. Při porovnání vodních ploch severozápadního pobřeží Německa CORINE oblast označil jako „mokřady“ a GlobeLand adekvátně jako „vodní plochy“. Příčinou mohou být chyby v provedené klasifikaci, změny povrchu, dané rozdílem mezi časovým pořízením snímků a jejich kombinací, nebo nesprávné zařazení přechodů na okrajích polygonů – pixelů.

Ověřování klasifikace tříd

Pro další analýzu, provedenou s datovou sadou ESA, bylo potřebné zkontrolovat zachycení land coveru ve vybrané oblasti podle její vlastní defaultní klasifikace. Na příkladu výsledků z oblasti Jizerských hor je zřejmá preference sady klasifikovat většinu zkoumaného území jako „lesy“. Nerozlišené zůstaly i „umělé povrchy“, které bývají v případě malých vesnic opomenuty. Nejzajímavější je porovnání v území některých lomů, které ESA v rámci své klasifikace hodnotí jako louky, holou půdu, pole a místy řídké porostlou krajinu. Přitom správně by oblast měla být klasifikována jako „umělé povrchy“.

Označování třídy „holá půda“ ukázalo totální neshodu porovnávaných datových sad. CORINE označil správně například holou půdu v CHKO Broumovsko, kde ESA označila celou oblast jako „lesy“. Analyzováním území ČR bylo zjištěno, že ESA označuje jako holou půdu jenom určité lomy, které jsou v rámci CORINE vyhodnoceny jako „umělé povrchy“. Neshodu patrně způsobuje celkově enviromentální zaměření datové sady ESA, které se primárně zaměřuje na posuzování změn klimatu a nezkoumá tolik do detailu například zmiňované umělé povrchy.

Ověření výsledků mezi GlobeLand a CORINE rovněž ukázalo největší rozdílnosti v třídě „holá půda“, pro kterou byla vybrána oblast Broumovských skal. Ke zkvalitnění komparace s defaultní klasifikací byla využita datová sada CORINE s tzv. vylepšenou sadou, ale pohled nepřinesl výrazné změny. Samotná oblast byla klasifikována úplně identicky. Při ohledání oblasti a nalezení menších holých ploch byla zjištěna snížená schopnost GlobeLand rozlišovat místa holé půdy, ověřená i v oblasti Sněžky, kde se tato třída vyskytuje celkem prokazatelně. Po plošné analýze území Česka bylo nakonec zjištěno, že holá půda je sadou GlobeLand evidována jen

v jediném případě. Problémem může být nastavení výchozí konfigurace systému GlobeLand, který se opírá primárně o „triviálnější“ klasifikaci do 10 tříd, která není tak členitá jako třídnic v evropském CORINE. Ve sporných oblastech proto nemá tolik variant přiřazení konkrétních tříd ke krajinnému pokryvu. CORINE má díky své klasifikaci, rozdělené až na 44 tříd, více možností určit odpovídající klasifikaci krajinného pokryvu, který se na zkoumaném území nachází.

Jako nejvíce komplikované pro všechny tři datové sady se ukázalo zpracování kategorie „mokřady“. Při ověřování výsledků pomocí DIBAVOD je viditelná shoda datových sad CORINE a GlobeLand v případě velkých mokřadů, ale menší mokřady už bývají opomíjené všemi porovnávanými sadami, byť diferencovaně. Nejlépe si v tomto případě stojí „domácí“ CORINE, která například v oblasti Třeboňska citlivěji vymezuje zkoumanou třídu. Ale mokřadní části u Vrbenských rybníků na Českobudějovicku nebo při soutoku Moravy a Dyje správně neidentifikovala ani jedna posuzovaná sada. Na špatné vyhodnocování v kategorii mokřady upozornili Ian McCallum a kol. (2005), kdy autoři článku narazili na stejný problém. Kvalitu datových sad by jistě pomohlo navýšit užívání lokálních bází geografických dat pro dané země, jakou je například v České republice ZABAGED, pokud jsou k dispozici.

Umělé povrchy byly testovány na výsledcích v okolí pražských Holešovic. V měřítku 100 metrů zde GlobeLand označila Vltavu z velké části jako „umělý povrch“. Sada CORINE naopak úplně opomenula celý park Stromovka. Pokud se na oblast podíváme v rozlišení 30 metrů, tak zde GlobeLand výsledně dosahuje výrazně lepších výsledků, právě v identifikaci řeky jako „vodní plochy“, kde takto klasifikuje i úzkou část plavebního kanálu Vltavy za Císařským ostrovem a za ostrovem Štvanice. Příkladně byla vyznačena řeka v Holešovickém přístavu. U sady CORINE v tomto porovnání není patrný rozdíl mezi nižším a vyšším rozlišením. Naopak pohled na zeleň ve městě je mnohem detailnější ve výchozí klasifikaci tříd CORINE, než prostřednictvím GlobeLand. Kromě zmiňované Stromovky tato sada označuje jako městskou zeleň i Letenské sady, Chotkovy sady a Královskou zahradu. Detailnější je i pohled na defragmentaci urbanizovaného území, které je kategorizované na průmyslové a obytné části. Jsou tak zřejmé rozdíly a vyvstávají silné a slabé stránky obou datových sad. Zachycení řeky včetně jednotlivých jezírek v parku Stromovka je velmi přesné v datové sadě GlobeLand, která v rámci třídy „vodní plochy“ při rozlišení 100 metrů (o to více v rámci rozlišení 30 metrů) dominuje. Na druhou stranu postrádá kategorizaci v menších místech zástavby a zeleně (ostrov Štvanice je celý označený jako vodní plocha). Hlavním důvodem, proč GlobeLand dosahuje lepších výsledků například v úzkých vodních plochách, je vyšší rozlišení, kdy datová sada díky větší detailnosti dokáže lépe označovat přechodová místa mezi třídami. Překlasifikovaná

sada CORINE je při porovnání v nevýhodě. Pokud ale zkoumáme například území Prahy ve výchozí klasifikaci 44 tříd, tak v tu chvíli je vidět rozdílnost obou datových sad, a CORINE ukazuje sílu svého kontinentální zaměření.

7. Závěr

Tato práce zhodnotila a porovнала datové sady krajinného pokryvu s cílem posouzení jejich přesnosti a vypovídací hodnoty na území České republiky. Jako referenční sada posloužila evropská CORINE, která byla porovnána s čínským globálním produktem GlobeLand a doplňkově také s evropským zástupcem globálního datového setu ESA. Míra dosahované shody byla poměrně vysoká, současně se však ukázalo, že každá ze zkoumaných sad má své silné a slabé stránky podle konkrétního vzorku území a vhodnosti užívané kategorizace. To podtrhuje důležitost zohlednění zejména uživatelské přesnosti jednotlivých tříd pro segmentaci. Analyzování výsledků na území České republiky pomocí ortofoto snímků a digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD ukázalo rozdílnou kvalitu výstupů všech tří srovnávaných datových sad v dané kategorizaci, nejvíce v mokřadní oblasti. Pro dosažení téměř absolutní shody mezi datovým a skutečným krajinným pokryvem by byla optimální kombinace všech datových sad včetně využití místních geografických služeb typu DIBAVOD, ale s nepřiměřeně složitými postupy, časovou náročností a nákladností vzhledem k různým zájmům koncových uživatelů nebo zadavatelů.

Zajímavé poznatky zaznamenala tato práce při sledování vlivu změn tematického měřítka na celkové výsledky i mezi evropskými sadami krajinného pokryvu. Například velké odchylky byly zjištěny při porovnání sad ESA a CORINE v rozlišení 300 metrů. Klasifikace rozdělená na 5 nebo 7 tříd vykazovala až dvojnásobné rozdíly v přesnosti hodnocení, zúžení na menší počet tříd na sporných místech vedlo k významně lepší shodě. Naproti tomu rozdíly mezi CORINE a čínským GlobeLand nebyly v případě tematické změny měřítka markantní a lze je dokonce označit za velmi malé, kdy přesnost lehce klesá s větším množstvím tříd užitých pro tematickou klasifikaci. Změny v rámci prostorového měřítka mezi sadami CORINE a GlobeLand byly také minimální. Na výsledcích se de facto projeví kvality datové sady GlobeLand, jejíž výsledky jsou srovnatelné s CORINE a liší se převážně jen v detailech.

GlobeLand jako globální mapa land cover s vysokým rozlišením vstoupila do centra pozornosti teprve nedávno, jako ekvivalent pro zavedenější a dlouhodobě rozvíjené datové sady, reprezentované na evropském kontinentě programem CORINE. Čínská sada je levnější alternativou, výsledky jsou přitom překvapivě velice dobré. GlobeLand v porovnání s jinými globálními, ale i regionálními landcover mapami představuje konkurenceschopný produkt. Užitečné uplatnění může a nachází při komparaci a zpřesňování dosud užívaných datových sad. Jeho největší potenciál pak leží v monitorování a analyzování krajinného pokryvu zejména v rozvojových zemích,

které dosud nemají k dispozici žádné nebo jen méně kvalitní landcover mapy, které by jim umožnily dlouhodobě sledovat změny v krajině na vlastním území a v širších globálních souvislostech.

8 Použitá literatura a zdroje

Knihy:

ANDERSON, J.R., E.E. HARDY, J.T.ROACH, R.E.WITMER, 1976: *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Washington: U.S. Government Printing Office. iii, 28 p. Geological Survey Professional Paper 964

Dostupné z: <https://pubs.usgs.gov/pp/0964/report.pdf>

CONGALTON, R. G., GREEN, K., 1999: *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. Boca Raton: Lewis Publishers. 137 s. Mapping sciences series. ISBN 0-87371-986-7

CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. Prepared by M. Bossard, J. Feranec and J. Otahel . EEA [on line]. ©2000 [cit. 2018-04-10].

Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>

FERANEC, J. et al., 2016 *European landscape dynamics: CORINE land cover data*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group. xxix, 337 stran. ISBN 978-1-4822-4466-3.

GEIST, H., LAMBIN, E. F., [eds.] 2006: *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Berlin: Springer. xviii, 222 s. ISBN 3-540-32201-9.

GIRI, Ch. P., [ed.] 2012: *Remote sensing of land use and land cover: principles and applications*. Boca Raton: CRC Press. xx, 425 s., [32] s. obr. příl. ISBN 978-1-4200-7074-3.

CHANDRA, A.M., GHOSH, S.K., 2015. Remote sensing and geographic information system. 2. ed. Oxford : Alpha Science International. 310 s. ISBN 978-1-84265-970-0

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. a CHIPMANN, J. W., 2015: *Remote sensing and image interpretation*. Seventh edition. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc. xii, 720 stran. ISBN 978-1-118-34328-9.

LUKA, V., J. MERTL, H. PERNICOVÁ, T. PONOCNÁ, L. REJENTOVÁ, M. ROLLEROVÁ, Z. STEIN, V. VLČKOVÁ, 2017: *Vývoj krajinného pokryvu dle CORINE Land Cover na území ČR v letech 1990-2012*. 1. vydání. Praha: CENIA. 30 s. ISBN 978-80-87770-28-3. Dostupné také z: http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Vyvoj_krajinneho_pokryvu_CORINE_Land_Cover_CR_1990-2012.pdf

MEYER, W., TURNER, B. L., [eds.] 1994: *Changes in land use and land cover: a global perspective*. Cambridge [England]: Cambridge University Press. xi, 537 s. ISBN 0-521-47085-4.

PARECE, T. E., MCGEE, J. A. a CAMPBELL, J. B., 2017: *Remote sensing analysis in an ArcMap environment*. 2nd edition. [Blacksburg, VA]: Virginia View. 267 s. ISBN 978-1-5497-9611-1.

PAVELKA, K., 2010: *Dálkový průzkum Země - družicové systémy*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. 116 s. ISBN 978-80-01-04628-9.

TYMKÓW P., 2009. Application of photogrammetric and remote sensing methods for identification of resistance coefficients of high water flow in river valleys. Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego. 101 s. ISBN 978-83-7717-006-9
dostupná také z: <http://www.dbc.wroc.pl/dlibra/doccontent?id=19008>

WEGMANN, M., LEUTNER, B. a DECH, S., eds., 2016: *Remote sensing and GIS for ecologist: using open source software*. Exeter: Pelagic Publishing, xviii, 333 stran. Data in the wild. ISBN 978-1-78427-022-3.

Články:

BIAGI, L., M. NEGRETTI, 2015: New Approach to the Polygons Rasterization in GRASS.[online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n2/articoli/lbmn.pdf>

BLAAUW, F.J., H.M. SCHENK, B.F. JERONIMUS, L. VAN DER KRIEKE, P. DE JONGE et al., 2016. Let's get Physiqual - An intuitive and generic method to combine sensor technology with ecological momentary assessments. *Journal of*

Biomedical Informatics [online]. **63**(Octobre), s. 141-149. [cit. 2019-04-12]. ISSN 1532-0464 <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.08.001>

dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046416300788?via%3Dihub>

BOGOLIUBOVA, A., P. TYMKOW, 2014: Accuracy assessment of automatic image processing for land cover classification of St. Petersburg protected area.. *Acta Scientiarum Polonorum: Geodesia et Descriptio Terrarum* [online].

13(1/2), 5-22 [cit. 2018-04-16]. ISSN 16440668. Dostupné z:

[https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8eff476e-c9b7-43c3-a566-](https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8eff476e-c9b7-43c3-a566-724896da62c1/c/bogolubova_tymkow_acuracy_acta_scientiarum_vol.13_nr_1-2.pdf)

[724896da62c1/c/bogolubova_tymkow_acuracy_acta_scientiarum_vol.13_nr_1-2.pdf](https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-8eff476e-c9b7-43c3-a566-724896da62c1/c/bogolubova_tymkow_acuracy_acta_scientiarum_vol.13_nr_1-2.pdf)

BONTEMPS, S., P. DEFOURNY, J. RADOUX, E. VAN BOGAERT, C. LAMARCHE et al., 2013: Consistent Global Land Cover Maps For Climate Modelling Communities: Current Achievements Of The ESA' Land Cover CCI. *ESA Living Planet Symposium, Proceedings of the conference held on 9-13 September 2013 at Edinburgh in United Kingdom. ESA SP-722. 2-13* [online]. [cit. 2019-04-12]

dostupné z: https://ftp.space.dtu.dk/pub/loana/papers/s274_2bont.pdf

BROVELLI, M.A., M.E. MOLINARI, E. HUSSEIN, J. CHEN, R. LI. 2015: The First Comprehensive Accuracy Assessment of GlobeLand30 at a National Level: Methodology and Results. *Remote Sensing*, [online]. **7**(4), 4191-4212 [cit. 2018-04-15]. ISSN 2072-4292. doi: 10.3390/rs70404191. Dostupné z:

<http://www.mdpi.com/2072-4292/7/4/4191/htm>

CAO, X., CHEN, J., CHEN, L. J. a kol., 2014: Preliminary analysis of spatiotemporal pattern of global land surface water. *Science China: Earth Sciences* [online]. **57**(10), 2330–2339 [cit. 2018-04-15].

doi: 10.1007/s11430-014-4929-x Dostupné z:

https://www.researchgate.net/profile/Jun_Chen141/publication/271659998_Preliminary_analysis_of_spatiotemporal_pattern_of_global_land_surface_water/links/56c48fd208aeeffa9e5bd56.pdf

COLE, S., 2015: NASA - USGS. *Begin Work on Landsat 9 to Continue Land Imaging Legacy*. In: NASA [on line]. Release April 16, 2015, updated Aug. 7, 2017, [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/press/2015/april/nasa-usgs-begin-work-on-landsat-9-to-continue-land-imaging-legacy>

DEFOURNY, P., L. SCHOUTEN, S. BARTALEV, S. BONTEMPS et al., 2009: Accuracy assessment of a 300 m global land cover map: The GlobCover experience. *Proceedings of the 33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment (Stresa (Italy))* [online]. [cit. 2019-04-12]. dostupné z: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/14725>

DIAZ-PACHECO, J., J. GUTIÉRREZ, 2014: Exploring the limitations of CORINE Land Cover for monitoring urban land-use dynamics in metropolitan areas. *Journal of Land Use Science* [online]. **9**(3), 243-259 [cit. 2018-04-15]. ISSN 1747423X. doi: 10.1080/1747423X.2012.761736.

ELLIS, E., R. PONTIUS, 2013.: Land-Use and Land-Cover Change. In: *Encyclopedia of Earth* [online]. Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. ©2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Land-use_and_land-cover_change

FEDDEMA, J. J., K.W. OLESON, G.B. BONAN, L.O. MEARNNS, L.E. BUJA, G.A. MEEHL, W.M. WASHINGTON, 2005: The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates. *Science* [online]. **310**(5754), 1674–1678 [cit. 2018-04-1.]. doi:10.1126/science.1118160. Dostupné z: <http://www.sysecol2.ethz.ch/Refs/EntClim/F/Fe061.pdf>

FERANEC, J., G. HAZEU, S. CHRISTENSEN, G. JAFFRAIN, 2007: *CORINE land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia)*. *Land Use Policy* [online]. **24**, 234–247 [cit. 2018-04-12] . ISSN 0264-8377. doi:10.1016/j.landusepol.2006.02.00.

FERANEC, J. , G. JAFFRAIN, T. SOUKUP, G. HAZEU. 2010: Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover

data. *Applied Geography* [online]. **30**(1), 19-35 [cit. 2018-04-15]. ISSN 01436228. doi: 10.1016/j.apgeog.2009.07.003.

FOODY, G. M., 2013: Ground reference data error and the mis-estimation of the area of land cover change as a function of its abundance. *Remote Sensing Letters* [online]. **4**(8), 783-792 [cit. 2018-04-16]. ISSN 2150704X. doi: 10.1080/2150704X.2013.798708. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2150704X.2013.798708>

FRITZ, S., L. SEE, I. MCCALLUM a kol. 2015: Mapping global cropland and field size. *Global Change Biology* [online]. **21**(5), 1980-1992 [cit. 2018-04-16]. ISSN 13541013. doi: 10.1111/gcb.12838. Dostupné z: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11471/1/Mapping%20global%20cropland%20and%20field%20size.pdf>

GREKOUSIS, G., G. MOUNTRAKIS, M. KAVOURAS, 2015: [An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products](#). *International Journal of Remote Sensing* [online]. 2015, **36** (21), 5309-5335 [cit. 2018-04-12]. ISSN 1366-5901. doi: 10.1080/01431161.2015.1093195. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Giorgos_Mountrakis/publication/283449290_An_overview_of_21_global_and_43_regional_land-cover_mapping_products/links/564ba1e508ae3374e5ddc7fe/An-overview-of-21-global-and-43-regional-land-cover-mapping-products.pdf

HANSEN, M. C. , B. REED, 2000: A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1 km global land cover products. *International Journal of Remote Sensing* [online]. **21**(6), 1365-1373 [cit. 2018-04-16]. ISSN 1366-5901. doi: 10.1080/014311600210218. Dostupné z: http://ftp.glcf.umd.edu/library/pdf/iirs21_p1365.pdf

HUGHES, J. R. 2012: *Celebrating 40 Years of Landsat!* In: Earth Imaging Journal [on line]. July 19, 2012, [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://ejournal.com/print/articles/celebrating-40-years-years-of-landsat>

CHEN, J., X. CAO, S. PENG, H. REN, 2017: Analysis and Applications of GlobeLand30: A Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online].

6(8), 1-17 [cit. 2018-04-12]. ISSN 22209964. doi: 10.3390/ijgi6080230. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/f947/6146346ed8bc15af852fbab297200739a323.pdf>

CHEN, J., J. CHEN, A. LIAO, X. CAO, L. CHEN, X. CHEN, C. HE, G. HAN, S. PENG, M. LU,

W. ZHANG, X. TONG, J. MILLS, 2015: Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry* [online]. **103**, 7-27 [cit. 2018-04-12]. ISSN 09242716. doi:

10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614002275>

JOKAR ARSANJANI, J., L. SEE a A. TAYYEBI, 2016: Assessing the suitability of GlobeLand30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth* [online]. **9**(9), 873-891 [cit. 2018-04-15]. ISSN 17538947. doi:

10.1080/17538947.2016.1151956. Dostupné z:

<http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/12328/1/Assessing%20the%20suitability%20of%20GlobeLand30.pdf>

LI, W., N. MacBEAN, P. CIAIS, P. DEFOURNY, C. LAMARCHE et al., 2018: Gross and net land cover changes in the main plant functional types derived from the annual ESA CCI land cover maps (1992–2015). *Earth System Science Data* [online]. **10**(1), s. 219-234. [cit. 2019-04-12].

ISSN 1866-3516

dostupné z: <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/627050/essd-10-219-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LIU, C., P. FRAZIER, L. KUMAR 2007: Comparative assessment of the measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment* [online]. **107**(4), 606-616 [cit. 2018-04-17]. ISSN 00344257. doi: 10.1016/j.rse.2006.10.010.

Dostupné z:

<https://pdfs.semanticscholar.org/e778/483585643c00473813ce65e7713f18841e78.pdf>

LOVELAND, T., B. C. REED, J. F. BROWN, D. O. OHLEN, Z. ZHU, L. YANG, J. W. MERCHANT, 2000: Development of a Global Land Cover Characteristics Database and IGBP DISCover from 1-km AVHRR Data. *International Journal of Remote*

Sensing [online]. **21**(6-7) 1303–1330 [cit. 2018-04-12] . ISSN 1366-5901.
doi:10.1080/014311600210191.

Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311600210191>

LU, D., Q. WENG, 2007: A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing* [online]. **28**(5), 823-870 [cit. 2018-04-12]. ISSN 1366-5901. doi: 10.1080/01431160600746456.

Dostupné z:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160600746456?scroll=top&needAccess=true>

MANAKOS, I., K. CHATZOPOULOS-VOUZOGLANIS, Z.I. PETROU, L. FILCHEV, A. APOSTOLAKIS, 2014: Globalland30 Mapping Capacity of Land Surface Water in Thessaly, Greece. *Land*, [online]. **4**(1), 1-18 [cit. 2018-04-15]. ISSN 2073445X. doi: 10.3390/land4010001. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2073-445X/4/1/1/html>

NEUMANN, K., M. HEROLD, A. HARTLEY ,C. SCHMULLIUS, 2007: Comparative assessment of CORINE2000 and GLC2000: Spatial analysis of land cover data for Europe. *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation* [online]. **9**(4), 425-437 [cit. 2018-04-15]. ISSN 03032434. doi: 10.1016/j.jag.2007.02.004. Dostupné z:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44988348/Comparative_assessment_of_CORINE2000_and20160422-24873-1e1l5rl.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523970765&Signature=oQNf%2FLOXce7kpN9%2BhznEKfhQXv8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DComparative_assessment_of_CORINE2000_and.pdf

OLOFSSON, P., G. M. FOODY, M. HEROLD, S.V. STEHMAN, C.E. WOODCOCK ,M. A. WULDER, 2014: Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* [online]. **148**, 42-57 [cit. 2018-04-15]. ISSN 00344257 doi: 10.1016/j.rse.2014.02.015.. Dostupné z:

http://eprints.nottingham.ac.uk/44846/1/Olofsson_good%20practices.pdf

PEKKARINEN, A., L. REITHMAIER, P. STROBL, 2009: Pan-European forest/non-forest mapping with Landsat ETM+ and CORINE Land Cover 2000 data. *ISPRS*

Journal of Photogrammetry and Remote Sensing[online]. **64**(2), 171-183 [cit. 2018-04-15]. ISSN 09242716. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2008.09.004.

PÉREZ-HOYOS, A., F.J. GARCÍA-HARO a J. SAN-MIGUEL-AYANZ, 2012: Conventional and fuzzy comparisons of large scale land cover products: Application to CORINE, GLC2000, MODIS and GlobCover in Europe. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. **74**, 185-201 [cit. 2018-04-15]. ISSN 09242716. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2012.09.006. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/236142564_Conventional_and_fuzzy_comparisons_of_large_scale_land_cover_products_Application_to_CORINE_GLC2000_MODIS_and_GlobCover_in_Europe

PRINGLE, M.J., M. SCHMIDT a J.S. MUIR, 2009. Geostatistical interpolation of SLC-off Landsat ETM+ images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. **64**(6), 654-664 [cit. 2018-04-17]. ISSN 09242716. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2009.06.001. Dostupné z: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41188313/Geostatistical_interpolation_of_SLC-off_20160115-14672-guv074.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523955067&Signature=1KP%2FiWczsB1f0bq6lfsgxhq7q1k%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGeostatistical_interpolation_of_SLC-off.pdf

ROSENFELD, G. H., K. FITZPATRICK-LINS, 1986: A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering* [online]. **52**(2), 223-223 [cit. 2018-04-16]. ISSN 00991112. Dostupné z: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1986journal/feb/1986_feb_223-227.pdf.

SELLERS, P. J., C. J. TUCKER, G. J. COLLATZ, S. O. LOS, C. O. JUSTICE, D. A. DAZLICH, D. A. RANDALL, 1994: A global 1° by 1° NDVI data set for climate studies. Part 2: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI. *International Journal of Remote Sensing* [online]. **15**(17), 3519-3545 [cit. 2018-04-15]. ISSN 01431161. doi.org/10.1080/01431169408954343

STEHMAN, S. V., 2013: Estimating area from an accuracy assessment error matrix. *Remote Sensing of Environment* [online]. **132**, 202-211 [cit. 2018-04-16]. ISSN 00344257. doi: 10.1016/j.rse.2013.01.016.

ŠTYCH, P., J. LAŠTOVIČKA, D. PALUBA, 2019: Změny české krajiny okem družic. *Vesmír*.

98(4), s. 218-221. ISSN 1214-4029

THOMLINSON, J.R., P. V. BOLSTAD a W.B. COHEN 1999. Coordinating Methodologies for Scaling Landcover Classifications from Site-Specific to Global. Steps toward Validating Global Map Products. *Remote Sensing of Environment* [online]. **70**(1), 16-28 [cit. 2018-04-17]. ISSN 00344257. doi: 10.1016/S0034-4257(99)00055-3. Dostupné z:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/6067934/d211_1_thomlinson_etal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523965363&Signature=syMzqtFvXOo774SNmD54kMr1V%2Fg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCoordinating_methodologies_for_scaling_l.pdf

YAN, W., A. SHAKER, N. E. ASHMAWY, 2015.: Urban Land Cover Classification Using Airborne Lidar Data: A Review. *Remote Sensing of Environment* [online]. **158**, 295–310 [cit. 2018-04-16]. doi:10.1016/j.rse.2014.11.001. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/profile/Wai_Yeung_Yan/publication/268215215_Urban_land_cover_classification_using_airborne_LiDAR_data_a_review/links/59d7e74daca272e6095f8d85/Urban-land-cover-classification-using-airborne-LiDAR-data-a-review.pdf

ZHANG, H.K., D.P. ROY, 2017: Using the 500 m MODIS land cover product to derive a consistent continental scale 30 m Landsat land cover classification. *Remote Sensing of Environment* [online]. 197, s. 15-34. [cit. 2019-04-12].

doi.org/10.1016/j.rse.2017.05.024 ISSN 0034-4257

dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302249>

Elektronické zdroje:

AOPK ČR. Národní přírodní rezervace Novozámecký rybník. AOPK [online].

© 2018. Dostupné z: <http://kokorinsko.ochranaprirody.cz/mzchu/npr-novozamecky-rybnik/>

ARCDATA. Družice SPOT. ARCDATA [online]. © [2015]. [cit. 2018-04-12].

Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/druzicova-data/spot>

Argis. CORINE Land Cover map. ArcGIS [on line]. Copenhagen: EEA, 2012 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=6866b2f3a44c4ee3bde8edd1b0782fb2>

Copernicus. CORINE Land Cover. Copernicus [on line]. ©2018 [cit. 2018-04-10].

Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/CORINE-land-cover/view>

EEA. CORINE Land Cover. EEA [on line]. ©1995 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

<https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover/>

EEA. CORINE Land Cover. EEA [on line]. ©2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/land-cover-2006-and-changes-1/europe/CLC_V16_raster_250_3.eps.75dpi.gif

ESA. Earth Observation Portal. Evropská kosmická agentura (European Space Agency- ESA) [online]. © 2000-2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

<https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/h/hj-1>

ESA. Earth Observation Portal. *Landsat-1 to 3*. Evropská kosmická agentura (European Space Agency - ESA) © 2000-2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-1-3>

ESA. Earth Observation Portal. *SPOT*. Evropská kosmická agentura (European Space Agency - ESA) [online]. © 2000-2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z:

<https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/spot>

ESA. Space in Images: *Venice as seen by Spot-4 Satellite 06*. ESA [online].

© 2000-2018 [cit. 2018-04-10]. dostupné z:

http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2006/06/Venice_as_seen_by_Spot-4_satellite

GISAT. *Spot. Gisat* [online]. © [2018]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/spot>

GlobeLand30. *GlobeLand30* [online]. ©2008-2016 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.globallandcover.com/home/Enbackground.aspx>

NASA. *Landsat 8 - Operational Land Imager*. NASA [on line]. © 2017-08-04 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/content/landsat-8-instruments>

National Learning Network for Remote Sensing. *The Return Beam Vidicon and the Multi-Spectral Scanner*. University of Paisley [online]. © 1997, updated and validated 1999-10-25. [cit. 2018-04-10] Dostupné z: <http://www.nln.geos.ed.ac.uk/courses/english/frs/f4300/f4300010.htm>

USGS. Land Remote Sensing Image Collections. USGS [online]. ©2017-12-08 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://remotesensing.usgs.gov/gallery/gallery.php?cat=7#602>

USGS. *Landsat—Earth Observation Satellites*. [online]. Fact Sheets 2012 and 2013. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf>

USGS. *The Landsat Thematic Mapper*. USGS [on line]. © 2018. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>

9 Přílohy

Příloha 1 Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 30 metrů

Příloha 2 Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 30 metrů

Příloha 3 Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 100 metrů

Příloha 4 Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 100 metrů

Příloha 5 Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 300 metrů

Příloha 6 Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 300 metrů

10 Seznam zkratk

LC	Land Cover
CLC	CORINE Land Cover
NASA	National Aeronautics and Space Administration
TM	Thematic Mapper
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
USGS	United States Geological Survey
GLC	GlobeLand cover
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DPZ	Dálkový průzkum země

Globeland								
Corine Land Cover								
	Obdělávána půda	Obdělává na půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Celkově správně klasifikov ané	Přesnost z hlediska uživatelé (UA)
	47405985		1552827	5050	189443	1105241	50258546	94.324%
Lesy, křovinné plochy a holá půda	2024049	28921134		11329	74139	115737	31146388	92.855%
Mokřady	19977	42033	49313		2843	270	114436	43.092%
Vodní plochy	63245	70052		3719	478531	7941	623488	76.751%
Umělé povrchy	699741	189982		466	35200	4534298	5459687	83.051%
Celková správnost	50212997	30776028		69877	780156	5763487	87602545	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)	94.41%	93.973%		70.571%	61.338%	78.673%		
Celková přesnost (OA):	92.907%							
Kappa ¹ :	0.869							

Příloha 1: Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 30 metrů

		Globeländ								
Corine Land Cover		Obdělávána na půda	Lesy	Křovinné plochy	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Holá půda	Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA)
Obdělávána na půda	46819496	1335966	175741	4784	185983	1099379	0	49621349	94.354%	
Lesy	1783639	25472060	560531	5354	64234	82326	134	27968278	91.075%	
Křovinné plochy	164553	345870	1752600	5197	7093	32893	638	2308844	75.908%	
Mokřady	18962	28749	12684	46510	2679	270	0	109854	42.338%	
Vodní plochy	61994	61966	5434	3708	432231	7813	0	573146	75.414%	
Umělé povrchy	695698	164062	24786	466	34797	4518462	0	5438271	83.086%	
Holá půda	55	1161	1172	0	0	0	535	2923	18.303%	
Celková správnost z hlediska zpracovatele (PA)	49544397	27409834	2532948	66019	727017	5741143	1307	86022665		
Celková přesnost (OA):	91.885%	92.93%	69.192%	70.449%	59.453%	78.703%	40.933%			
Kappa ¹ :	0.855									

Příloha 2: Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 30 metrů

Globelband							
Corine Land Cover							
	Obdělávaná půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA)
Obdělávaná půda	3726617	468095	1079	56721	271986	4524498	82.365%
Lesy, křovinné plochy a holá půda	24846	2721472	2181	24717	32031	2805247	97.014%
Mokřady	1160	3607	4794	693	77	10331	46.404%
Vodní plochy	556	701	177	52300	2435	56169	93.112%
Umělé povrchy	14073	9629	29	2708	464892	491331	94.619%
Celková správnost	3767252	3203504	8260	137139	771421	7887576	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)							
	98.921%	84.953%	58.039%	38.136%	60.264%		
Celková přesnost (OA):	88.368 %						
Kappa ¹ :	0.798						

Příloha 3: Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 100 metrů

Corine Land Cover									
	Obdělávána půda	Lesy	Křovinné plochy	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Holá půda	Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA)
Obdělávána půda	3726329	437800	30586	1079	56718	271986	0	4524498	82.359%
Lesy	15712	2417116	110780	1438	22380	26093	45	2593564	93.197%
Křovinné plochy	9118	18960	174228	748	2338	5956	68	211416	82.41%
Mokřady	1159	2192	1417	4792	693	78	0	10331	46.385%
Vodní plochy	556	640	63	177	52298	2435	0	56169	93.108%
Umělé povrchy	14071	8392	1236	29	2708	464895	0	491331	94.62%
Holá půda	0	96	116	0	0	0	55	267	20.599%
Celková správnost	3766945	2885196	318426	8263	137135	771443	168	7887576	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)	98.9222%	83.776%	54.715%	57.993%	38.136%	60.263%	32.738%		
Celková přesnost (OA):	86.715%								
Kappa ¹ :	0.778								

Příloha 4: Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 100 metrů

Corine Land Cover		ESA CCI					Přesnost z hlediska uživatelé (UA)
		Obdělávaná a půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	
Obdělávaná půda	298887	144713	193	1118	2798	447709	66.759%
Lesy, křovinné plochy a holá půda	13229	253844	392	741	271	268477	94.55%
Mokřady	49	696	134	19	2	900	14.889%
Vodní plochy	326	622	17	3769	33	4767	79.064%
Umělé povrchy	16654	5597	3	216	17768	40238	44.157%
Celková přesnost	329145	405472	739	5863	20872	762091	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA)							
Celková přesnost (OA):	90.807%	62.605%	18.133%	64.284%	85.128%		
Kappa ¹ :	75.372%						0.558

Příloha 5: Vypočtená chybová matice pro pět tříd v rozlišení 300 metrů

Corine Land Cover		ESA CCI							
Obdělávaná půda	299004	77280	679667	192	1117	2798	6	1060064	28.206%
Lesy	11027	215214	22884	90	628	194	1	250038	86.073%
Křovinné plochy	2060	11354	3742	303	92	72	0	17623	21.234%
Mokřady	51	530	181	133	19	2	0	916	14.52%
Vodní plochy	326	569	67	17	3787	33	0	4799	78.912%
Umělé povrchy	16674	3139	2469	3	219	17773	29	40306	44.095%
Holá půda	2	11	2	0	0	0	0	15	0%
Celková správnost	329144	308097	709012	738	5862	20872	36	1373761	
Přesnost z hlediska	90.843%	69.853%	0.528%	18.022%	64.603%	85.152%	0%		
Celková přesnost (OA):	39.283%								
Kappa ¹ :	0.209								

Příloha 6: Vypočtená chybová matice pro sedm tříd v rozlišení 300 metrů