

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

ANALÝZA DOSTUPNÝCH GEODATABÁZÍ PRO EROZNÍ
MODELOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ GIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jiří Brychta

Diplomant: Bc. Martin Übelacker

2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Übelacker

Regionální environmentální správa

Název práce

Analýza dostupných geodatabází pro erozní modelování v prostředí GIS

Název anglicky

Analysis of available geodatabases for erosion modeling in GIS environment

Cíle práce

1. Rešerše dostupných geodat – morfologických, půdních, vegetačních, srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy.
2. Analýza vybraných geodat z hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu.

Metodika

Bude provedena analýza dostupných geodatabází morfologických, půdních, vegetačních, srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy. Následně bude rešerše pokračovat metodami různých autorů jakým způsobem využili alternativní data a databáze k hodnocení erozního procesu v prostředí GIS. Geodata budou analyzována z hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu. Data budou pořizována především z volně dostupných geodatabází, WMS služeb a institucí tato data poskytujících. Na základě této rešerše a analýzy bude vybráno několik geodatabází/geodat pro odvození dílčích faktorů rovnice USLE, které budou porovnány s aplikací dat z terénních měření. Analýza i porovnání výsledků budou provedeny v prostředí GIS.

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

vodní eroze, USLE, geodatabáze, GIS, DPZ

Doporučené zdroje informací

- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, – JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- Janeček M., Květoň V., Kubátová E., Kobzová D. (2013): Values of rainfall erosivity factor for the Czech republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanic*, 61: 97–102.
- Panagos P., Ballabio C., Borrelli P., Meusburger K., Klik A., Rousseva S., Perčec Tadić M., Michaelides S., Hrabalíková M., Olsen P., Aalto J., Lakatos M., Rymaszewicz A., Dumitrescu A., Beguería S., Alewell C. (2015): Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511: 801–814.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Mccool D.K., Yoder D.C. (1997): *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. USDA Agriculture Handbook No. 703, Washington D.C., USDA-ARS.
- Renard K.G., Freimund J.R. (1994): Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157: 287–306.
- Torri D., Borselli L., Guzzeti F. et al. (2006): Soil erosion in Italy: an overview. In: Boardman J., Poesen J. (eds): *Soil Erosion in Europe*. New York, Wiley: 245–261.
- Van Der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. (2000): *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*. Ispra, European Soil Bureau.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978): *Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning*. USDA Agricultural Handbook No. 537, Washington D.C., USDA.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jiří Brychta

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 11. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Analýza dostupných geodatabází pro erozní modelování v prostředí gis* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Brychty a uvedl v ní všechny použité literární a jiné odborné zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy České zemědělské univerzity v Praze a Fakulty životního prostředí ČZU.

V Kladně dne

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Brychtovi za trpělivost, cenné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu během celého průběhu studia

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá geodatabázemi, které jsou vhodné k hodnocení půdní eroze, ztráty půdy apod. V současné době probíhá toto hodnocení od detailního terénního průzkumu až po využití dálkového průzkumu země. S rozvojem GIS technologií lze toto hodnocení provádět s větším množstvím dat a uživatelům jsou k dispozici na výběr široký výběr geodatabází. V rešeršní části jsou analyzovány základní geodatabáze dostupné pro tvorbu empirických modelů v prostředí geografických informačních systémů. V praktické části je pomocí družicových snímků zpracován index NDVI pro zájmovou oblast ze kterého jsou následně vytvořeny podle běžně užívaných modelů rastrové vrstvy C faktoru, které jsou poté analyzovány. Výsledky ukázaly, že použití indexu NDVI oproti klasickým metodám výpočtu C faktoru je značně rozdílný.

Klíčová slova:

vodní eroze, USLE, geodatabáze, GIS, DPZ

Abstract:

This diploma thesis deals with geodatabases that are suitable for evaluation of soil erosion, soil loss, etc. This evaluation is currently under way from a detailed field survey to the use of remote sensing of the country. With the development of GIS technologies, these evaluations can be performed with more data, and a wide selection of geodatabases is available to users. In the research part of thesis are analyzed the basic geodatabases available for creation of empirical models in the environment of geographic information systems. In the practical part, the NDVI index for the interest area is processed by satellite imagery, from which they are then created according to the commonly used models of the C layer raster layer, which are then analyzed. The results showed that the use of the NDVI index compared to the classic methods of calculating Factor C is quite different.

Key words:

water erosion, USLE, geodatabase, GIS, DPZ

1. Úvod	8
2. Literární rešerše	9
2.1. Problematika vodní eroze	9
2.2. Současný stav řešené problematiky	10
2.2.1. Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE)	10
2.2.2. Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE)	11
2.2.3. Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy 2015 (RUSLE 2015)	11
2.3. Faktory USLE	12
2.3.1. Faktor erozní účinnosti deště (Faktor R)	12
2.3.2. Faktor erodovatelnosti půdy (Faktor K)	14
2.3.3. Topografický faktor (Faktor L S)	14
2.3.4. Faktor délky svahu (Faktor L)	15
2.3.5. Faktor sklonu svahu (Faktor S)	15
2.3.6. Faktor ochranného vlivu vegetace (Faktor C)	16
2.3.7. Faktor účinnosti protierozních opatření (Faktor P)	17
2.4. Metody hodnocení vodní eroze	18
2.4.1. Multikriteriální hodnocení rizika eroze v globálním měřítku	18
2.4.2. Simulační modely	19
2.5. Geografické informační systémy, geodata, geodatabáze	21
2.6. Rozdělení geodat	22
2.6.1. Morfologická a topografická geodata	22
2.6.2. Geologická a půdní data	22
2.6.3. Meteorologická geodata	22
2.6.4. Vegetační geodata	22
2.7. Rozdělení podle metody sběru geodat	23
2.7.1. Metoda přímého sběru	23
2.7.2. Metody nepřímého sběru	24
2.7.3. Dálkový průzkum Země (DPZ)	24
2.8. Rozdělení podle přístupnosti	29
2.8.1. Webové mapové služby	29
2.8.2. Data volně stažitelná a komerční data	30
2.9. Instituce poskytující geodata	31
2.9.1. Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK)	31
2.9.2. Český hydrometeorologický úřad (ČHMÚ)	36
2.9.3. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce (VGHMÚř)	36

2.9.4.	GISAT s.r.o.	36
2.9.5.	Arcdata Praha	37
2.9.6.	Česká geologická služba (ČGS).....	39
2.9.7.	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP)	40
2.9.8.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV T. G. M)	43
2.9.9.	Národní geoportál INSPIRE.....	44
2.9.10.	Databáze CORINE Land Cover.....	45
2.9.11.	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR)	46
2.9.12.	Veřejný registr půdy (LPIS)	47
2.9.13.	European Soil Data Centre (ESDAC).....	48
3.	<i>Cíle práce</i>	49
4.	<i>Metodika analýzy geodat</i>	50
5.	<i>Výsledky a diskuze</i>	55
6.	<i>Závěr</i>	66
7.	<i>Literární zdroje</i>	68
8.	<i>Internetové zdroje</i>	71
	<i>Seznam obrázků</i>	73
	<i>Seznam tabulek</i>	74

1. Úvod

Proces degradace půdy v důsledku rychlosti úbytku půdy přesahující míru tvorby půdy pomohl formovat dnešní fyzickou krajinu (Alewell et al, 2015). Eroze půdy patří k osmi hrozbám půdy uvedeným v rámci tematické strategie Evropské komise pro půdu (EC, 2006). Během uplynulého desetiletí se problém eroze půdy stal součástí environmentální agendy Evropské unie v důsledku jejích dopadů na produkci potravin, kvalitu pitné vody, ekosystémové služby, povodně, eutrofizaci, biologickou rozmanitost a snižování emisí uhlíku (Boardman a Poesen, 2006).

Vodní eroze představuje největší ztrátu půdy v Evropě ve srovnání s jinými erozními procesy (např. větrnou erozí). Nedávný vývoj politik v Evropské komisi (Tematická strategie půdy, Společná zemědělská politika, strategie Evropa 2020 a 7. environmentální akční program) vyžadují kvantitativní hodnocení míry ztrát půdy na evropské úrovni. Vzhledem k tomu, že měření skutečných ztrát půdy v kontinentálním měřítku (např. pomocí experimentálních pozemků, měření cézia-137, odběr vzorků sedimentů v odtoku z malých povodí) není finančních důvodů proveditelné, používá se modelování půdní eroze (Lu et al, 2003).

Ochrana půdy před vodní erozí zahrnuje jak znalost faktorů ovlivňujících tyto zdroje, tak i metody kontroly těchto faktorů při zachování půdních a vodních zdrojů. V průběhu let poskytovaly studie na polích, pozemcích a malých povodích velmi cenné informace o složitých faktorech a interakcích, které se podílejí na environmentálních operacích využívání půdy a zemědělství. Tyto studie jsou základem univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) která je nástrojem pro plánování ochrany (Wishmeier & Smith, 1973).

2. Literární rešerše

2.1. Problematika vodní eroze

Rozrušování zemského povrchu půdy, transport půdních částic a jejich následné usazování je přirozený proces vznikající při přirozeném geologickém procesu, který se nazývá eroze. Působením eroze na zemský povrch dochází k jeho zarovnávaní a působí tak proti vnitřním horotvorným procesům. Erozi lze rozlišit podle činitelů, které ji způsobují a to na erozi vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou, zemní a antropogenní. Antropogenní eroze, která je způsobena činností člověka lze dále rozdělit podle intenzity na normální a zrychlenou (Holý, 1994) Geologická eroze, která vzniká přirozeně, je odnos půdy roven její tvorbě. Při zrychlené vodní erozi, která je spojena ze začátkem využívání krajiny člověkem, je tato rovnováha narušena a dochází k devastaci půdy (Janeček at al., 2008)

Důsledkem vodní eroze nejen na zemědělských půdách dochází k degradaci půdy. Dochází ke změně fyzikálních vlastností půdy (vodní kapacita, infiltrační schopnost, struktura, textura, objemová hmotnost, aj.). Vyplavování jemných částic vede ke ztrátě organické hmoty a základních živin. Výsledkem těchto změn je snížení produkční schopnosti půdy a dochází k jejímu znehodnocení. Vodní eroze se skládá z fáze rozrušování povrchu a z fáze transportu a sedimentace uvolněných částic. Vodní eroze nemá negativní jen na pozemky, kde dochází ke ztrátě půdy, ale i na dalších složkách krajiny kde způsobuje škody (Janeček at al., 2008).

Vodní eroze je jedním z hlavních ohrožení půdy v Evropské unii s negativním dopadem na ekosystémové služby, rostlinnou výrobu, pitnou vodu a zásoby uhlíku.

Se zvětšujícím se problémem vodní eroze roste i potřeba určit množství ztráty půdy i jednotlivé faktory, které se podílejí na její intenzitě. Nejpoužívanějším nástrojem pro určení intenzity eroze je univerzální rovnice ztráty půdy pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí (Wishmeier & Smith, 1973).

2.2. Současný stav řešené problematiky

Hlavními faktory, které ovlivňují míru vodní eroze, je množství srážek dopadajících na povrch země, typ půdy, topografie a využití půdy. Nejčastěji používaným erozním modelem je Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) (Wischmeier a Smith, 1978) a jeho revidovaná verze (RUSLE) (Renard et al, 1997).

2.2.1. Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE)

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví na základě rovnice USLE takto:

$$G = R * K * L * S * C * P$$

- kde: **G** je průměrná dlouhodobá ztráta půdy /t . ha⁻¹ . rok⁻¹/
- R** faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů
- K** faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu
- L** faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí
- S** faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C** faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P** faktor účinnosti protierozních opatření

Pro definici matematické struktury USLE, která je nejpoužívanějším empirickým nástrojem k předpovědi vodní eroze, byl použit referenční stav, nazvaný standardní pozemek. Standardní pozemek byl definován jako pozemek dlouhý 22,13 m, s 9% svahem, kontinuálně udržovaný v pravidelně obdělávaném stavu úhorů ve směru sklonu (Wishmeier & Smith, 1973).

USLE byla navržena jako nástroj podpory rozhodování v oblasti řízení pro odhad průměrné míry eroze po dlouhou dobu (~ 20 let), přičemž ignoruje to, jak jednotlivé události přispívají k průměrné roční hodnotě a zanedbávají dominanci relativně vzácných událostí při určování dlouhodobé erozní průměry (González-Hidalgo et al, 2010, 2012; Larson et al, 1997).

2.2.2. Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE)

V roce 1985 proběhl v americké Indianě seminář vědců a inženýrů z amerického ministerstva zemědělství a akademiků se zkušenostmi s půdní erozí. Na tomto semináři dvě důležité rozhodnutí, a to vyvinout technologii, která by nahradila USLE fyzicky založeným modelem (Projekt predikce eroze vody (anglicky WEPP)), a automatizovat a aktualizovat verzi USLE z roku 1978 se zdokonaleným modelem, který se následně nazývá Revidovaná USLE nebo RUSLE (Renard et al, 1997).

Navzdory svým nedostatkům je RUSLE stále nejčastěji používaným modelem ve velkých měřítkách na území USA (Renschler a Harbour, 2002, Kinnell, 2010), protože může zpracovávat data pro velké regiony a poskytuje základ pro provádění analýzy scénářů a opatření proti erozi (Lu et al, 2003).

2.2.3. Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy 2015 (RUSLE 2015)

Nejpodrobnější hodnocení dopadu vodní eroze na území Evropské unie lze získat použitím modifikované rovnice RUSLE 2015, která vychází z modelu RUSLE a poskytuje vylepšené odhady založené na vyšším rozlišení (100 m ve srovnání s 1 km) vstupů srážek, půdy, topografie, využívání půdy a protierozních opatření. Jedná se o metodu hodnocení eroze, která je používána v globálním měřítku. Hlavním rozdílem v porovnání s předchozími studiemi, které modelovaly ztrátu půdy v evropském měřítku pomocí RUSLE, je zlepšená kvalita vstupních vrstev. Tento model lze použít i k předpovědi vlivu politických scénářů. Je zde potřeba ale zdůraznit, že se jedná o globální metodu hodnocení eroze.

Hodnoty faktoru K jsou získány z 20 000 vzorkovacích míst na polích, zahrnutých v průzkumu LUCAS (Land Use / Cover Area) (Toth et al, 2013) a poté jsou interpolovány pomocí modelu kubistické regrese pro vytvoření mapy K-faktoru v Evropě o rozlišení 500 m (Panagos et al, 2014b). Faktor R se vypočítá na základě časových údajů o srážkách (5, 10, 15, 30 a 60 min) získaných z 1 541 rozmístěných srážkoměrů v Evropě (Panagos et al, 2015a). Faktor C byl modelován na umělých plochách pomocí kombinace tříd využívání půdy a hustoty vegetace. Na orné půdě je faktor C založen na složení plodin a praktikách hospodaření s půdou (snížený / bez obrábění půdy, plodin a zbytků rostlin) (Panagos et al, 2015b). Hodnota topografického faktoru se vypočítá z aktuálního digitálního modelu terénu (Panagos et al, 2015c). Faktor P bere v úvahu zemědělství kontury prováděné v agroenvironmentálních politikách EU a ochrana proti ztrátě půdy zajišťované b) kamennými zdmi a c) travní marží (Panagos et al, 2015d).

Výhodou modelu RUSLE 2015 oproti metodě USLE je zejména posouzení erodibility půdy založené na odběru vzorků povrchových vrstev v terénu a laboratorní analýze vlastností půdy a ověření údajů o faktoru K s místními a regionálními publikovanými studiemi, účast členských států Evropské unie na rozsáhlém sběru údajů o srážkách, použití digitálního modelu terénu s vysokým rozlišením 25 m a kombinace databáze CORINE Land Cover s údaji o hustotě vegetace a s použitím statistických údajů o plodinách (Panagos et al, 2015).

2.3. Faktory USLE

2.3.1. Faktor erozní účinnosti deště (Faktor R)

Vznik a intenzita vodní eroze závisí na přívalových srážkách. Největší účinnost vodní eroze vzniká na samotném začátku erozního procesu, kdy dešťové kapky dopadají na území, kde se ještě nestihla vytvořit vrstva povrchové odtékající vody. Základní charakteristikou pro stanovení erozní účinnosti deště je kinetická energie deště. Deformaci půdy deštěm způsobuje přeměna kinetické energie deště na práci, kterou vykonává na povrchu půdy (Janeček et al, 2005).

Faktor erozní účinnosti dešťů vyjádřili Wischmeier a Smith (1978) vztahem:

$$R = \left(\frac{E}{100} \right) \cdot i_{30}$$

kde: **R** faktor erozní účinnosti deště /MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹/

E celková kinetická energie deště /J.m⁻²/

i₃₀ max. 30minutová intenzita deště /cm.h⁻¹/

Vyjádření celkové kinetické energie deště E:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

kde: **n** počet úseků deště

E_i kinetická energie i-tého úseku deště

$$(E_i = 206 + 87 \log i_{si}) * H_{si}$$

i_{si} intenzita i-tého úseku /cm*h⁻¹/

H_{si} úhrn deště v i-tém úseku /cm/

V České republice se pro získání hodnoty R-faktoru používají dlouhodobé záznamy o srážkách na několika meteorologických stanicích Českého hydrometeorologického ústavu. Deště, jejichž úhrn srážek je menší než 12,5 mm a které jsou oddělené od dalších dešťů minimálně 6 hodinovým mezičase, nebo při kterých během 15 minut nespadne minimálně 6,25 mm, se neuvažují, protože v takových případech k odtoku vody po povrchu nedochází. Na základě dlouhodobého pozorování srážek ve stanicích Českého hydrometeorologického ústavu Praha-Klementinum, Bílá Třemešná a Tábor, byla průměrná roční hodnota R-faktoru stanovena na (Janeček at all., 2008):

$$R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Srážkový a odtokový faktor (R) univerzální rovnice ztráty půdy byl odvozen z výzkumných dat z mnoha zdrojů. Údaje ukazují, že pokud jiné faktory, než dešťové srážky zůstávají konstantní, ztráty půdy z kultivovaných polí jsou přímo úměrné parametru dešťové bouře: celková energie bouřky (E) pro maximální intenzitu 30 minut.

2.3.2. Faktor erodovatelnosti půdy (Faktor K)

Vliv na odolnost půdy před narušením dopadajícími kapek deště, povrchového odtoku a infiltrační schopnosti půdy mají její půdní vlastnosti. K-faktor je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku, vyjádřená v $t \cdot h^{-1}$ na jednotku dešťového faktoru R. K-faktor lze stanovit těmito třemi způsoby:

- Dle vztahu odvozeného pro K-faktor
- Dle normogramu
- Přibližně dle hlavní půdní jednotky (HPJ) bonitační soustavy půd

2.3.3. Topografický faktor (Faktor L S)

Topografický faktor, který vyjadřuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku, lze vyjádřit vliv sklonu a délky svahu na rozsah půdního smyvu. Nepřerušovaná délka svahu, která se měří od rozvodnice a vždy od místa, které přerušuje povrchový odtok (např. cesta s příkopem nebo průleh), a má vliv na velikost ztráty půdy vodní erozí, vyjadřuje faktor délky svahu L. Faktor sklonu svahu S vyjadřuje, vliv sklonu svahu na ztrátu půdy způsobenou vodní erozí (Wischmeier a Smith, 1978).

2.3.4. Faktor délky svahu (Faktor L)

Délka svahu je definována jako vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku do bodu, kde dochází ke snížení svahu do takové podoby, že dochází k ukládání, erodovaného materiálu. Faktor délky svahu L lze vyjádřit vztahem:

$$L = \left(\frac{l}{22,13}\right)^m$$

kde: l horizontální projekce délky svahu

$22,13$ délka standardního pozemku

m exponent sklonu svahu, vyjadřující náchylnost k tvorbě rýžkové eroze

$$m = \frac{\beta}{(\beta+1)}, \text{ kde: } \beta = \frac{\left(\frac{\sin s}{0,0896}\right)}{3(\sin s)^{0,8}+0,56}$$

2.3.5. Faktor sklonu svahu (Faktor S)

Zásadní vliv na ztrátu půdy má sklon svahu. Čím je sklon svahu větší, tím se ztráta půdy zvětšuje. Faktor sklonu svahu S se určuje dle vztahu (Renard et al, 1997):

$$S = 10,8 \sin s + 0,03 \quad \text{pro } s < 9 \%$$

$$S = 16,8 \sin s - 0,50 \quad \text{pro } s \geq 9 \%$$

kde: s sklon svahu (rad)

Jestliže je potřeba vyjádřit proměnný sklon svahu, nebo vliv vlastností, lze svah rozdělit na 10 stejně dlouhých úseků a faktor sklonu svahu S stanovit jako vážený průměr faktoru - S dílčích úseků. Pro svahy s nepravidelným tvarem stanovíme faktor S, od polohy S1 (nejvyšší) až po polohu S10 (nejnižší) vztahem:

$$S = 0,03.S_1 + 0,06.S_2 + 0,07.S_3 + 0,09.S_4 + 0,10.S_5 + 0,11.S_6 + 0,12.S_7 + 0,13.S_8 + 0,14.S_9 + 0,15.S_{10}$$

kde: S_i hodnota faktoru S pro i-tý úsek svahu, který je rozdělen na 10 stejných úseků

2.3.6. Faktor ochranného vlivu vegetace (Faktor C)

Faktor ochranného vlivu vegetace se projevuje přímou ochranou povrchu půdy působením dopadajících dešťových kapek na, zpomalováním rychlosti odtoku na povrchu půdy a nepřímým působením vegetace na vlastnosti půdy (např. pórovitost, propustnost, zanášení pórů jemnými půdními částicemi). V období přívalových dešťů (duben – říjen) má hustota a pokryvnost vegetace zásadní vliv na protierozní ochranu. Plodiny, pěstované širokořádkově (okopaniny, kukuřice, sady a vinice) chrání v tomto období půdu nedostatečně. Oproti tomu trávy a jeteloviny mají nejlepší protierozní ochranu (Janeček, 2012). Wischmeier a Smith (1978) rozdělili stupně ochranného účinku plodin na pět částí:

1. Období podmínky a hrubé brázdy
2. Od doby přípravy pozemku k setí až do doby jednoho měsíce po zasetí
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního zasetí
4. Doba, začínající ukončením třetího období až do sklizně
5. Období strniště

Poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na standardním pozemku udržovaným jako úhor, který je pravidelně kypřený po každém dešti představuje C faktor.

V České republice je nejpoužívanější metoda dle Tomana a Kadlece (2003), kdy se C faktor stanoví na základě vztahu mezi klimatickými regiony. Nejpřesnějším způsobem stanovení C faktoru ale zůstává metoda dle Janečka.

V zahraničí jsou ke stanovení hodnoty C faktoru čím dál více používány metody dálkového průzkumu země. Tyto metody jsou potencionálně aplikovatelné i na území České republiky. Výsledky z této metody lze využít při navrhování kompletních pozemkových úprav nebo při plánování zemědělské činnosti. Metodou tohoto výpočtu je analýza multispektrálních obrazových dat v oblastech červeného pásma a infračerveného pásma – například index NDVI nebo TSAVI. Díky těmto

vegetačním indexům lze klasifikovat strukturu a pokryvnost biomasy na povrchu zemského povrchu, na základě spektrální odrazivosti. Princip této metody spočívá v extrahování červeného a infračerveného pásma z multispektrálních snímků. Extrahovaný obraz je použit k výpočtu vegetačních indexů NDVI. Takto získané hodnoty během vegetačního období jsou následně zprůměrovány a pomocí regresních rovnic je vypočítána hodnota NDVI (viz kapitola Metodika).

Panagos et al (2015) se pokusil odhadnout hodnoty C faktoru pro území Evropy na základě snímků Corine Land Cover 2012 a satelitních dat z programu Copernicus. Rastrová mapa i s dostupnými daty je k dispozici na webových stránkách European Soil Data Centre.

2.3.7. Faktor účinnosti protierozních opatření (Faktor P)

Poměr ztráty půdy z daného pozemku a ztrátu z jednotkového pozemku, obdělávaného ve směru sklonu svahu udává faktor účinnosti protierozních opatření. Faktor účinnosti protierozních opatření udává faktor P, V případě, kdy nelze dodržet uvedené podmínky (maximální délka a počet pásů), hodnota faktoru $P = 1$ (Janeček, 2012).

2.4. Metody hodnocení vodní eroze

2.4.1. Multikriteriální hodnocení rizika eroze v globálním měřítku

Příkladem této metody je mapa erozního rizika západní Evropy vytvořena odborníky, kteří vymezily oblasti, kde dochází k erozním procesům. Nevýhodou této metody je nedefinování kritérií, dle kterých jsou oblasti vymezeny (Yassoglou et al, 1998). Hodnocení faktorů je další metodou, kterou lze použít k posouzení rizika eroze (Morgan, 1995). Jako příklad lze uvést metodu CORINE (posouzení rizika půdní eroze ve Středomoří (CORINE, 1992). Analýza je založena na hodnocení erodibility půdy (4 třídy), erozivity (3 třídy) a úhlu sklonu (4 třídy). Jednotlivé faktory se vynásobí, a výsledné číslo představuje potenciální riziko eroze. Pro hodnocení skutečného rizika půdní eroze se potenciální mapa erozního rizika kombinuje s faktory vegetačního pokryvu půdy (2 třídy).

Montier a kol. (1998) vyvinul metodu která je určená pro území celé Francie. Tato metoda je obdobná jako metoda CORINE. Faktorům souvisejícím s půdním krytem (9 tříd), náchylností půdy k povrchovému krustování (4 třídy), sklonu svahu (8 tříd) a erodovatelnosti (3 třídy) je přiřazeno číslo. Tato metoda zohledňuje různé druhy eroze, ke kterým dochází v kultivovaných oblastech vinic, horských oblastí a Středomoří. Tímto způsobem interakce mezi půdou, vegetací, sklonem a klimatem je do jisté míry zohledněna.

Problémem většiny metod založených na hodnocení jednotlivých faktorů je, jakým způsobem jsou definovány výsledky. Klasifikace zdrojových dat (např. třídy svahů půdy) vede ke ztrátě informací a výsledky analýz mohou záviset na limitech a počtu používaných tříd. Jestliže není jednotlivým faktorům přiřazena určitá váha, je poté každý faktor použit stejně. Přiřazení váhy jednotlivým faktorům je obtížné, protože způsob, jakým jsou různé faktory kombinovány do tříd, mohou představovat problémy (Morgan, 1995). Hodnocení faktorů vytváří ve výsledku kvalitativní třídy potenciálního rizika eroze.

2.4.2. Simulační modely

Pro posouzení rizika vodní eroze půdy lze použít širokou škálu modelů, které lze klasifikovat několika způsoby. Některé jsou založené na časovém měřítku (předpovídání dlouhodobé roční ztráty půdy), zatímco jiné předpovídají ztráty půdy při dešti. Alternativně lze rozlišit mezi soustředěnými modely, které předpovídají erozi v jednom bodě a prostorově distribuované modely. Další užitečné rozdělení je mezi empirickými a fyzickými modely. Volba konkrétního modelu do značné míry závisí na účelu, pro který je určen, a na dostupných datech, času a penězích (Van Der Knijff et al, 1999).

De Jong (1994) použil model Morgan-Morgan-Finney model (Morgan et al, 1984) jako základ svého modelu SEMMED (model půdní eroze pro středomořské oblasti-jihní Francie a Sicílie). Model demonstruje integrované využití vícenásobných obrazů Landsat Thematic Mapper pro zohlednění vegetačních vlastností, modelu digitálního terénu v GIS, který zohledňuje topografické vlastnosti a vyhodnotí přepravní kapacitu pozemního toku, digitální půdní mapu pro posouzení prostorového rozložení vlastností půdy a omezené množství půdních dat. Tímto způsobem lze vyhodnotit riziko eroze v rozsáhlých prostorově rozmanitých oblastech bez nutnosti rozsáhlých terénních průzkumů. Doposud byl model SEMMED použit pro přípravu regionálních map erozního rizika částí oblasti Ardèche a povodí řeky Peyne v jižní Francii. Hlavními nevýhodami modelu je, že nezahrnuje oddělení částic půdy cestou nadzemního toku. Výhodou SEMMEDu je simulace procesů v regionálním měřítku a pokud je to možné, využívá dostupné zdroje dat, jako jsou snímky z dálkového průzkumu, digitální elevační modely (DEM) a půdní databáze, které obvykle nejsou k dispozici pro menší povodí. Pomocí tohoto modelu je možné vytvořit regionální mapy erozních hodnocení, která jsou praktičtější při územním plánování a hospodaření s půdou (De Jong, 1994, De Jong et al, 1998).

Kirkby a King (1998) zhodnotili riziko půdní eroze pro území celé Francie použitím modelu, který znázorňuje půdní erozi při určité bouřce. Model obsahuje faktory erodovatelnosti, topografický faktor a faktor klimatu. Předpokladem je, že všechny dešťové srážky nad kritickou hranicí (jejich hodnota závisí na půdních vlastnostech a půdním krytu) přispívají k odtoku a eroze je úměrná odtoku.

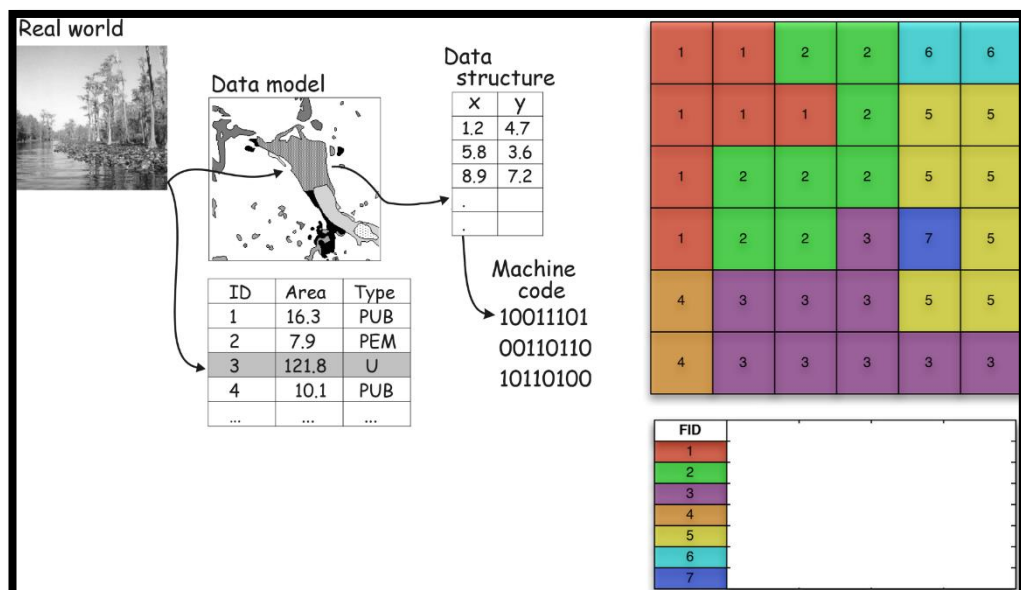
Při uplatňování kvantitativních modelů v regionálním nebo větším měřítku vzniká několik problémů. Většina modelů eroze byla vyvinuta na standardním pozemku nebo určitém poli, což znamená, že jsou navrženy tak, aby poskytovaly bodové odhady ztráty půdy. Při použití těchto modelů na velkých plochách je nutno pečlivě interpretovat výstup modelu. Nelze očekávat, že model, který byl navržen tak, aby předpovídal ztrátu půdy na jednom zemědělském poli, produkuje přesné odhady eroze, pokud je aplikován na jiné zemědělské pole. Například univerzální rovnice ztráty půdy byla navržena tak, aby předpovídala výmolovou vodní erozi, a tento model nebude dobře fungovat v oblastech, kde hrozí proudová vodní eroze. V regionálním měřítku není obvykle možné určit vstupní data modelu (jako jsou parametry půdy a vegetace) přímo v terénu. Většinou se parametry modelu přibližují přiřazením hodnot mapovým jednotkám na mapě půdy nebo vegetace, nebo pomocí regresních rovnic (např. kombinací vegetačního pokryvu a některých spektrálních indexů ze satelitů). Obvykle jsou získány hodnoty parametrů méně přesné než hodnoty získané terénním průzkumem. Hodnoty ztráty půdy vodní erozí získané těmito modely jsou spolehlivější než výsledky získané metodami založenými na znalostech. Důležitou roli při výběru erozního modelu na regionální nebo národní úrovni hraje dostupnost vstupních dat. Není vhodné používat erozní modely využívající složité metody, pokud není k dispozici dostatek vstupních dat. Za předpokladu, že některé hodnoty parametrů jsou konstantní, je lepší použít erozní model, který vyžaduje méně vstupních dat (De Roo, 1993).

2.5. Geografické informační systémy, geodata, geodatabáze

Geografické informační systémy slouží k získávání, ukládání, vizualizaci a analýze dat, která mají prostorový vztah k povrchu Země. Využívají data z různých zdrojů (např. dálkový průzkum Země, geodézie, terénní průzkumy), se kterými pomocí dostupných hardwarových a softwarových prostředků dále pracují (např. geografické průzkumy, určení záplavových zón, krizové řízení nebo stanovení erozní ohroženosti) (ESRI, 2018).

Jako geodeta lze označit informace, týkající se jevů implicitně nebo explicitně přidružených k místu vztaženému na Zemi. Zahrnují údaje, týkající se vzhledu těchto jevů - popis polohy, geometrického tvaru a topologických vztahů, doplněné popisnými údaji s kvalitativními a kvantitativními charakteristikami. Nejčastějšími typy prostorově vztažených a reprezentovaných jevů jsou geometrické, příp. objemové objekty, geografické objekty a oblasti a astronomické objekty (nebeská tělesa) (Šíma, 2007).

Geodatabáze je databáze, která je určena k ukládání, dotazování a manipulaci s geografickými informacemi (geodaty) a prostorovými daty. Vektorová data, která jsou obsahem geodatabází, mohou být uložena jako datové typy bodů, čar nebo polygonů a mohou mít určený geografický systém. Data z geodatabází reprezentují umístění objektů ve fyzickém světě (ESRI, 2018)



Obrázek 1: Atributy geodat (Indiana University Bloomington, 2018)

2.6. Rozdělení geodat

2.6.1. Morfologická a topografická geodata

Mezi tato geodata lze zařadit data, která nám objasňují jevy, vyskytující se na zemském povrchu. Zahrnují výškopis a výškopisné modely, reliéf zemského povrchu, vodstvo a antropogenní jevy (využití krajiny).

Výškopisné modely, které se používají při erozním modelování, jsou modely, které vznikají pomocí leteckých snímků, laserového skenování (LiDAR) nebo geodetickými postupy. Je důležité od sebe odlišovat digitální model povrchu a digitální model terénu. Digitální model povrchu znázorňuje zemský povrch s budovami i vegetací. Digitální model terénu znázorňuje povrch Země bez nadbytečných prvků (např. budovy a lesy).

2.6.2. Geologická a půdní data

Při erozním modelování se nejčastěji používají půdní mapy s kódy bonitované půdně ekologických jednotek (BPEJ) a údaje z veřejného registru půdy.

2.6.3. Meteorologická geodata

Jedná se o srážková data z ombrografických stanic.

2.6.4. Vegetační geodata

Nejčastějšími vegetačními daty, které se při erozním modelování používají, jsou data zobrazující vegetační pokryv zemského povrchu.

2.7. Rozdělení podle metody sběru geodat

2.7.1. Metoda přímého sběru

Tuto metodu představuje geodetické měření každého bodu. Je to nejpřesnější způsob, jak získat geodata, ale pro měření velkých území je časově náročné.

- Nivelace – jedná se o nejpřesnější metodu určení výšky; při tomto měření se nivelační přístroj umísťuje mezi dva body a odečítá se výškový rozdíl mezi nimi (jeden z bodů má známou nadmořskou výšku)
- Tachymetrie – tato metoda se používá při současném měření polohopisu a výškopisu. Polohu podrobných bodů určujeme ze sítě tzv. tachymetrických stanovisek polárními souřadnicemi – vodorovným úhlem a délkou. Výšku podrobných bodů určujeme trigonometricky – ze změřeného svislého úhlu a délky. K tachymetrickému měření se používají přístroje označované tachymetry. Tachymetr je přístroj umožňující měření délek a vodorovných a svislých úhlů.
- Globální Navigační Satelitní Systémy (GNSS) – jedná se o satelitní systémy, které slouží k určení zeměpisné polohy přijímače uživatele kdekoli na světě. V současné době jsou v provozu dva systémy GNSS: globální systém určování polohy (GPS) Spojených států a globální orbitální navigační satelitní systém Ruské federace (GLONASS). Třetí evropský systém Galileo je navržen tak, aby v roce 2019 dosáhl plné provozní kapacity. Každý systém GNSS využívá souhvězdí satelitů, které pracují ve spojení se sítí pozemních stanic.

2.7.2. Metody nepřímého sběru

K nejčastější metodě nepřímého sběru geodat patří vektorizace analogových map. Při této činnosti se rastrové mapy převádějí na vektor. Vektorizace může probíhat ručně (vše dělá operátor), poloautomaticky nebo zcela automaticky.

Katastrální mapa České republiky je na konci roku 2018 vedena na více než polovině území v elektronické podobě, zbylé části území jsou dostupné v analogové podobě. Digitální mapa je zpravidla v souřadnicovém systému S-JTSK ve vztažném měřítku 1 : 1 000. Analogové katastrální mapy jsou vedeny v různých měřítkách a kladech mapových listů, pravidelně se však skenují a jsou dostupné ve formě rastrových souborů v souvislém zobrazení v S-JTSK (ČUZK, 2018).

2.7.3. Dálkový průzkum Země (DPZ)

Získávání informací o zemské půdě a vodní hladině, založených na bezkontaktním sběru údajů s využitím elektromagnetického záření odraženého nebo vyzařovaného z povrchu Země umožňuje dálkový průzkum Země. Zařízení, která se používají při dálkovém průzkumu Země, nejsou v kontaktu s měřenými plochami nebo jevy. Měřená data jsou pořizována z leteckých nosičů a jsou následně zpracována a analyzována. Dálkový průzkum Země zahrnuje tři části: kosmickou část, kdy jsou pořizována obrazová data, část zpracování, kdy jsou data předzpracována na přijímacích zařízeních a uživatelskou část, kdy jsou data analyzována (Cambell et al, 2011).

- **Multispektrální snímkování**

Tato metoda slouží k měření množství elektromagnetického záření, které vyzařuje nebo odráží zemský povrch. Zdrojem elektromagnetického záření je každý objekt, jehož teplota je vyšší než 0° K. Multispektrální snímky, které jsou při tomto snímkování výstupními daty z radiometrů, mají určitou vlnovou délku elektromagnetického spektra. Data těchto snímků odpovídají vlastnostem vyzařované energie – spektrálním pásma (frekvence, barva, vlnová délka a světlost). Spektrální pásma lze zobrazit pomocí stupnice odstínu šedi, nebo současně s jinými pásmy jako barevnou kompozici. Pro různé účely

se používají odlišné kombinace spektrálních tříd. Nejčastěji jsou reprezentovány zelenými, červenými a modrými kanály (Barsi J. A. et al, 2014)

<i>Spektrum</i>	<i>Vlnová délka [μm]</i>	<i>Využití</i>
Třída 1 - pobřežní aerosol	0,433 – 0,453	Pobřežní aerosolové studie
Třída 2 - modré	0,450 – 0,515	Rozeznávání půdy od vegetace a listnatých od jehličnatých stromů; batymetrické mapování
Třída 3 - zelené	0,525 – 0,600	Hodnocení zdravotního stavu rostlin
Třída 4 - červené	0,630 – 0,680	Rozlišení vegetačních svahů
Třída 5 - blízké infračervené	0,845 – 0,885	Posuzování obsahu biomasy
Třída 6 - krátkovlnné infračervené 1	1,560 – 1,660	Určení vlhkosti půd a vegetace; snímkování skrze malou oblačnost
Třída 7 - krátkovlnné infračervené 2	2,100 – 2,300	Dokonalejší posuzování vlhkosti půd a vegetace + lepší snímkování přes oblaka
Třída 8 - panchromatické	0,500 – 0,680	Ostřejší obraz území
Třída 9 - cirrus (mraky)	1,360 – 1,390	Dokonalejší posuzování shluků oblaků typu cirrus
Třída 10 - termální infračervené 1	10,60 – 11,19	Termální mapování a odhad vlhkosti půd
Třída 11 - termální infračervené 1	11,50 – 12,51	Dokonalejší termální mapování a odhad vlhkosti půd

Tabulka 1: Příklady využití spektrálních tříd družici Landsat 8 (vlastní)

Zařízení, která slouží k záznamu dat ze zemského povrchu, se nejčastěji umisťují na umělé družice. Tyto družice obíhají Zemi po předem určené dráze a senzory zachycují zemský povrch. Přelet nad určitým místem je proveden v ten samý časový úsek. Snímky, které jsou takto získány, je následně nutné upravit, protože téměř vždy je obraz nekvalitní (výskyt šumu). Mezi nejznámější umělé družice patří Landsat, SPOT, IKONOS, nebo meteorologické družice Meteosat a NOAA (Lillesand et al, 2004).

Programy Landsat nebo Sentinel jsou jedny z nejdéle probíhajících projektů, které slouží k získávání kompletních fotografií zemského povrchu. Od roku 1972, kdy byl program Landsat spuštěn, jsou k dispozici obrazová data. Snímky z těchto družic jsou hojně využívány ve výzkumu klimatických změn, ekosystémů, koloběhu vody v přírodě nebo ke zkoumání dopadů lidské činnosti na životní prostředí. V současné době obíhají kolem Země dvě družice programu Landsat (Landsat 7 a Landsat 8).

Družice Sentinel jsou vyvíjeny v oblasti kosmických komponent evropského programu Copernicus, který slouží k monitorování životního prostředí a bezpečnosti na Zemi. Cílem tohoto programu je poskytování včasných a přesných informací. Družice Sentinel 1 až 5 se využívají například při monitoringu krajinného pokryvu, mapování změn v území, monitorování oceánů a pevnin nebo při monitorování složení atmosféry. Speciální senzory, které jsou součástí těchto družic, sbírají data, která jsou dále využívána při monitoringu vegetace (tvorba vegetačních indexů, klasifikace lesních porostů apod.) (COPERNICUS, 2018)

<i>Družice</i>	<i>Typ dat</i>	<i>Senzor</i>	<i>Počet pásem</i>	<i>Prostorové rozlišení (m)</i>	<i>Rok uvedení do provozu</i>
Landsat 7	optická	ETM+	8	15, 30, 60	1999
Landsat 8	optická	OLI, TIRS	11	15, 30, 100	2014
Sentinel 1B	radarová	SAR C	1	2, 20, 40	2016
Sentinel 3A	optická	OLCI, SLSTR	30	300, 500, 1000	2016
QuickBird	optická	MS, PAN	5	2.4, 0.6	2000 (provoz již ukončen)
Ikonos	optická	MS, PAN	5	1, 4	1999
SPOT 7- Azersky	optická	NAOMI MS, NAOMI PAN	5	6, 1.5	2014
Eros B	optická	EROS B	1	0.7	2006
WorldView- 4	optická	MS, PAN	5	1.24, 0.31	2016

Tabulka 2: Přehled vybraných družicových systémů (vlastní)

- **Hyperspektrální snímkování**

Metoda hyperspektrálního snímkování slouží v současné době k jedné nejpřínosnější metodě dálkového průzkumu země. Jedná se shromáždění velkého množství obrazových záznamů daného území ve velmi malých spektrálních intervalech v oblasti viditelného, blízkého a středního infračerveného elektromagnetického záření a následného zpracování informací tohoto spektra takovým způsobem, aby každý pixel na těchto snímcích obsahoval celé elektromagnetické spektrum. Na rozdíl od multispektrálního snímkování jsou tato data tohoto snímkování tvořena ze 100 – 200 barevných pásem.

- **Letecké snímkování pomocí bezpilotních prostředků**

V posledních několika letech se využití bezpilotních systémů stává čím dál více oblíbenějším. Tato zařízení jsou schopna nést různá monitorovací zařízení. Velikost těchto zařízení dnes umožňuje daleko větší využití na rozdíl od tradičních leteckých prostředků. Jednou z hlavních oblastí využití dronů je sběr dat pro tvorbu digitálního modelu povrchu nebo reliéfu při tvorbě leteckých ortofotomap ve vysokém rozlišení. Mapy, které jsou dostupné na mapových serverech, vznikají nejčastěji použitím velkoformátových leteckých kamer, které jsou připevněny na bezpilotních prostředcích. I když tato zařízení poskytují kvalitní výstupní data, nemohou konkurovat tradičním leteckým prostředkům (družice apod.), kvůli velikosti plochy, kterou snímají (Karas et al 2016).

- **RADAR (Radio Detection and Ranging)**

Radarové měření pracuje na principu odrazu elektromagnetického záření od měřených objektů. Stejně jako u LiDARu se měření provádí z umělých družic, na kterých je připevněn senzor. Záření, které vychází ze senzoru je schopno proniknout jemným deštěm, mlhou nebo smogem.

- **LiDAR (Light Detection and Ranging)**

LiDAR je metodou měření, která měří vzdálenost k cíli tím, že osvětluje cíl pulsním laserovým světlem a měří odrazené impulsy snímačem. Rozdíly v době návratu laserového záření a vlnových délkách lze pak použít pro vytváření digitálních 3D reprezentací cíle. LiDAR lze použít při měření vzdáleností, měření vlastností atmosférických jevů nebo při mapování terénu. Výsledkem mapování pomocí LiDARu je mračno bodů, které lze po následné interpolaci zpracovat do podoby digitálního modelu povrchu (NOAA, 2018).

2.8. Rozdělení podle přístupnosti

2.8.1. Webové mapové služby

Mapové služby (servery) jsou programy pracující na bázi *klient-server*, zpracovávající data s geografickým vztahem. Jsou to v podstatě geografické informační systémy, které jsou ovšem ovládány pouze pomocí parametrů - textově - a neinteraktivně. Požadavek na uživatelská data je prostřednictvím webového serveru předán dál mapovému serveru, následně je dotazována přímo databáze s prostorovými daty. Pomocí webového serveru jsou výsledná data předána zpět klientské aplikaci. Obdržená data z databáze data mohou mít podobu textu, vygenerovaného rastrového obrazu nebo samostatných dat.

Dostupným datům, určeným k použití v prostředí geografických informačních systémech, je při připojování nejprve nastavit jazyk. V aplikaci ArcMap se jedná především o tyto jazyky:

- Web Map Service (WMS) – mapová služba WMS je standardní protokol pro zobrazování geografických dat přes internet, který vyvinula a v roce 1999 poprvé zveřejnila společnost Open Geospatial Consortium. Uživateli je vždy vrácena mapová struktura v podobě rastru. Obdržená data nelze dále editovat,

nebo je použit v dalších analýzách. WMS služba je určena především k prohlížení dat.

- Web Feature Service (WFS) – mapová služba WFS je standard pro sdílení geografické informace ve formě vektorových dat v prostředí internetu
- Web Map Tile Service (WMTS) – mapa ve formě větších objemů obrazových dat, která jsou připravena v mapových dílech pro předem určená měřítka
- Web Coverage Services (WCS) – mapová služba WCS umožňuje získání data, která popisují v čase nebo prostoru určité proměnlivé objekty (např. krajinný pokryv). Pomocí této služby může uživatel komplexní analýzy a zahrnutí dat při složitějším modelování.
- Web Processing Service (WPS) – mapová služba WPS umožňuje uživateli použití předdefinovaných analytických nástrojů (od jednoduchých atributových kalkulací až po složitější výpočetní modely). Lze nadefinovat, jaká data chce uživatel použít, jaká operace se s nimi provést a jaký má mít požadovaný výsledek podobu. Zjednodušeně lze říci, že mapová služba WPS umožňuje to samé, co nabízí geografické informační systémy (Břehovský et al, 2015).

2.8.2. Data volně stažitelná a komerční data

Tato data jsou určena pro použití v geografických informačních systémech – jsou poskytována formou služeb a již jsou upravená pro práci v prostředí GIS. Data jsou k dispozici zcela zdarma nebo za ně musí uživatel zaplatit.

2.9. Instituce poskytující geodata

2.9.1. Český úřad zeměměřičský a katastrální (ČÚZK)

Internetové rozhraní Geoportál na webových stránkách Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního představuje souhrnné internetové rozhraní, umožňující přístup k prostorovým datům, které jsou pořizovány v rámci resortu ČÚZK (katastrální mapa, ZABAGED-polohopis a výškopis, Ortofoto, státní mapová díla, archivní mapy-císařské otisky, topografické mapy, aj.). Na jednom místě zde může uživatel vyhledat informace o prostorových datech, které si můžeme prohlédnout, případně objednat ve formě služeb nebo souborů.

V současné době poskytuje ČÚZK k dispozici tato data:

Vektorová data:

- Základní báze geografických dat (ZABAGED)
- Digitální model území 25 (DMÚ 25)
- Digitální model území 200 (DMÚ 200)
- Státní mapa 1 : 5 000 – cca 23% území zpracováno

Rastrová data:

- Státní mapa 1 : 5 000
- Rastrová Základní mapa ČR 1 : 10 000
- Rastrová Základní mapa ČR 1 : 25 000
- Rastrová Základní mapa ČR 1 : 50 000
- Rastrová Základní mapa ČR 1 : 200 000
- Rastrová Mapa České republiky 1 : 500 000
- Rastrová Mapa České republiky 1 : 1 000 000

Geoportál ČÚZK poskytuje následující síťové služby resortu ČÚZK:

- Vyhledávací - umožňují vyhledání souborů prostorových dat a služeb na základě metadat a umožňující zobrazení obsahu metadat.
- Prohlížeckí - umožňují zobrazit, procházet, přiblížit/oddálit, posouvat nebo překrývat zobrazitelné soubory prostorových dat
- Stahovací – umožňují stažení úplných souborů prostorových dat nebo jeho částí
- Geoprocessingové – umožňují provádět prostorové analýzy nad zdrojovými daty
- Transformační – umožňují transformace souřadnic.
- E-shop - SOAP webové rozhraní Internetového obchodu s produkty ČÚZK
- Služby České sítě permanentních stanic GNSS pro určování polohy (CZEPOS) umožňující uživatelům přijímačů GNSS (globální navigační satelitní systémy) výrazné zpřesnění určované pozice na celém území ČR

Na Geoportálu ČÚZK se nachází aplikace určena k prohlížení dat, která umožňuje zobrazit různé mapy ve vrstvách. Dále tato aplikace umožňuje vzdálené připojení k serverům WMS a WMT, poskytuje informace o datových sadách, vzdálený přístup do katastru nemovitostí a je zde možné měřit vzdálenost a zjišťovat souřadnice bodů (ČÚZK, 2018).

Ortofoto

Ortofotomapa reálně a nezkresleně odráží skutečnou situaci území. Umožňuje srovnání vektorových dat se skutečností. Základem je letecké snímkování a následné zpracování leteckých snímků geodetickými metodami.

Ortofotomapa je úplná, přehledná a snadno zapamatovatelná – lze tedy říci, že ortofotomapa je věrný a srozumitelný obraz zemského povrchu, protože zobrazuje skutečné barvy, tak jak je vidíme. Při nástupu rychlé a kapacitně silné výpočetní technice se stala základní vrstvou každého moderního GIS (geodetický informační systém). Na Geoportálu ČÚZK je ortofoto dostupné jako WMS služba (ČÚZK, 2018).

Základní báze geografických dat (ZABAGED) – polohopis a výškopis

Základní báze geografických dat České republiky vychází z mapy, které je v měřítku 1:10 000 a představuje komplexní digitální geografický model území republiky. V územně orientovaných informačních a řídicích systémech veřejné správy ČR je využívána jako základní informační vrstva. Je hlavním zdrojem informací pro tvorbu základních map ČR měřítek 1:10 000 až 1:100 000. ZABAGED je současně zdrojem vybraných informací pro datovou strukturu INSPIRE.

ZABAGED-polohopis obsahuje dvourozměrné prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a terénním reliéfu a je tvořena 119 typy geografických objektů. Součástí jsou vybrané údaje o geodetických bodech na území ČR. Polohopis ZABAGED je spravován v podobě bezešvé databáze pro celé území ČR.

ZABAGED-výškopis poskytuje informace o výškových poměrech terénního reliéfu (včetně rostlinného pokryvu a staveb) ČR.

Data jsou uživateli poskytována v celých mapových listech v kladu Základní mapy České republiky v měřítku 1 : 10 000, ve výběru dat v rozsahu krajů nebo jako celé území České republiky (ČÚZK, 2018).

DMR 4G – Digitální model reliéfu České republiky 1. generace

Digitální model reliéfu České republiky 1. generace (DMR G1) zobrazuje území včetně rostlinného pokryvu a staveb formou nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4 m pro budovy a 0,7 m pro objekty nepřesně ohraničené (např. lesy). DMP 1G je určen k analýzám výškových poměrů terénu (DMR 5G) a geografických objektů, na kterých se vyskytující (stavby a rostlinný pokryv) regionálního a částečně i lokálního charakteru (analýzy viditelnosti, modelování šíření radiových vln, modelování šíření škodlivých látek a nečistot v ovzduší, apod.).

DMR 4G – Digitální model reliéfu České republiky 4. generace

Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) zobrazuje povrch zemského povrchu formou výšek diskretních bodů pomocí pravidelné sítě bodů o rozměrech 5 x 5 m. Body mají souřadnice X, Y, H, kde bod H představuje nadmořskou výšku s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Tento model je určen především k analýzám terénních poměrů regionálního charakteru (projektování velkých dopravních a vodohospodářských záměrů)

DMR 5G – Digitální model reliéfu České republiky 5. generace

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů, které mají souřadnice X, Y a H, Bod H představuje nadmořskou výšku s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Tento model vznikl stejně jako model DMR 4G pomocí dat pořízených pomocí leteckého laserového skenování výškopisu České republiky mezi lety 2009 – 2013. DMR 5G je primárně určen k analýzám terénních poměrů lokálního rozsahu (např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, apod.).

Pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu je DMR 5G základní databází umožňující tvorbu vrstevnic. Tyto mapy jsou určeny především pro územně orientované informační systémy (Hydro-Ekologický informační systém, Digitální báze vodohospodářských dat, apod.).

Data200

Digitální geografický model území celé České republiky v měřítku 1 : 200 000 poskytuje databáze Data200. Tato databáze vznikla na základě projektu EuroRegionalMap (celoevropská databáze topografických informací) a obsahuje okolo 50 typů objektů. Databáze Data200 je strukturována do 8 tematických vrstev – administrativní hranice, doprava, geografická jména, různé objekty, sídla, vegetace a povrch, vodstvo a výškopis. Data jsou poskytována ve formě souborových dat po tematických vrstvách jako celek pro celou Českou republiku; vrstvy administrativní hranice, doprava, sídla, vegetace a povrch je možno objednat samostatně. Databáze je poskytována prostřednictvím prohlížečích služeb.

CENÍK PRODUKTŮ A SLUŽEB ZEMĚMĚŘICKÉHO ÚŘADU			
Položka	Název produktu	Výdejní jednotka	Základní cena za 1 výdejní jednotku v Kč
DIGITÁLNÍ PRODUKTY A SÍTOVÉ SLUŽBY			
1.	Data200 - všechny vrstvy	území ČR	20 000
2.	Data200 - vrstva Doprava	území ČR	10 000
3.	Data200 - vrstva Vodstvo, Hranice, Sídla, Terénní reliéf	území ČR	5 000
4.	Databáze Geonames	mapový list (18 km ²)	60
5.	INSPIRE datová sada pro téma Zeměpisná jména (GN)	mapový list (18 km ²)	60
6.	Stahovací služba WFS – Geonames	1 km ²	3,4
7.	INSPIRE stahovací služba WFS pro téma Zeměpisná jména (GN)	1 km ²	3,4
8.	Ortofoto České republiky	mapový list (5 km ²)	150
9.	INSPIRE datová sada pro téma Ortofotogramy (OI)	dlaždice 2,2 km ²	66
		dlaždice 4,4 m ²	132
10.	Letecký měřický snímek - digitální + NIR	1 LMS	500
11.	SM 5 – VEKTOR - katastr. složka	mapový list (5 km ²)	250
12.	SM 5 – VEKTOR - výškop. složka	mapový list (5 km ²)	60
13.	SM 5 - VEKTOR - nová podoba	mapový list (5 km ²)	310
14.	SM 5 – RASTR - katastr. složka	mapový list (5 km ²)	120
15.	SM 5 – RASTR - výškop. složka	mapový list (5 km ²)	30
16.	SM 5 - RASTR - nová podoba	mapový list (5 km ²)	150
17.	ZM 10 - rastrová barevná bežešvá	čtverec (4 km ²)	60
18.	ZM 25 - rastrová barevná	čtverec (25 km ²)	100
19.	ZM 50 - rastrová barevná	čtverec (100 km ²)	120
20.	ZM 100 - rastrová	čtverec (400 km ²)	150
21.	ZM 200 - rastrová barevná	čtverec (2 500 km ²)	370
22.	MČR 500 - barevná bežešvá	mapa	500
23.	MČR 1M - barevná bežešvá	mapa	500
24.	Data ze skenování map ÚAZK	mapový list archiválie	25
25.	Geodetický bod digitální	1 bod	3
26.	Geodetický bod s geodetickými údaji (tisk nebo PDF)	1 bod	20
27.	Program ETJTZU 2013	1 ks	5 000
28.	Transformační knihovna ETJTZU	1 ks	5 000
29.	CZEPOS - služby kategorie DGPS	1 vteřina	20 / 1 hod
30.	CZEPOS - služby kategorie RTK a VRS	1 vteřina	60 / 1 hod
31.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 1 vteřina	1 vteřina	50 / 1 hod
32.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 5 vteřin	1 vteřina	10 / 1 hod
33.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 10 vteřin	1 vteřina	5 / 1 hod
34.	CZEPOS - služby kategorie DGPS, RTK, VRS	12 kalendář. měsíců/1GPS	10 000
35.	CZEPOS - služby kategorie DGPS, RTK, VRS	1 kalendář. měsíc/1GPS	1 000

Obrázek 2: Ceník produktů Českého zeměměřického a katastrálního úřadu (ČÚZK, 2018)

2.9.2. Český hydrometeorologický úřad (ČHMÚ)

Na webových stránkách Českého hydrometeorologického úřadu jsou k dispozici hydrologické a klimatologické režimová data z měření průtoků některých vybraných povrchových bod, pramenů a podzemních vrtů. Ke stažení se zde nacházejí mapy použitelné v prostředí GIS v rozlišení 1 x 1 km.

2.9.3. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce (VGHMÚř)

Tato instituce složí jako geografická služba Armády České republiky. Zabezpečuje sběr informací, tvorbu a správu standardizovaných geodetických, kartografických a geografických podkladů, tvorbu map a spravuje speciální databáze určené k obraně České republiky. Mezi produkty, které tento úřad poskytuje, patří dálkový průzkum země, digitální modely území, digitální výškopisná data, rastrové ekvivalenty, speciální vojenské mapy apod. Mapové dílo Digitální model území 1 : 25 000 (DMÚ25) obsahuje vrstvy vodstvo (informace o hloubce toku apod.), sídla, silnice, železnice, rostlinný a půdní kryt, administrativní hranice nebo vojenské výcvikové prostory. Toto mapové dílo svým obsahem odpovídá topografické mapě 1 : 25 000.

2.9.4. GISAT s.r.o.

Jedná se o soukromou společnost, která poskytuje služby, v oblasti družicových dat a geoinformačních programů, počínaje digitálním zpracováním družicových či leteckých snímků až po tvorbu geoinformačních systémů.

V posledních letech se díky rychlému technologickému vývoji v oblasti dálkového průzkumu Země staly družicové snímky velmi oblíbeným zdrojem geografických informací mnoha oborů lidské činnosti. Nejnovější družice dokážou během okamžiku zachytit situaci na několika čtverečních kilometrech a snímky jsou tak nejlepším zdrojem dat například v oblastech ochrany životního prostředí (např. mapování land cover/ land use, modelování půdní eroze, modelování znečištění

vody a ovzduší), nebo v geologickém mapování. Některé družicové systémy dokážou pořídit data radarová nebo hyperspektrální.

Konkurenční prostředí trhu geografických dat v několika posledních letech, donutilo prodejce družicových dat k levnějším cenám a tato data se stala stále častější alternativou k leteckým snímkům.

Na webových stránkách společnosti Gisat s.r.o. se nachází aplikace „*Online archiv družicových dat*“, která slouží jako archiv družicových snímků České republiky a Slovenské republiky s rozlišením 1 x 1 m. Použitím správné kombinace databázového a prostorového dotazu, umožňuje aplikace uživateli získat informace o družicových snímcích

Gisat s.r.o. má jako jediná společnost v republice uzavřeny přímé partnerské a distribuční smlouvy se všemi světovými provozovateli komerčních družic a zajišťuje dodání dat, která nejsou běžně k dispozici (GISAT, 2018).

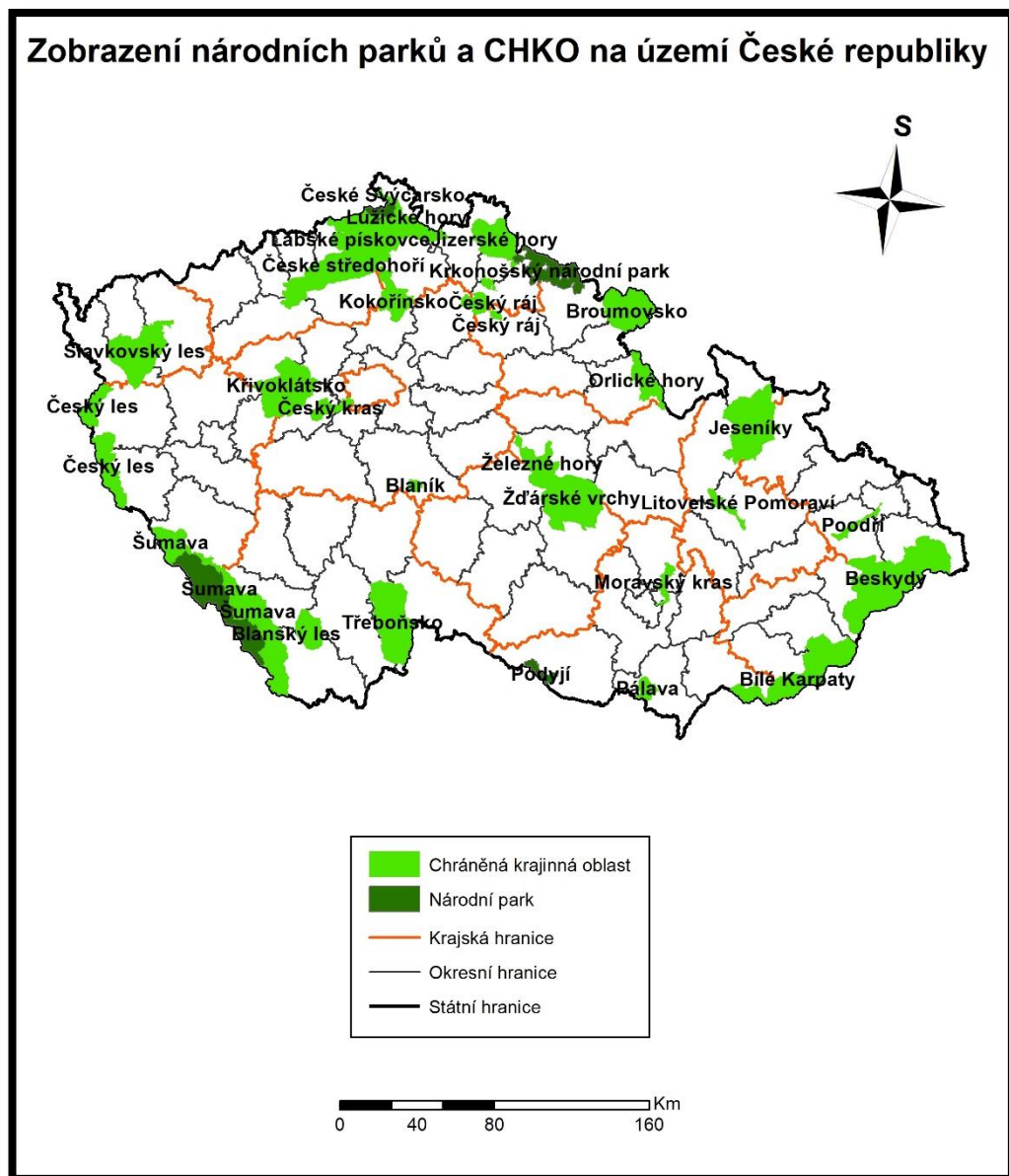
2.9.5. Arcdata Praha

Databáze ArcČR® 500 slouží jako digitální vektorová geografická databáze České republiky, která je zpracována v měřítku 1 : 500 000. Obsahuje přehledné geografické informace o České republice a umožňuje velké množství prostorových analýz a vizualizací s propojením statistických dat.

Geodatabáze vznikla ve spolupráci Zeměměřičského úřadu a společnosti ARCDATA Praha s.r.o. a je volně ke stažení. Podkladem pro zpracování geografických informací v digitální formě jsou mapy a databáze Data200.

ArcČR® 500 obsahuje dvě souborové geodatabáze a soubor s popisem dat. Topografická data obsahují tyto údaje: bažiny a rašeliniště, hranice, lesy, letiště, národní parky a chráněné krajinné oblasti, sídla, silniční síť, vodní plochy, vodní toky, vrstevnice, výškové kóty, železniční síť a železniční stanice. Dále geodatabáze obsahuje rastrová data digitální model reliéfu a z něj odvozený stínovaný reliéf území celé České republiky. Druhá geodatabáze obsahuje administrativní členění a socioekonomické údaje od základních sídelních jednotek až na úroveň státu jako celku. K této geodatabázi byla připojena data Českého statistického úřadu jako například

počet obyvatel v jednotlivých územních celcích nebo počet narozených a zemřelých obyvatel (ARCDATA, 2018).



Obrázek 3: Použití geodatabázi ArcČR® 500 v prostředí GIS (vlastní).

2.9.6. Česká geologická služba (ČGS)

Česká geologická služba na území České republiky zajišťuje výkon státní geologické služby. V rámci této funkce sbírá a zpracovává údaje o geologickém složení území České republiky a dále je poskytuje správním orgánům pro hospodářské, ekologické a politické rozhodování.

Na webových stránkách České geologické služby se nachází mapový server, který pomocí různých mapových aplikací nabízí široké spektrum geovědních dat a informací, které jsou průběžně aktualizovány. K dispozici jsou i mapové služby k prohlížení v prostředí GIS (WMS služby). Některé mapy (mapa nerostných surovin, mapa geofaktorů životního prostředí apod.) jsou k dispozici pouze ke stažení ve formátu PDF (ČGS, 2018).

GEOLOGIE	HYDROGEOLOGIE	PŮDY	NEROSTNÉ SUROVINY	PODDOLOVÁNÍ A DŮLNÍ DÍLA	TĚŽEBNÍ ODPADY
Geologická mapa 1: 25 000	Hydrogeologická prozkoumanost	Půdní mapa 1: 50 000	Surovinový informační systém (SuriS)	Důlní díla a poddolovaná území	Inventarizace úložných míst
Geovědní mapy 1: 50 000	Hydrogeologická raionizace		Dekorační kameny	Oznámená důlní díla	Registr rizikových úložných míst
Geovědní mapy 1: 500 000	Geovědní mapy 1: 500 000			Báňské mapy	
Historie geologického mapování území ČR	Chemismus povrchových vod 2007-2010			<input type="checkbox"/> Geohazardy	
Významné geologické lokality					
<input type="checkbox"/> Geovědní mapy					
NEROSTNÉ SUROVINY	PODDOLOVÁNÍ A DŮLNÍ DÍLA	TĚŽEBNÍ ODPADY	GEOHAZARDY	INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE	ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ
Surovinový informační systém (SuriS)	Důlní díla a poddolovaná území	Inventarizace úložných míst	Komplexní radonová informace	Geovědní mapy 1: 500 000	Údaje o území
Dekorační kameny	Oznámená důlní díla	Registr rizikových úložných míst	Svahové nestability	Svahové nestability	Výdej prostorových informací ÚAP
	Báňské mapy		Geovědní mapy 1: 500 000		Komplexní radonová informace
	<input type="checkbox"/> Geohazardy		<input type="checkbox"/> Geohazardy		Svahové nestability
					Posudková a expertní činnost ČGS
GEOHAZARDY	INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE	ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ	GEOFYZIKA	GEOCHEMIE	GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST
Komplexní radonová informace	Geovědní mapy 1: 500 000	Údaje o území	Geofyzikální měření	Komplexní radonová informace	Vrtná prozkoumanost
Svahové nestability	Svahové nestability	Výdej prostorových informací ÚAP	Komplexní radonová informace	Geovědní mapy 1: 500 000	Geofyzikální měření
Geovědní mapy 1: 500 000		Komplexní radonová informace		Chemismus povrchových vod 2007-2010	Hydrogeologická prozkoumanost
<input type="checkbox"/> Geohazardy		Svahové nestability			
		Posudková a expertní činnost ČGS			
ARCHIVY	VZDĚLÁVÁNÍ A POPULARIZACE	OHLAŠOVÁNÍ A SBĚR DAT			
Mapový archiv ČR	Geologické zajímavosti	Geovědní mapy 1: 50 000			
Báňské mapy	Významné geologické lokality				
Historie geologického mapování území ČR	Dekorační kameny				
Posudková a expertní činnost ČGS	Historie geologického mapování území ČR				
	<input type="checkbox"/> Popularizace geologie				

Obrázek 4: Mapové aplikace České geologické služby (ČGS, 2018)

SPOJITÉ DATOVÉ SADY VE FORMÁTECH GIS		
	Cena	Maximální rozsah poskytovaných dat studentům zdarma ²
GEO ČR 50 (1 list mapy)	8 250 Kč	1 list
GEO ČR 50 (1 km ²)	20 Kč	1 list
GEO ČR 50 s radonovým indexem (1 list mapy) ⁴	14 440 Kč	1 list
GEO ČR 50 s radonovým indexem (1 km ²) ⁴	35 Kč	1 list
Půdní mapa 1 : 50 000 (1 list mapy)	5 170 Kč	1 list
Půdní mapa 1 : 50 000 (1 km ²)	14 Kč	1 list
GEO ČR 25 (1 list mapy)	4 190 Kč	1 list
GEO ČR 25 (1 km ²)	50 Kč	1 list
GEO ČR 500 – geologická mapa (celá ČR)	24 839 Kč	kraj
GEO ČR 500 – geologická mapa (1 km ²)	0,2 Kč	kraj
Regionální geologické schéma 1 : 2 500 000 (celá sada)	2 500 Kč	ČR
Rastrová data z digitálního archivu ČGS – mapy	550 Kč	1 list

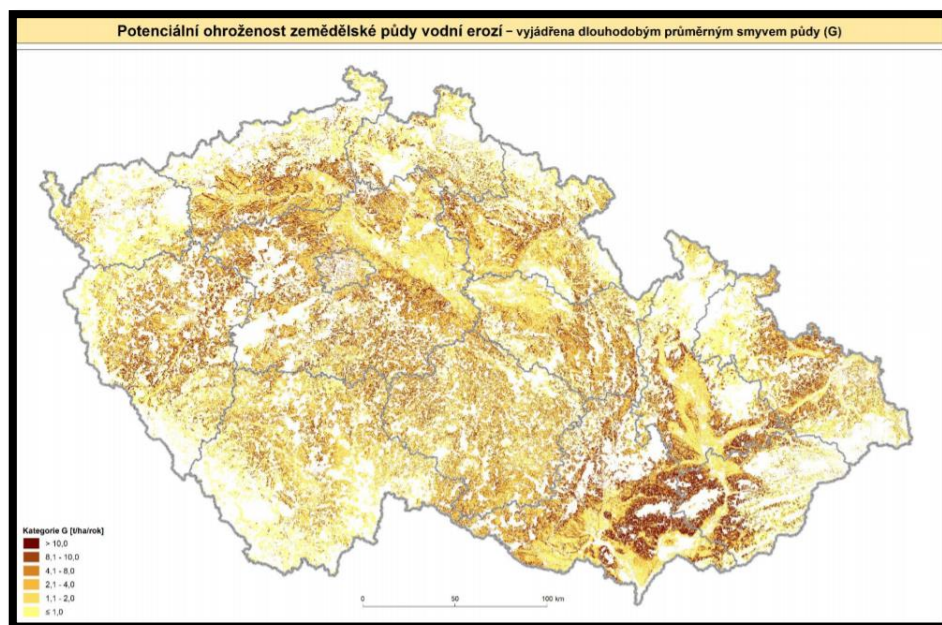
Obrázek 5: Ceník dat České geologické služby (ČGS, 2018)

2.9.7. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy (VÚMOP)

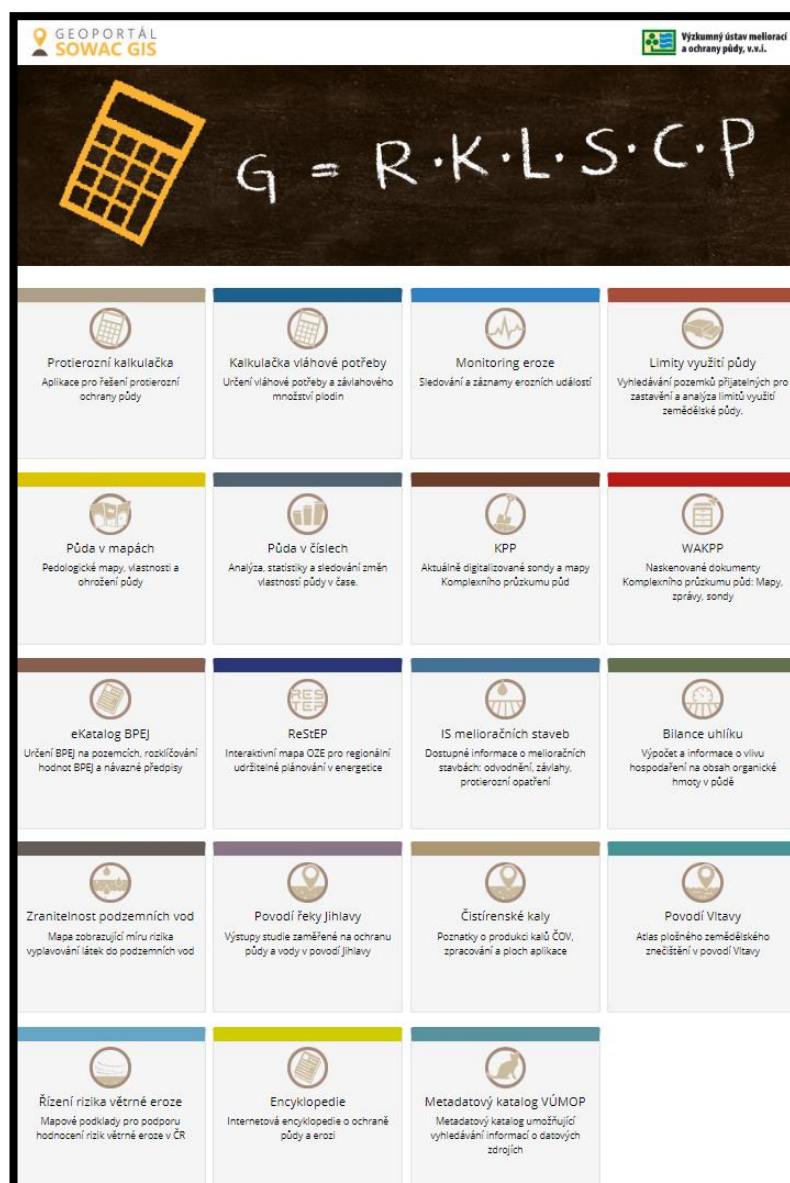
Na internetových stránkách této instituce je k dispozici geoportál Geoportál SOWAC-GIS, který je zaměřen na ochranu půdy, vody a krajiny v České republice a zpřístupňuje rozsáhlé datové báze komplexního průzkumu půd, bonitačního informačního systému, a jejich aplikační tematická vyhodnocení, která slouží jako podklad pro zákonná opatření, vyhlášky a opatření resortních i mimoresortních orgánů.

Geoportál zajišťuje poskytování tematických datových sad z geografického informačního systému o půdě SOWAC GIS. Jedná se např. o data ohroženosti území vodní a větrnou erozí, data komplexního průzkumu půd, nebo data hydrologických charakteristik. Ukázky digitálních dat, ve formě mapových projektů, jsou k dispozici v katalogu mapových a datových produktů, ze kterých je možné připravit mapové výstupy v požadovaném převedení a mapovém měřítku.

Uživatelům jsou k dispozici mapové aplikace, které jsou podporou pro rozhodování v oblasti ochrany zemědělské půdy, protierozní ochrany a k optimalizovanému využití půdy. Prezentování aktuálních a historických informací o půdě, vodě a krajině prostřednictvím map, grafů a tabulek umožňují mapové projekty (VÚMOP, 2018).



Obrázek 6: Mapa potencionální ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí (VÚMOP, 2018)



Obrázek 7: Rozhraní geoportálu na internetových stránkách VÚMOP (VÚMOP, 2018)

Digitální data (ve formátu SHP)	měřítko	vektor	rozišení rastrových dat [m]	cena za 100 ha dat [Kč bez DPH] (kalkuluje se po 1ha)
Komplexní průzkum půd (KPP)				
Zrntostní kategorie dle generalizovaných kartogramů KZSZ - ornice	1:50 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Zrntostní kategorie dle generalizovaných kartogramů KZSZ - podomíči	1:50 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Ohroženost vodní erozi				
Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace (C _v) - nástroj ochrany zemědělské půdy proti vodní erozi		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	48
Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozi - vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy G (možno vyjádřit i jako třidy nebo stupně erozního ohrožení)		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	48
Erodovatelnost půdy vyjádřená K faktorem	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Ochranný vliv vegetace vyjádřený C faktorem	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Vliv délky a sklonu svahu vyjádřený LS faktorem		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Přípustné ztráty půdy vodní erozi s ohledem na dlouhodobé zachování funkcí půdy a její úrodnosti	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20

Obrázek 8: Ceník digitálních dat, týkajících se problematiky vodní eroze (VÚMOP, 2018)

2.9.8. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka (VÚV T. G. M)

Prostřednictvím tohoto ústavu je provozován Hydroekologický informační systém, který poskytuje WMS služby. Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) je označení návrhu katalogu typů objektů jako tematické vodohospodářské nadstavby ZABAGED®. Jedná se o referenční geografickou databázi, vytvořenou převážně z odpovídajících vrstev ZABAGED®, která je cílově určená pro tvorbu tematických kartografických výstupů s vodohospodářskou tematikou a tematikou ochrany vod pro Základní mapu ČR 1:10 000, včetně Mapy záplavových území ČR 1:10 000, a dále pro prostorové analýzy v prostředí GIS a zpracování reportingových dat podle Rámcové směrnice 2000/60/ES v oblasti vodní politiky.

Data jsou průběžně aktualizována. Vybrané datové vrstvy objektů jsou poskytovány ke stažení zdarma ve formátu SHP. Jsou to vrstvy základní jevy povrchových a podzemních vod, účelová klasifikace povrchových a podzemních vod, chráněná území, záplavová území, měřicí a kontrolní místa povrchových a podzemních vod, objekty subsystému užívání vody, místa odběrů a vypouštění, objekty na toku a objekty meteorologických pozorování.

Zdrojem dat pro DIBAVOD jsou výstupy z projektů řešených na VÚV T. G. M., data z Českého hydrometeorologického ústavu, data z Českého zeměměřičského úřadu, data z vodoprávních úřadů, podniků povodí, a zemědělské vodohospodářské správy (VÚV T:G:M, 2018).

2.9.9. Národní geoportál INSPIRE

Infrastruktura pro prostorové informace v Evropě (**IN**frastructure for **SP**atial **InfoR**mation in **EU**rope) je iniciativou Evropské komise. Evropská rada a Rada Evropa klade za cíl vytvořit evropský právní předpis INSPIRE, který vytvoří infrastrukturu umožňující veřejným orgánům v Evropě prostorové informace sdílet. INSPIRE definuje společné normy pro prostorové údaje 34 tematických okruhů (např. informace o správních jednotkách, nadmořské výšce, inženýrských sítích a službách veřejné správy nebo o oblastech ohrožených přírodními riziky). INSPIRE stanovuje obecná pravidla k založení evropské infrastruktury prostorových dat především k environmentálním politikám. Hlavním cílem je možnost poskytnout velké množství prostorových informací členským státům Evropské unie zejména pro vytváření environmentálních politik.

Evropská směrnice INSPIRE obsahuje tyto základní principy:

- data jsou sbírána a vytvářena pouze jednou a jejich správa je zajištěna na místech, kde se děje nejefektivněji
- zajištění možnosti jednotně kombinovat prostorová data z různých zdrojů a sdílet je mezi mnoha uživateli a aplikacemi;
- prostorová data jsou vytvářena na jedné úrovni státní správy a jsou sdílána jejími dalšími úrovněmi v rámci všech členských států Evropské unie
- prostorová data jsou dostupná za splnění podmínek, které nebudou omezovat jejich další využití;
- zajištění snadnějšího vyhledávání dostupných prostorových dat, zajištění vyhodnocení vhodnosti jejich využití pro daný účel a zajištěné zpřístupnění informací, za jakých podmínek je možné tato data využít.

V České republice je směrnice INSPIRE převedena novelou zákona č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí. Národní geoportál INSPIRE je zřizován Ministerstvem životního prostředí. Veřejnosti umožňuje přístup k prostorovým datům, která se týkají alespoň jedné tematické oblasti přílohy směrnice (např. vodstvo, krajinná pokryv, ortofotografické zobrazení) Provoz Národního geoportálu INSPIRE zajišťuje CENIA - Česká informační agentura životního prostředí. Služby na geoportálu umožňují uživatelům prohlížet, vyhledávat a stahovat data. Některá data jsou po předchozí registraci zdarma (např. vrstva CORINE Land Cover)

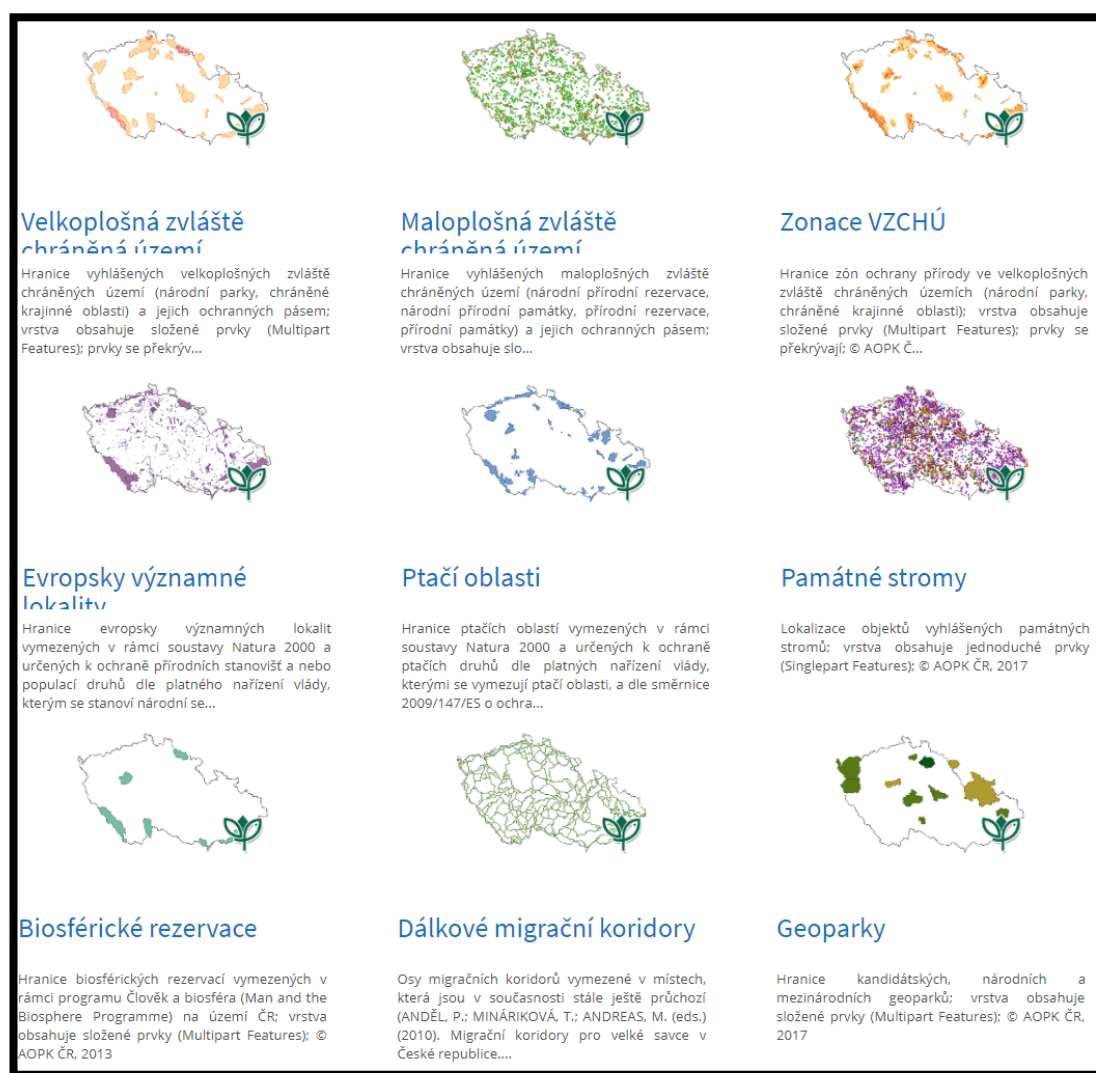
Kromě webového rozhraní jsou data zpřístupněna i prostřednictvím WMS a IMS služeb, které umožňují použití při práci s nejrůznějšími GIS softwary, a také dalšími mapovými servery, které mohou jednotlivé mapové služby přebírat a zobrazovat spolu s vlastními, lokálně uloženými daty (takovýto postup využití dat je jedním z hlavních cílů evropské směrnice INSPIRE) (INSPIRE, 2018).

2.9.10. Databáze CORINE Land Cover

Jedná se o databázi, která je výsledkem programu Corine (COoRdination of INformation on the Environment), kterým Evropská komise v roce 1985 zahájila sběr, koordinaci a přístup k informacím o životním prostředí a přírodních zdrojích. Program se skládá ze tří částí – Land Cover (krajinný pokryv), Biotopes (biotopy) a Air (ovzduší). Tato databáze popisuje a klasifikuje krajinný pokryv zemského povrchu, který je získán dálkovým průzkumem Země, v měřítku 1 : 100 000 s nejmenší mapovací jednotkou pro plošné jevy 25 ha a 100m pro liniové jevy.

2.9.11. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR)

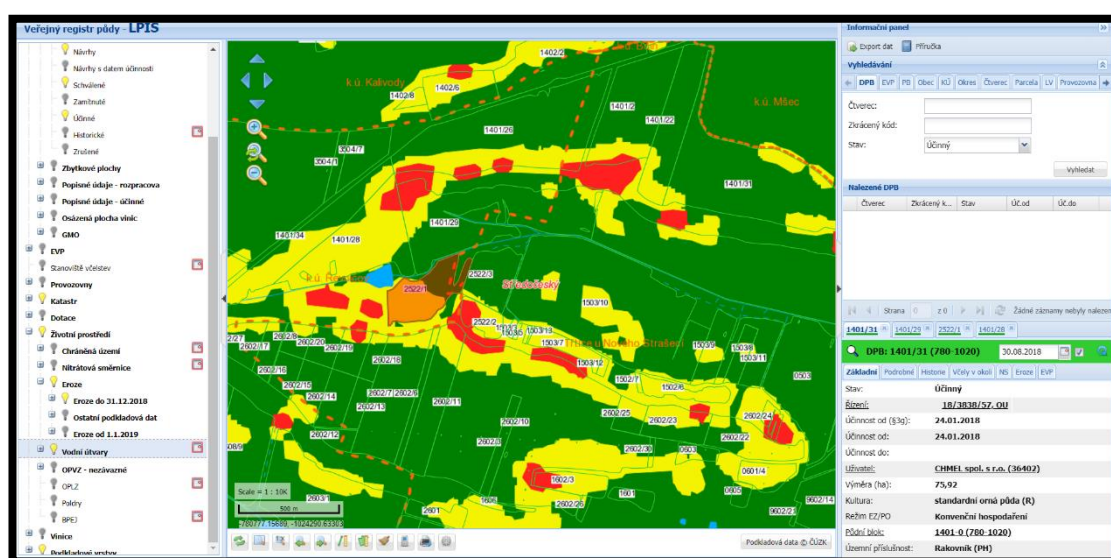
Na internetových stránkách této instituce se nachází mapový portál, který nabízí 9 tematických map (obrázek 8). Všechny datové sady je také možné stáhnout ve formátu shapefile, nebo je lze použít prostřednictvím prohlížečích a stahovacích služeb ArcGIS nebo WMS a WFS služeb (AOPK ČR, 2018).



Obrázek 9: Přehled nabízených tematických map (AOPK ČR, 2018)

2.9.12. Veřejný registr půdy (LPIS)

Jedná se o největší zemědělský registr půdy. LPIS je geografický informační systém, který slouží primárně k evidenci využití zemědělské půdy na území České republiky. Hlavním účelem tohoto registru je ověřování údajů, které se přikládají k žádostem o dotace na zemědělskou půdu (dotace z Evropské unie nebo Národní dotační programy). Tento registr lze využít jako datový podklad při provádění zákonných evidencí o použití hnojiv, přípravků na ochranu rostlin nebo pro stanovení erozní ohroženosti půd (EAGRI, 2018).



Obrázek 10: Zobrazení erozní ohroženosti půdy v okolí Ráčského potoka (LPIS, 2018)

2.9.13. European Soil Data Centre (ESDAC)

Evropské středisko pro zpracování půdy (ESDAC) je evropským centrem údajů o půdě. Hlavním cílem této instituce je stát se jediným střediskem relevantních údajů a informací o půdě pro evropské státy. Internetové stránky obsahují několik druhů zdrojů, které jsou organizovány a prezentovány různými způsoby (datové zdroje, služby, aplikace, mapy, dokumenty, projekty a externí odkazy).

ESDAC v současné době obsahuje mnoho údajů a informací o půdě které jsou k dispozici v evropském měřítku. Datové sady jsou uspořádány v některých širokých kategoriích. První kategorie obsahuje Evropskou databázi půd (ESDB), datové sady, které byly odvozeny pomocí ESDB a obecné evropské datové sady obsahující vlastnosti půdy. Druhá kategorie obsahuje data související s hrozbami půdy (eroze, organický uhlík v půdě, sesuvy půdy, zhutnění, salinizace, utěsnění půdy apod.). Třetí kategorie nabízí údaje o půdních bodech (LUCAS – informace o půdním krytu a využíváním půdy). Čtvrtá kategorie obsahuje údaje pocházející z řešených projektů.

Mapový prohlížeč ESDAC Map Viewer umožňuje uživateli zobrazit klíčové údaje o půdě pro Evropu. Poskytuje přístup k atributům evropské databáze půd a některých dalších údajů týkajících se hlavních hrozeb půdy, které jsou uvedeny v tematické strategii pro půdu. ESDAC Map Viewer byl vyvinut podle standardů tak, aby byl schopen fungovat s podobnými informacemi umožňujícími integraci dat o životním prostředí z celého světa v reálném čase. Prohlížeč umožňuje sjednocení vrstev evropské databáze půd a některých další vrstev půd do jedné webové aplikace (ESDAC, 2018).

Na webových stránkách této instituce jsou k dispozici mapové výstupy a data řešených projektů. Ke stažení jsou zde například mapy R faktoru, K faktoru, C faktoru, LS faktoru, mapa organického uhlíku v půdě, mapa světové půdní biodiverzity, mapa větrné eroze, kyselost půd nebo mapa těžkých kovů vyskytujících se v půdě. Většina map a dat jsou zpracována pro území Evropy nebo celého světa. Některé datové sady jsou volně ke stažení. Ostatní jsou dostupné po předchozí registraci.

3. Cíle práce

1. Rešerše dostupných geodat – bude provedena literární rešerše morfologických, půdních, vegetačních a srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy. Bude popsán současný stav řešené problematiky, nastíněny budou základní metody hodnocení půdní eroze

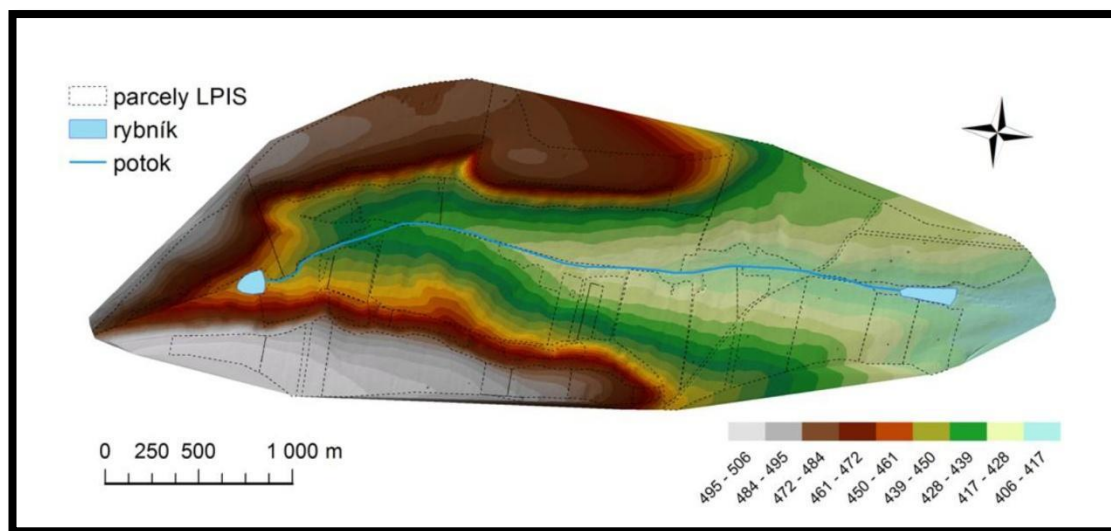
2. V praktické části bude provedena analýza dostupných geodatabází a geodat. hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu. Dílčím faktorem univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), který bude analyzován, bude faktor vegetačního pokryvu, který bude zpracován několika způsoby. Následně budou výstupy z tohoto šetření vloženy do rovnice USLE a budou analyzovány výsledky.

4. Metodika analýzy geodat

Jako modelové území bylo vybráno povodí Ráčského potoka, na kterém probíhají experimentální pozorování a měření v rámci projektu TAČR – TH02030125.

Povodí Ráčského potoka se nachází u obce Mšec v okrese Rakovník ve Středočeském kraji a je součástí povodí potoka Loděnice, který je přítokem řeky Berounky. Klimaticky povodí patří do mírně teplé a mírně suché oblasti s mírnou zimou. Dlouhodobá teplota vzduchu ve vegetačním období dosahuje 12,9 °C, s dlouhodobým průměrným úhrnem srážek ve vegetačním období 347 mm Povodí je tvořeno podlouhlým údolím, orientovaným od západu k východu, o délce cca 5 km

Povodí je zařazeno do výrobní oblasti bramborářské, s převládajícím subtypem bramborářsko-ječným a pšeničným. Na zemědělských obhospodařovaných plochách jsou nejčastěji pěstovány tyto plodiny: širokořádkové - kukuřice na siláž, brambory, chmel; úzkořádkové - ječmen jarní, oves, ozimá pšenice, žito, řepka ozimá; pícniny na orné půdě - jetelotravní a luskoobilné směsky.



Obrázek 11: Povodí Ráčského potoka (Brychta et al, 2018)

Jako dílčí faktor rovnic USLE byl vybrán faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu (C faktor). Pro stanovení tohoto faktoru byly použity různé postupy, různé geodatabáze s rozdílným prostorovým rozlišením, přesností a rozdílným typem geodat. Analýza byla provedena v prostředí softwaru ArcMap 10.5.1.

Pro výpočet hodnoty C faktoru podle klimatických regionů byla použita polygonová vrstva BPEJ, která je volně ke stažení z webových stránek Státního pozemkového fondu. Vrstva byla následně oříznuta zájmovým územím. V atributové tabulce této vrstvy byly vytvořeny 2 nové sloupce:

- s 1. číslem kódu BPEJ, který udává informaci o klimatickém regionu
- s hodnotou C faktoru podle klimatického regionu (Toman et al, 2003)

Následně byla z této polygonové vrstvy vytvořena rastrová vrstva v rozlišení 10 m.

Hodnota C faktoru byla získána ze vztahu mezi ztrátou půdy v oblastech s vegetačním pokryvem a bez vegetačního pokryvu. Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI) je definován jako parametr spočítaný z hodnot odrazu světla při různých vlnových délkách. Použití indexu NDVI je založeno na konkrétním radiometrickém chování vegetace. Vegetační pokryv v dobrém zdravotním stavu má spektrální charakter charakterizovaný kontrastem mezi červeným pásmem (mezi 0,6 a 0,7 μm .), a infračerveným pásmem (0,7 až 1,1 μm .) Tato kvalita vegetace umožňuje realizaci jeho kvalitativního hodnocení.

Index NDVI se vypočítá podle vzorce:

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

kde: **NIR** červené pásmo

VIS infračervené pásmo

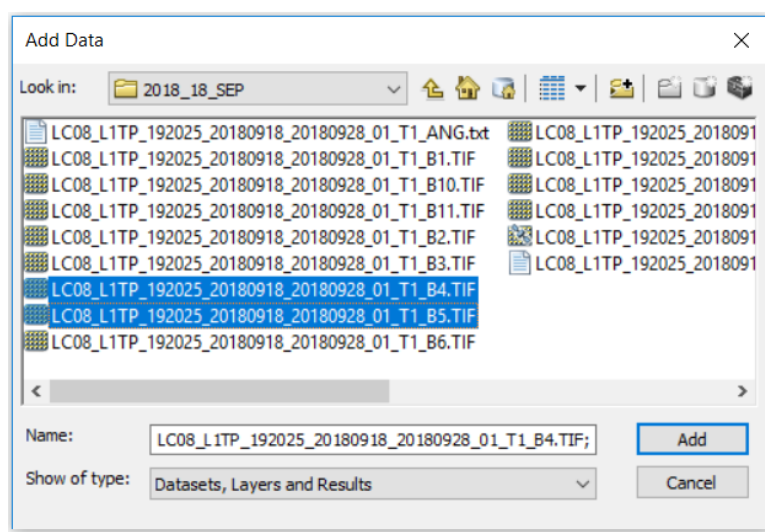
NDVI se pohybuje v rozmezí -1 až 1, kde nižší hodnoty představují běžné povrchy a vyšší hodnoty zelenou vegetaci. Hodnoty blížící se 1 znázorňují hustou vegetaci, hodnoty pohybující se okolo 0 vyjadřují holou půdu; vodní plochy, sněhové plochy a mraky reprezentují záporné hodnoty. Rozsah hodnot spektrálního odrazu je

mezi 0 a 1 (Monteith, 1981). Vegetace, která je zdravá, pohltí téměř veškeré viditelné světlo, které na ni dopadá a odráží velkou část infračerveného světla.

Pro stanovení C faktoru pomocí NDVI byly vybrány a staženy družicové snímky, za vegetační období květen, červenec a září mezi roky 2014 – 2018 (tabulka 3). Družicové snímky ze satelitu Landsat 8 byly staženy z volně dostupné databáze z aplikace <https://earthexplorer.usgs.gov/>, ve formátu Level 1 (snímky bez atmosférické korekce). Stažené družicové snímky ze satelitu Landsat 8 obsahují snímky 11 spektrálních pásem a je důležité zvolit snímky červeného pásma a infračerveného pásma. Těmto pásmům odpovídají snímky s koncovým označením B4 (infračervené pásmo) a B5 (červené pásmo) (obrázek 12).

Oblast	Datum	Snímací senzor	Družice
Ráčský potok	18.9.2018, 15.9.2017, 12.9. 2016, 10.9.2015, 7.9.2014	OLI	Landsat 8
	17.8.2018, 30.8.2017, 27.8.2016, 9.8.2018, 22.8.2014		
	16.7.2018, 13.7.2017, 10.7.2016, 24.7.2015, 5.7.2014		
	30.6.2018, 11.6.2017, 24.6.2016, 6.6.2015, 19.6.2014		
	13.5.2018, 10.5.2017, 7.5.2016, 14.5.2015, 2.5. 2015		

Tabulka 3: Termíny družicových snímků (vlastní)



Obrázek 12: Výběr správných spektrálních pásem při nahrávání družicových snímků (vlastní)

Po načtení snímků, které odpovídají vybraným pásmům, bylo potřeba tyto snímky oříznout podle zájmového území. Poté byl podle vzorce NDVI spočítán vegetační index. Výstupem jsou rastrové snímky indexu NDVI pro každý družicový snímek. Tyto rastrové snímky ze stejného roku byly poté sečteny a poděleny jejich počtem. Výstupem je 5 rastrů průměrných hodnot NDVI za vegetační období květen – červenec – září. Následně byly tyto rastrové snímky opět sečteny a poděleny jejich počtem a byl získán rastrový snímek průměrných hodnot za vegetační období květen – červenec – září mezi roky 2014 – 2018.

Pro výpočet hodnoty C faktoru založených na indexu NDVI byly použity tři modely. Van der Knijff (1999) vyvinul model (C1), který je široce používán v Evropě. Model, který je používán převážně v asijských oblastech (C2), objevil Lin et al (2002). Třetí model (C3), podle kterého bude spočítán C faktor je model lineární regrese (Corrêa&Pinto, 2011).

$$C1 = \exp \left[-2 * \left(\frac{NDVI}{1 - NDVI} \right) \right]$$

$$C2 = \left(\frac{1 - NDVI}{2} \right)^{1+NDVI}$$

$$C3 = 0.5 - (0.5 * NDVI)$$

Dále bylo potřeba vytvořit vrstvu K faktoru a LS faktoru. Vrstva K faktoru byla vytvořena pomocí druhého a třetího čísla kódu BPEJ, které udávají informace o hlavních půdních jednotkách. V atributové tabulce polygonové vrstvy BPEJ byly vytvořeny další dva sloupce s hlavními půdními jednotkami. Podle metody Janečka et al (2012) byly hlavním půdním jednotkám přiřazeny hodnoty K faktoru. Vrstva LS faktoru byla spočítána dle rovnice Renarda et al (1997), která je popsána v kapitole 2.4.3.

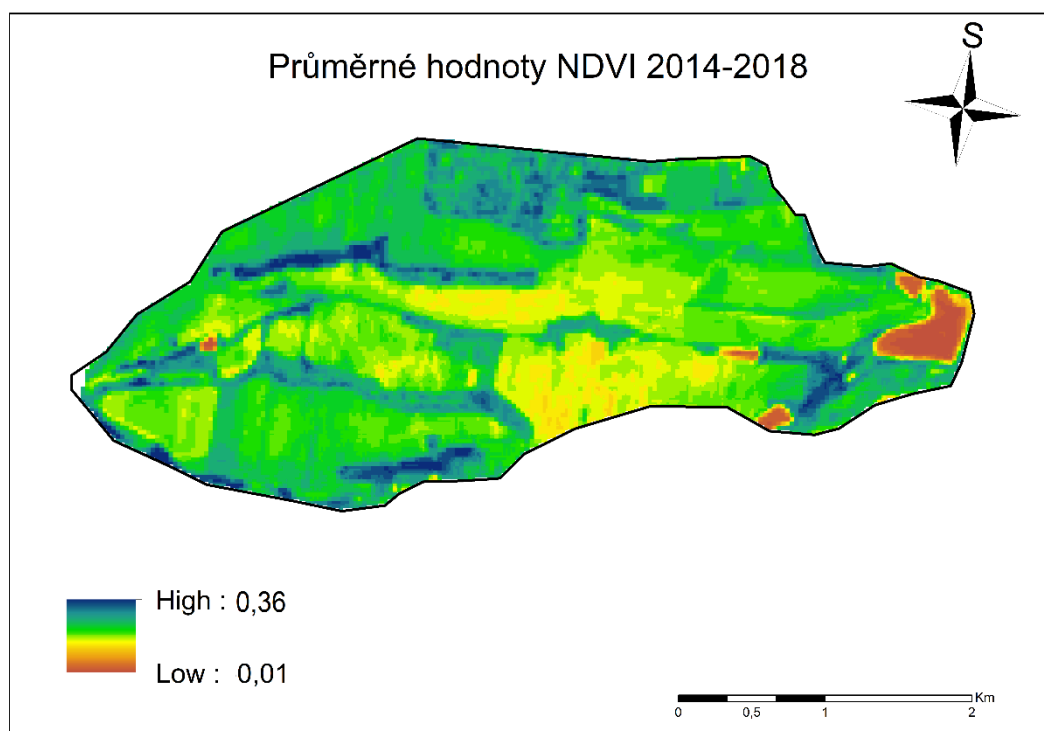
Takto vytvořené rastrové vrstvy jednotlivých faktorů byly dosazeny do rovnice USLE. Za hodnotu R faktoru bylo dosazeno číslo 40 (průměrná hodnota erozní účinnosti deště, vyjádřena v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů pro zemědělsky obdělávané pozemky v České republice je 40 MJ/ha * cm/hod). Za hodnotu P faktoru bylo dosazeno číslo 1 (nenachází se zde žádná ochranná protierozní opatření).

5. Výsledky a diskuze

K dosažení nejpřesnějších výsledků použití rovnice USLE, jsou nejvíce vhodná data získaná z terénního měření. Jejich získání bývá ale časově i finančně nákladné a proto jsou z tohoto důvodu v této práci analyzovány geodatabáze, které jsou finančně dostupné, a které jsou vhodné k výpočtu dlouhodobé průměrné roční ztrátě půdy, za použití rovnice USLE.

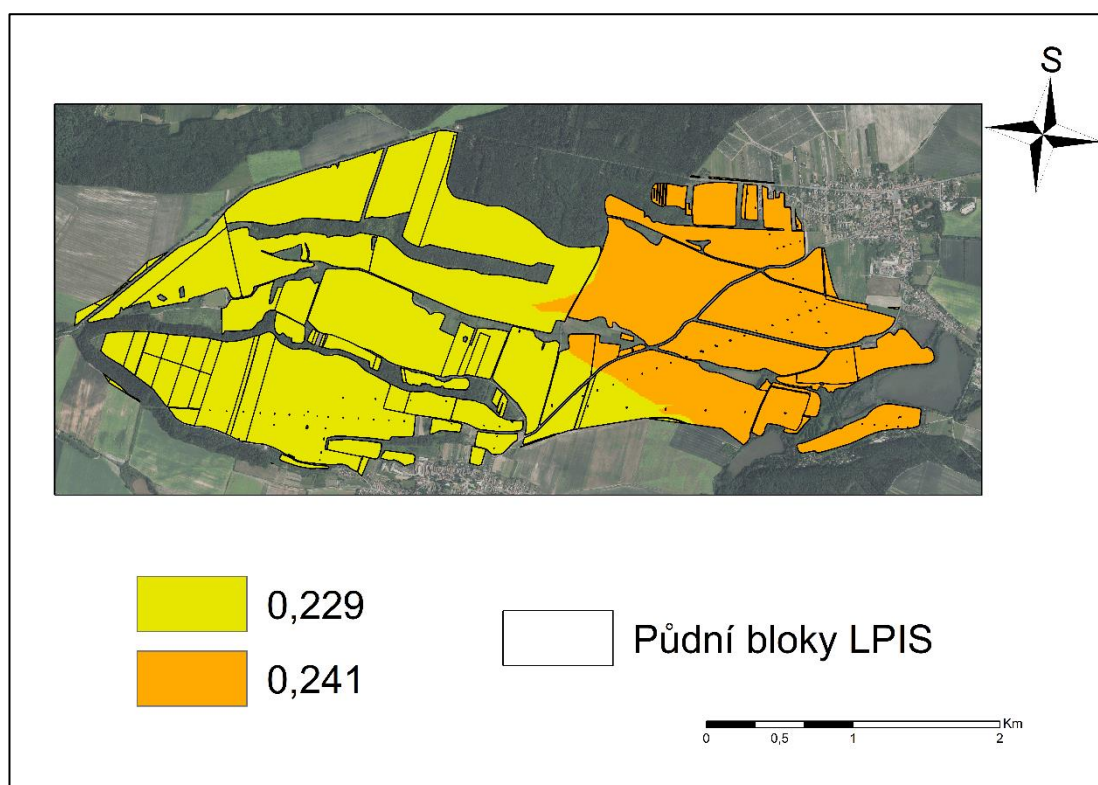
Pro analýzu C faktoru byla zvolena mapa C faktoru vytvořena dle klimatických regionů podle první číslice kódu BPEJ a mapy C faktoru vytvořené podle třech různých modelů pomocí normalizovaného diferenčního vegetačního indexu. Výsledky analýzy jsou uvedené na obrázcích 13 – 21 a v tabulce 5.

Průměrná hodnota vegetačního indexu NDVI v zájmovém území za vegetační období květen – září mezi lety 2014 – 2018 dosahuje hodnot mezi 0,01 až 0,36 (obrázek 13). Z obrázku je zřejmé, že plochy, které dosahují nejnižších hodnot vegetačního indexu NDVI jsou vodní plochy a jsou snadno rozeznatelné od ostatních ploch.

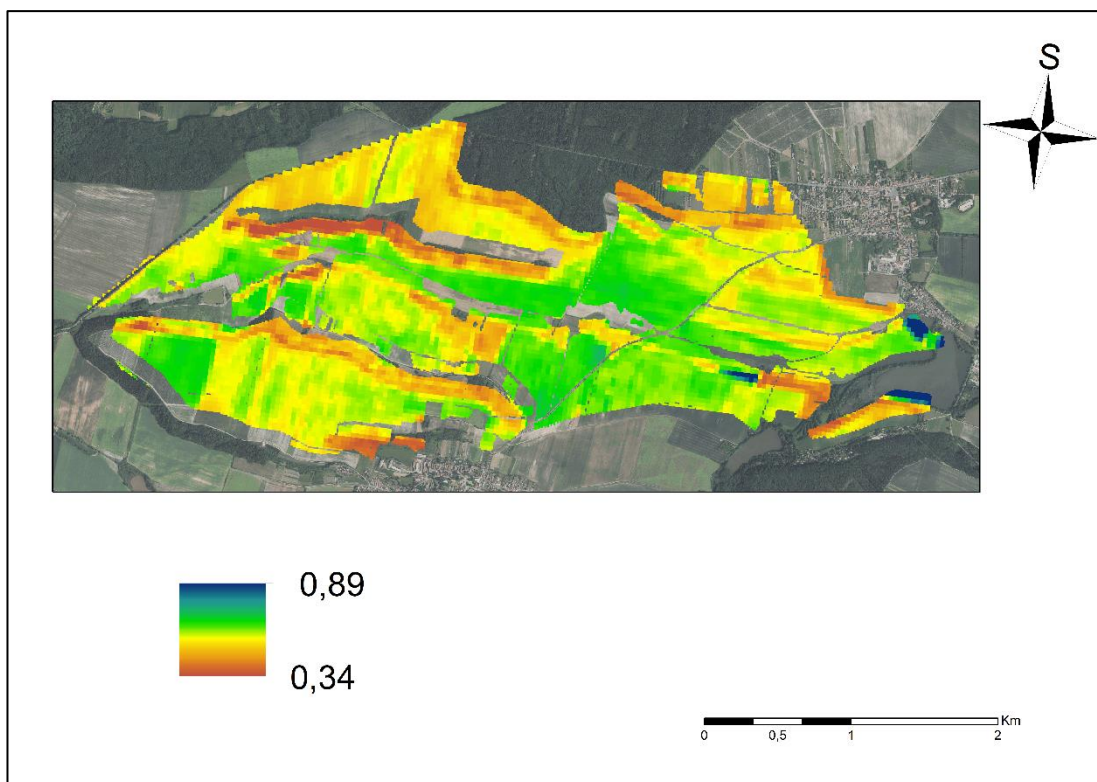


Obrázek 13: Průměrné hodnoty vegetačního indexu NDVI během vegetačního období květen – září mezi roky 2014 -2018. (vlastní)

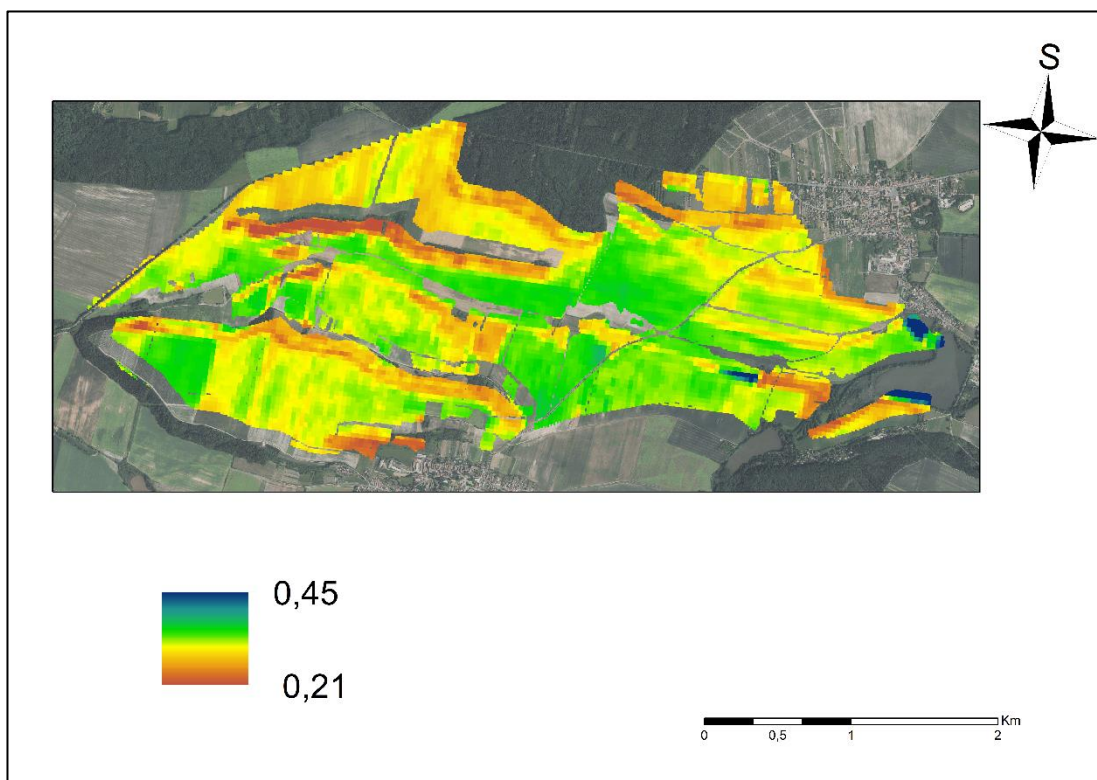
Z analýzy rastrových vrstev C faktorů je zřejmé, že hodnoty C faktoru pro zvolené území se velmi liší. Všechny 4 vrstvy byly vytvořeny v rozlišení 10 m. Hodnoty C faktoru (obrázek 14), které byly zpracovány metodou klimatických regionů dle Tomana a Kadlece (C1) se nejvíce přibližují metodě, která se běžně používá v praxi při provádění pozemkových úprav. Hodnoty C faktoru zpracovaného za použití indexu NDVI - C1, C2 a C3 (obrázky 15, 16 a 17) se od metody klimatických regionů liší. Nejvíce je tato odchylka patrná při porovnání hodnot metody C a metody C1. Rozdíly všech čtyř metod jsou uvedeny v tabulce 5.



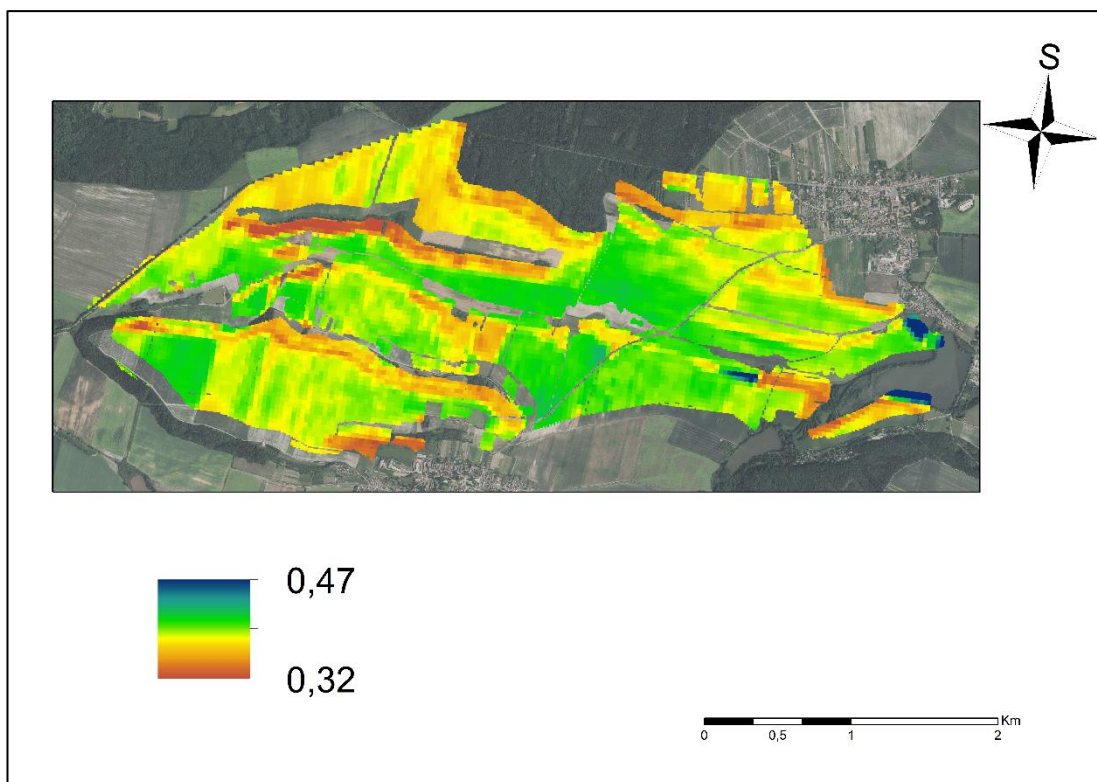
Obrázek 14: Hodnota C faktoru dle klimatických regionů (C) (vlastní)



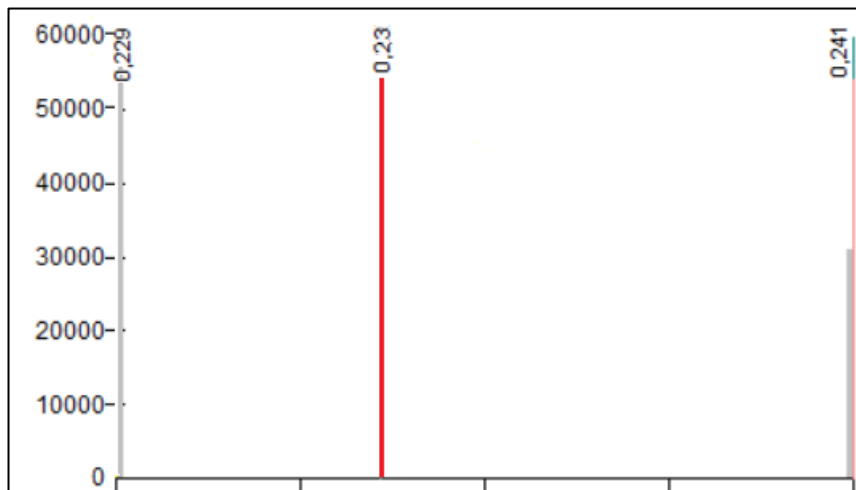
Obrázek 15: Hodnota C faktoru dle modelu Van der Knijff (C1) (vlastní)



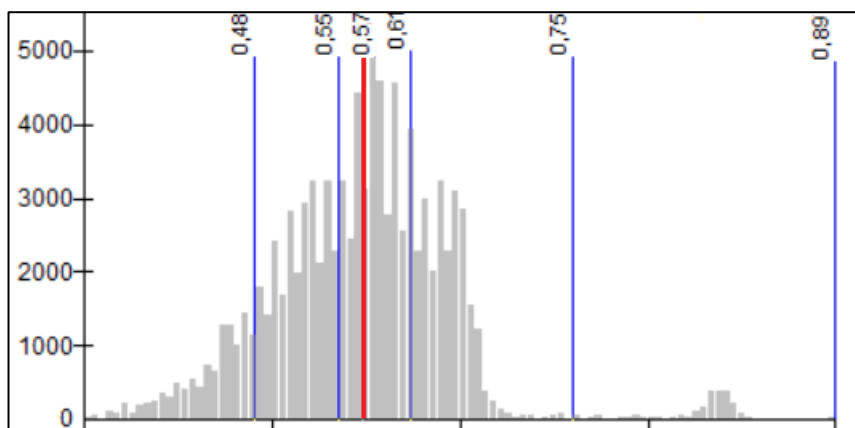
Obrázek 16: Hodnota C faktoru dle modelu Lin et al (C2) (vlastní)



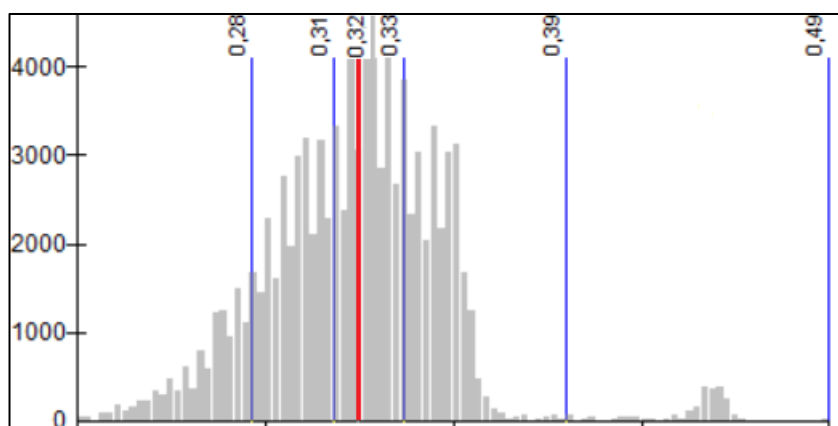
Obrázek 17: Hodnota C faktoru dle modelu Corrêa&Pint (C3) (vlastní)



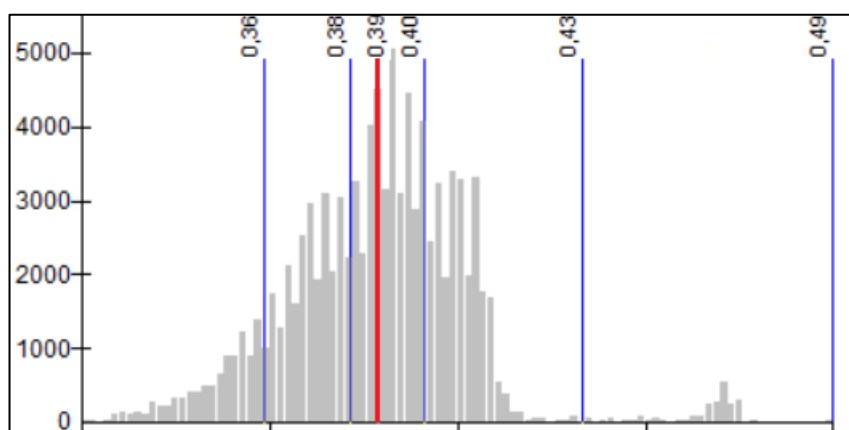
Obrázek 18: Statistická analýza C faktoru dle klimatických regionů (vlastní)



Obrázek 19: Statistická analýza C faktoru dle modelu Van der Knijff (vlastní)



Obrázek 20: Statistická analýza C faktoru dle modelu Lin et al (vlastní)

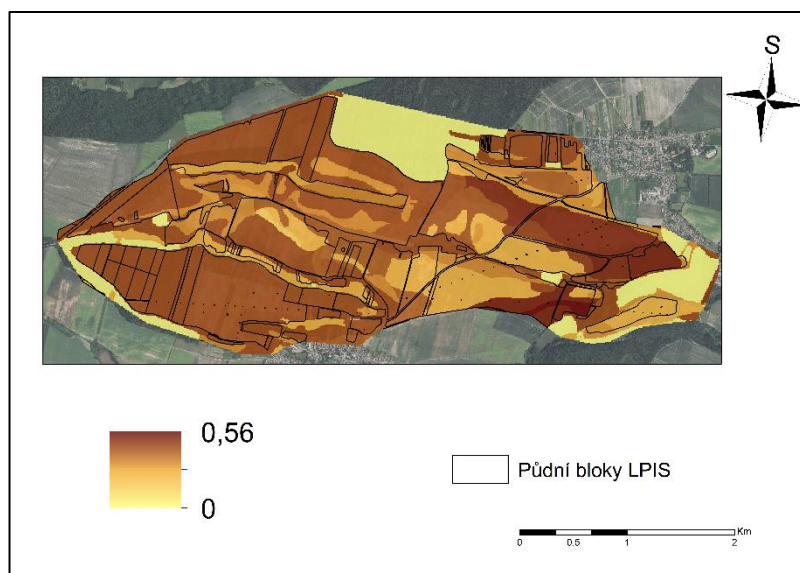


Obrázek 21: Statistická analýza C faktoru dle modelu Corrêa&Pint (vlastní)

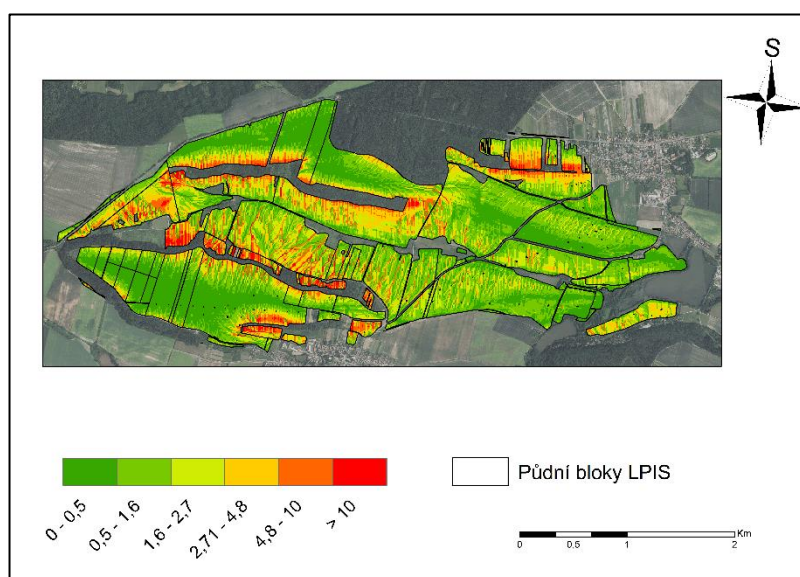
Mapa C faktoru	\bar{O}	SD	MIN	MAX
C dle klimatických regionů (C)	0,23	0,001	0,229	0,241
C dle Van der Knijff (C1)	0,57	0,06	0,34	0,89
C dle Lin (C2)	0,32	0,03	0,21	0,45
C dle Corrêa&Pinto (C3)	0,39	0,02	0,32	0,47

Tabulka 4: Souhrn výsledků statistických analýz C faktorů (vlastní)
 \bar{O} – průměrná hodnota z rastrové mapy, SD – směrodatná odchylka, MIN – minimum, MAX – maximum

Pro výpočet průměrné roční ztráty půdy dle USLE byly dále vytvořeny rastry s hodnotami K faktoru (obrázek 22) a LS faktoru (obrázek 23).



Obrázek 22: Hodnota K faktoru dle BPEJ (vlastní)



Obrázek 23: Hodnoty LS faktoru (vlastní)

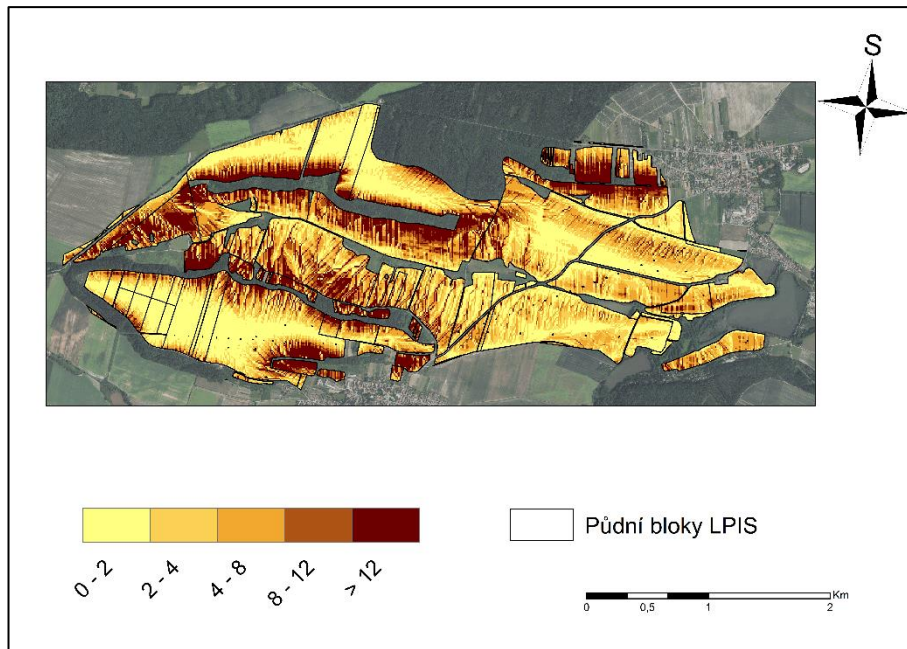
Následně byly analyzovány rozdíly v průměrné roční ztrátě půdy pro každý jednotlivý pixel. Rastrové výstupy průměrné roční ztráty půdy v t/ha/rok pro každý jednotlivý pixel jsou znázorněny na obrázcích 24 až 28. Statistická analýza je shrnuta v tabulce 6.

G	C	Ø	SD
G	Klimatické regiony	6,57	12,25
G1	Van der Knijff	16,15	30,73
G2	Lin et al	9,01	17,06
G3	Corrêa&Pinto	11,1	20,87

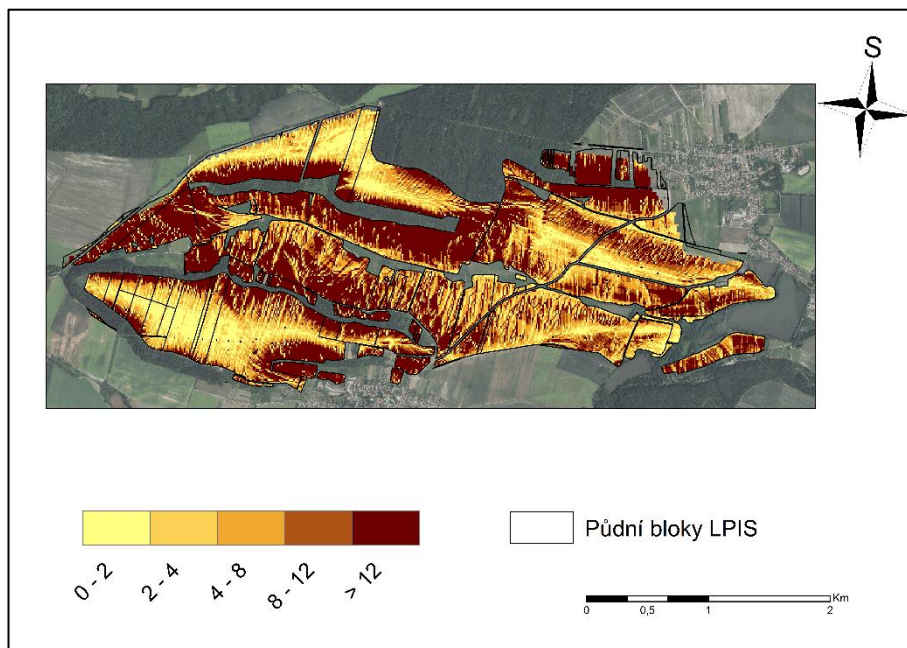
Tabulka 5: Statistická analýza pixelů s hodnotami průměrné roční ztráty půdy (vlastní)

Ø – průměrná hodnota z rastrové mapy, SD – směrodatná odchylka

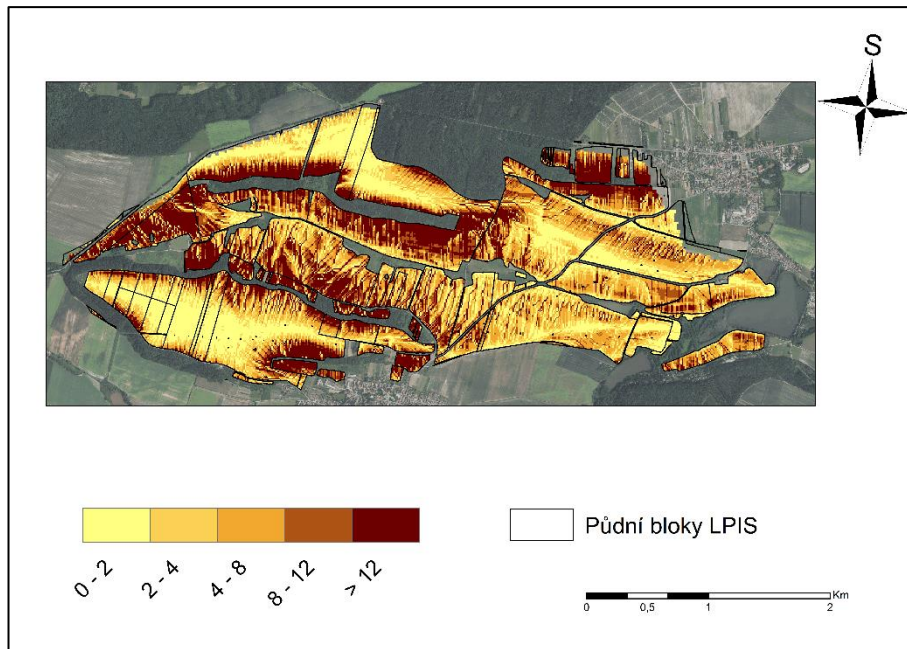
Z analýzy je patrné, že hodnoty průměrné roční ztráty půdy, získané použitím C faktoru vytvořených pomocí indexu NDVI, dosahují vyšších hodnot, než C faktor vytvořený dle klimatických regionů. Nejvyšší průměrné hodnoty je dosaženo při použití C faktoru dle Van der Knijffa. Rozdíl celkového průměru z řešeného území je 9,58 t/ha.



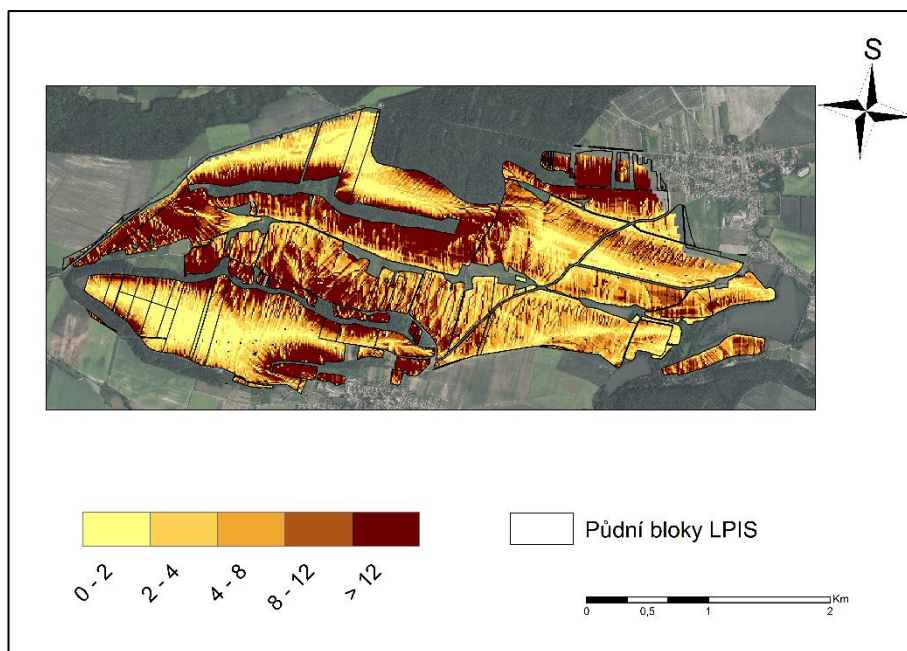
Obrázek 24: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle klimatických regionů (C) (vlastní)



Obrázek 25: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Van der Knijff (C1)(vlastní)



Obrázek 26: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Lin et al (C2) (vlastní)

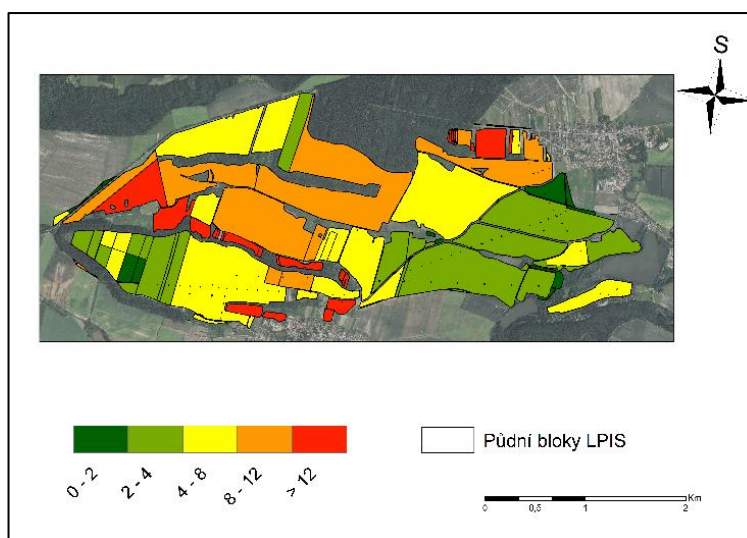


Obrázek 27: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Corrêa&Pinto (C3) (vlastní)

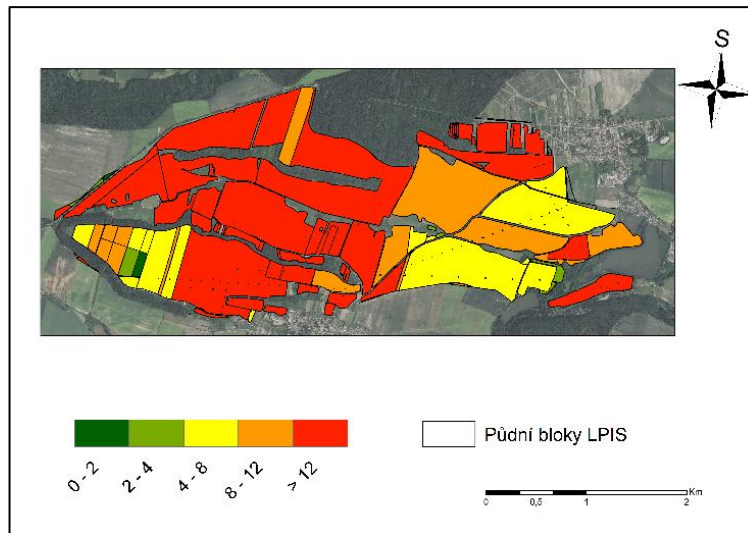
Analýza průměrné roční ztráty pro jednotlivé půdní bloky LPIS ukazuje, že hodnoty získané použitím C faktoru vytvořených pomocí indexu NDVI, dosahují vyšších hodnot, než C faktor vytvořený dle klimatických regionů. Rozdíl celkového průměru z řešeného území je 10,49 t/ha.

G	C	Ø	SD
G	Klimatické regiony	7,11	5,70
G1	Van der Knijff	17,60	14,50
G2	Lin et al	9,77	8,04
G3	Corrêa&Pinto	12,03	9,84

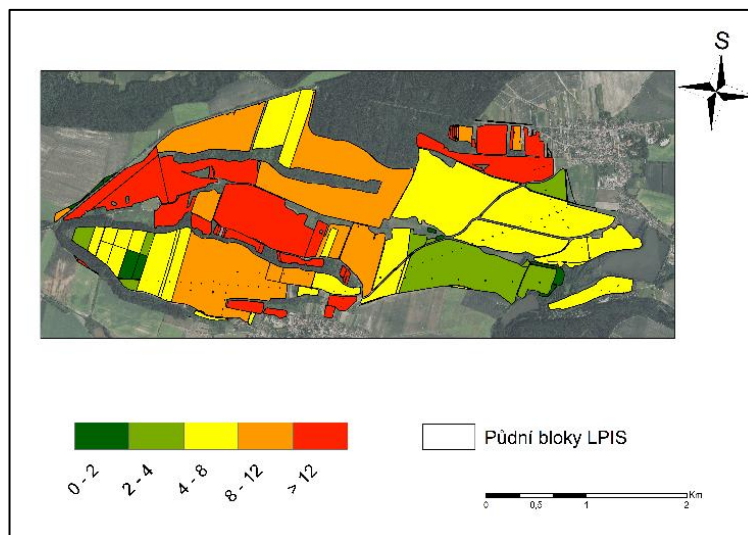
Tabulka 6: Statistická analýza půdních bloků s hodnotami průměrné roční ztráty půdy (vlastní)
 \bar{O} – průměrná hodnota z rastrové mapy, SD – směrodatná odchylka



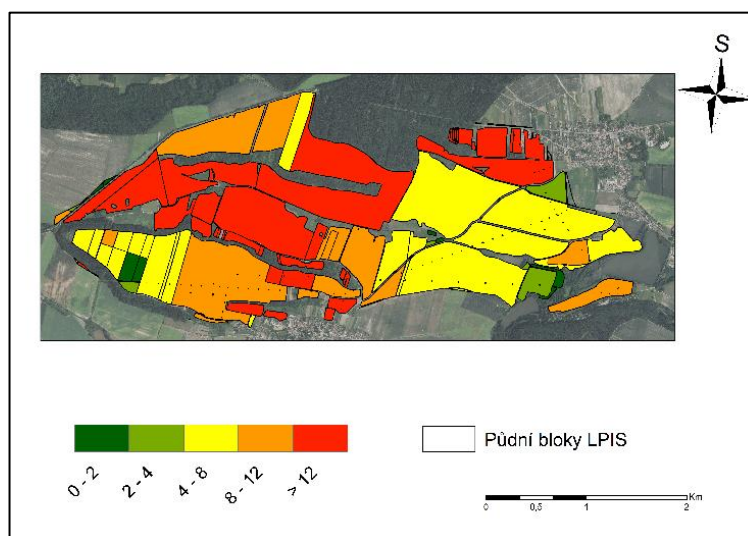
Obrázek 28: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C (vlastní)



Obrázek 29 Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C1 (vlastní)



Obrázek 30: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C2 (vlastní)



Obrázek 31: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C3 (vlastní)

6. Závěr

V první části této diplomové práce byla provedena rešeršní analýza dostupných geodatabází a geodat. Bylo zjištěno, že mnoho institucí v České republice zpřístupňuje výsledky své činnosti v podobě mapových portálů. Data, která uživatel takto získá, jsou však jen ale málokdy ve formátu, aby s nimi mohl dále pracovat – samostatná data k další práci. Přístup ke geodatům a geodatabázím je na území našeho státu nepřehledný. Vyřešit tento problém by měla v budoucnu evropská směrnice INSPIRE. Převedení této směrnice do legislativy již proběhlo a jejím postupným uplatňováním se situace pomalu zlepšuje. Díky INSPIRE se informace snáze vyhledávají, uživatelé je mezi sebou mohou sdílet. Data jsou poté k dispozici prostřednictvím online portálů a jsou porovnatelná a kombinovatelná.

Všechna data, která byla použita v praktické části diplomové práce, pocházela z veřejně dostupných databází a byla zcela zdarma. V praktické části práce byla analyzována a vyhodnocena použitelnost geodat a geodatabází při tvorbě faktoru vegetačního krytu – C faktoru. K výpočtu tohoto faktoru byla použita klasická metoda přiřazení hodnoty C faktoru podle klimatických regionů České republiky (1. číslo kódu BPEJ) a analýza multispektrálních obrazových dat v oblasti červeného pásma – index NDVI. C faktor podle NDVI byl vypočten dle třech běžně používaných vzorců. K analýze výpočtu průměrné roční ztráty půdy byla použita metoda USLE – GIS.

Porovnáním hodnot bylo zjištěno, že ze třech faktorů vegetačního krytu, které byly vytvořeny pomocí použití průměrné hodnoty NDVI za vegetační období květen – září mezi roky 2014 – 2018 se hodnotě C faktoru dle klimatických regionů přibližuje metoda dle Lin et al. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami těchto faktorů byl 0,09.

Porovnáním hodnot průměrné roční ztráty půdy pro každý pixel a průměrné roční ztráty půdy pro půdní bloky bylo zjištěno, že k výsledné průměrné roční ztrátě půdy vypočtené s C faktorem podle klimatických regionů se opět nejvíce přibližuje výsledek, kdy byla k výpočtu C faktoru podle NDVI použita metoda Lin et al.

Použití indexu NDVI při výpočtu C faktoru je značně nepřesné. Nejenom že velmi záleží na počasí, kdy jsou satelitní snímky pořízeny, atmosférické korekci, která by se měla udělat vždy pro každý snímek, ale doposud nebyl objeven jeden univerzální

model, podle kterého by se hodnota C faktoru dala spočítat. Rozdíly mezi použitými modely jsou velké.

Lze tedy konstatovat, že při porovnání variant výpočtu C faktoru, které byly použity v praktické části, se k sobě nejvíce blížily C faktory dle klimatických regionů a C faktoru vypočítaný podle modelu Lin et al.

Pro výpočet C faktoru jsou tyto databázové modely nejjednodušší a nejrychlejší cestou a lze konstatovat, že řešiteli značně ušetří práci, ale musíme brát v potaz, že tyto metody jsou nejméně přesné ke stanovení C faktoru. Nejpřesnější metodou výpočtu C faktoru je klasický výpočet metodou podle 5 pěstebních fází, kdy je zahrnuto procentuální rozložení faktoru erozní účinnosti deště (R faktor) během roku.

Z výsledků je zřejmé, že je velmi důležité použití co nejpřesnějších dat. Použitím některých geodat a geodatabází se mohou výsledky velmi lišit a to může vést k chybné identifikaci erozně ohrožených ploch. Volba protierozních opatření může být díky tomuto méně účinná nebo chybně zvolena.

7. Literární zdroje

Barsi, J. A.; Lee, K.; Kvaran, G.; Markham, B. L.; Pedelty, J. A., 2014: The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. *Remote Sens*, p. 10232-10251

Corrêa, E. A., Pinto, S. A. P., 2011: Estimativa do fator C da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) utilizando Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI) na Bacia Hidrográfica do Córrego Monjolo Grande/Ipeúna/SP, in: *Proceedings of the XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, Curitiba

Břehovský, M., Jedlička, K.: Úvod do geografických informačních systémů – přednáškové texty [online]. [cit 2018-11-07]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>

Cambell J. B., Wynne R. H. 2011: *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press, 667s

CORINE, 1992: *Soil Erosion Risk and Important Land Resources in the Southern Regions of the European Community*. EUR 13233, Luxembourg

De Jong, S. M. 1994: Applications of reflective remote sensing for land degradation studies in a Mediterranean environment. Utrecht: The Royal Dutch Geographical Society/Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University. 260s

De Jong, S. M., Brouwer, L. C. & Riezebos, H. Th., 1998: Erosion hazard assessment in the Payne catchment, France. Working paper DeMon-2 Project. Dept. Physical Geography, Utrecht University

De Roo, A. P. J., 1993: Modelling Surface Runoff and Soil Erosion in Catchments Using Geographical Information Systems; Validity and Applicability of the 'ANSWERS' Model in Two Catchments in the Loess Area of South Limburg (The Netherlands) and one in Devon (UK). *Nederlandse Geografische Studies*. 157s

Holý M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. ČVUT, Praha,

Janeček M. et al, 2008: *Základy erodologie*. ČZÚ v Praze, Praha

Janeček M. et al, 2005: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV, Praha

Janeček M. et al, 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Powerprint, Praha

Kirkby, M. J. & King, D., 1998: Summary report on provisional RDI erosion risk map for France. *Report on contract to the European Soil Bureau* (unpublished)

Karas, J., Tichý T., 2016: *DRONY*. Computer Press, Brno

- Lillesand, T., Kiefer, R. W. & Kiefer, T. M., 2004: *Remote sensing and Image Interpretation*. 5. editor New York: John Wiley and Sons Inc.
- Lin, C. Y., Lin, W. T., Chou, W. C., 2002: Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. *Soil Tillage*,68, 143–152
- Montier, C., Daroussin, J., King, D. & Le Bissonnais, Y., 1998: *Cartographie vde l'aléa "Erosion des Sols" en France*. INRA, Orléans
- MONTEITH, J. L., 1981, Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 107, 749–74.
- Morgan, R. P. C, Morgan, D. D. V. & Finney, H. J., 1984: A predictive model for the assessment of soil erosion risk. *Journal of agricultural engineering research* 30, p. 245-253
- Morgan, R. P. C. 1995: *Soil Erosion and Conservation. Second Edition*. Longman, Essex.
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., et al, 2015: Rainfall erosivity in Europe. *Science of Total Environment* 511, 801–814
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, C., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L., 2015b. Estimating the soil erosion cover-management factor at European scale. *Land Use Policy* 48C, 38–50
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., 2015: A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. *Geosciences* 5, 117–126
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C., 2015: The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy* 54, 438-447
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C., 2014. Soil erodibility in Europe: a high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of Total Environment* 189–200.
- Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., Mccool D. K., Yoder D. C., 1997: Predicting Soil Erosion by Water:A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *USDA Agriculture Handbook No. 703*, Washington D. C., USDA-ARS
- Renard K. G., Freimund J. R., 1994: Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157: 287–306

Šíma J., 2007: Prolínání termínů a jejich výkladů z ISO norem řady 19100 do české geoinformační terminologie. In: Sympozium GIS Ostrava 2007, 28. 1. 2007-31. 1. 2007: Sborník [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Institut geoinformatiky, 2007 [cit. 2018-09-12]. [11 s.] ISSN 1213-239X. Dostupné z: http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce8/SIMA_GIS2007.pdf

Toth, G., Jones, A., Montanarella, L., 2013. The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment* 185 (9), 7409–7425

Van Der Knijff J. M., Jones R. J. A., Montanarella L., 2000: Soil Erosion Risk Assessment in Europe. Ispra, European Soil Bureau.

Van der Knijff, J. M., Jones, R. J. A. & Montanarella, L., 2000. Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau, *Joint Research Center of the European Commission*. In press Soil Bureau, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Wishamier, W. H., Smith, D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – A guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook No. 537, Washington D. C., 55 pp.

Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, R. J. A., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J. & King, D., 1998: Soil Erosion in Europe. *European Soil Bureau*.

8. Internetové zdroje

AOPK ČR, ©2018: Otevřená data AOPK ČR [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/>

ARCDATA Praha, ©2018: ArcČR 500 [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>

COPERNICUS, ©2018: Program Copernicus – základní informace [online] [cit. 2018-12-09]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace>

Česká geologická služba, ©2018: Mapy [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy>

ČÚZK, ©2018: ČÚZK: Geoportál [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(a0bods5ebdpcdmvdklobknf\)\)/Default.aspx?head_tab=sekce-03-gp&mode=TextMeta&text=sluzby_uvod&menu=30&news=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(a0bods5ebdpcdmvdklobknf))/Default.aspx?head_tab=sekce-03-gp&mode=TextMeta&text=sluzby_uvod&menu=30&news=yes)

ČÚZK, ©2018: ČÚZK - Katastrální mapa [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/Digitalizace-a-vedeni-katastralnich-map/Katastralni-mapa.aspx>

ČÚZK, ©2018 ČÚZK: Ortofoto České republiky [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(a0bods5ebdpcdmvdklobknf\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&head_tab=sekce-02-gp&menu=23](https://geoportal.cuzk.cz/(S(a0bods5ebdpcdmvdklobknf))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=ortofoto_info&side=ortofoto&head_tab=sekce-02-gp&menu=23)

ČÚZK, ©2018 ČÚZK: ZABAGED - polohopis [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(a0bods5ebdpcdmvdklobknf\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24](https://geoportal.cuzk.cz/(S(a0bods5ebdpcdmvdklobknf))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24)

ČÚZK, ©2018: ČÚZK: ZABAGED – výškopis [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(a0bods5ebdpcdmvdklobknf\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30](https://geoportal.cuzk.cz/(S(a0bods5ebdpcdmvdklobknf))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30)

EAGRI, ©2018: Registr půdy [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/>

ESDAC, ©2018: European Soil Data Centre [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/>

ESRI, ©2018: What is GIS? [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>

ESRI, ©2018: What is a geodatabase? [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>

GISAT, ©2018: Gisat – Družicová data [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/druzicova-data>

INSPIRE, ©2018: O INSPIRE [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/about-inspire;jsessionid=74EA8737953680BA131AC6AC503B696D/>

NOAA, ©2018: What is LIDAR? [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>

VÚMOP, ©2018: Poskytování dat [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://www.vumop.cz/poskytovani-dat>

VÚV TGM, ©2018: O projektu DIBAVOD [online] [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/17/o-projektu-dibavod.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Atributy geodat (Indiana University Bloomington, 2018) [cit. 2018-12-09].

Obrázek 2: Ceník produktů Českého zeměměřičského a katastrálního úřadu ČÚZK, 2018) [cit. 2018-12-09] <https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/CENIK.pdf>

Obrázek 3: Použití geodatabázi ArcČR® 500 v prostředí GIS (vlastní)

Obrázek 4: Mapové aplikace České geologické služby (ČGS, 2018) [cit. 2018-12-09] <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>

Obrázek 5: Ceník dat České geologické služby (ČGS, 2018) [cit. 2018-12-09] <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/laboratore/cenik-laboratore-2018.pdf>

Obrázek 6: Mapa potencionální ohroženosti zemědělské půdy vodní erozí (VÚMOP, 2018) [cit. 2018-12-09] <https://mapy.vumop.cz/>

Obrázek 7: Rozhraní geoportálu na internetových stránkách VÚMOP (VÚMOP, 2018) [cit. 2018-12-09] <https://geoportal.vumop.cz/>

Obrázek 8: Ceník digitálních dat, týkajících se problematiky vodní eroze (VÚMOP, 2018) [cit. 2018-12-09] http://www.vumop.cz/sites/default/files/vumop_cenik_2016.pdf

Obrázek 9: Přehled nabízených tematických map (AOPK ČR, 2018) [cit. 2018-12-09] <http://gis-aopkcr.opendata.arcgis.com/>

Obrázek 10: Zobrazení erozní ohroženosti půdy v okolí Ráčského potoka (LPIS, 2018) [cit. 2018-12-09] <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

Obrázek 11: Povodí Ráčského potoka (Brychta et al, 2018) [cit. 2018-12-09] https://www.researchgate.net/publication/323784137_Research_report_of_project_T_ACR_TH02030125_for_year_2017

Obrázek 12: Výběr správných spektrálních pásem při nahrávání družicových snímků (vlastní)

Obrázek 13: Průměrné hodnoty vegetačního indexu NDVI během vegetačního období květen – září mezi roky 2014 -2018. (vlastní)

Obrázek 14: Hodnota C faktoru dle klimatických regionů (C) (vlastní)

Obrázek 15: Hodnota C faktoru dle modelu Van der Knijff (C1) (vlastní)

Obrázek 16: Hodnota C faktoru dle modelu Lin et al (C2) (vlastní)

Obrázek 17: Hodnota C faktoru dle modelu Corrêa&Pint (C3) (vlastní)

Obrázek 18: Statistická analýza C faktoru dle klimatických regionů (vlastní)

Obrázek 19: Statistická analýza C faktoru dle modelu Van der Knijff (vlastní)

Obrázek 20: Statistická analýza C faktoru dle modelu Lin et al (vlastní)

Obrázek 21. Statistická analýza C faktoru dle modelu Corrêa&Pint (vlastní)

Obrázek 22: Hodnota K faktoru dle BPEJ (vlastní)

Obrázek 23: Hodnoty LS faktoru (vlastní)

Obrázek 24: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle klimatických regionů (C) (vlastní)

Obrázek 25: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Van der Knijff (C1)(vlastní)

Obrázek 26: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Lin et al (C2) (vlastní)

Obrázek 27: Průměrná roční ztráta půdy v t/ha/rok pro každý pixel, použitím C faktoru dle Corrêa&Pinto (C3) (vlastní)

Obrázek 28: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C (vlastní)

Obrázek 29 Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C1 (vlastní)

Obrázek 30: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C2 (vlastní)

Obrázek 31: Průměrná roční ztráta půdy dle USLE s C3 (vlastní)

Seznam tabulek

Tabulka 1: Příklady využití spektrálních tříd družic Landsat 8 (vlastní)

Tabulka 2: Přehled vybraných družicových systémů (vlastní)

Tabulka 3: Termíny družicových snímků (vlastní)

Tabulka 4: Souhrn výsledků statistických analýz C faktorů (vlastní)

Tabulka 5: Statistická analýza pixelů s hodnotami průměrné roční ztráty půdy (vlastní)

Tabulka 6: Statistická analýza půdních bloků s hodnotami průměrné roční ztráty půdy (vlastní)