

**Analýza vzoru degradačně ohrožených území ČR a
modelování návrhu ochranných opatření s využitím
nástrojů GIS a UI**

autoreferát doktorské disertační práce

PRAHA 2018

Marek Bednář

Katedra biotechnických úprav krajiny

Analýza vzoru degradačně ohrožených území ČR a modelování návrhu ochranných opatření s využitím nástrojů GIS a UI

Anotace:

Cílem navrhované práce bylo vytvořit model degradace zemědělských půd pro Českou republiku, pokusit se analyzovat vzor jejího prostorového rozšíření a navrhnout metodu protierozních opatření, která by automaticky na základě vstupních údajů umožňovala sama generovat nejvhodnější liniová opatření. To vše za pomoci nástrojů GIS a programování.

Práce sestává ze čtyř hlavních částí. První dvě jsou zaměřeny na vytvoření modelu degradace zemědělských půd s využitím buď expertních odhadů, nebo multivariační statistiky. Zmíněné přístupy se liší v kvantifikaci váhového ohodnocení jednotlivých uvažovaných degradačních faktorů. Pro zpracování byly vybrány degradační faktory vodní a větrné eroze, acidifikace, ztráty organické hmoty, utužení, kontaminace půd, vysychavosti půd a těžké půdy. Jednotlivé faktory byly rozděleny podle svého vlivu na fyzikální a chemické, dále byly zkombinovány s vytvořením map chemické, fyzikální a celkové degradace. Třetí část se pokouší odhalit spojení mezi degradací půdy a fyzicko-geografickými proměnnými (svažitostí, nadmořská výška, roční úhrn srážek, průměrná roční teplota, členitost terénu a půdní zrnitost). Cílem bylo zjistit typické rozsahy hodnot fyzicko-geografických proměnných, kde ve většině případů existuje určité degradační ohrožení (nebo neohrožení). Poslední část práce se věnuje návrhu metody automatického návrhu záchytných liniových protierozních opatření. Byl navržen algoritmus, který je autonomní a generuje určitý počet liniových opatření (v závislosti na zadání).

Modelová řešení prvních tří částí byla zpracována pro celou ČR, minimální zpracovatelnou jednotkou byl katastr. Celkem bylo zpracováno 13027 katastrů. Algoritmus navržený v poslední části práce byl realizován v prostředí GIS software ArcGIS 10.2 jako vytvořené rozšíření v jazyce Python. Výsledky prvních částí potvrzují, že kolem 51% zemědělských půd je ohroženo střední a větší degradací. Analytická část potvrdila existenci prahových hodnot fyzicko-geografických proměnných, které se mohou stát užitečným nástrojem zejména při klasifikaci degradačně ohrožených území.

Klíčová slova:

Degradace, GIS, PCA analýza, eroze, modelování, protierozní opatření, analýza

Analysis of soil degradation distribution pattern in the Czech Republic and modelling of anti erosion measures with the use of GIS and AI

Abstract:

The aim of the proposed thesis is to suggest, evaluate and analyze degradation of agricultural soils in the Czech Republic (CZ). On the top of that propose method for auto generating linear antierosion measures by using tools of GIS and artificial intelligence (AI).

Presented work consists of four main parts. The first two ones deal with creation of the degradation model for the CZ by using methods of expert knowledge and multivariate data analysis for evaluating weights of degradation factors which have been used. The individual types of degradation (water erosion, wind erosion, soil compaction, extreme soils (clay soils), loss of organic matter, acidification, dryness impact, and intoxication) were classified in one of two groups: physical degradation and chemical degradation. Then they were combined to create maps of chemical and physical soil degradation, and a map of overall degradation-threatened soils for the CZ, along with a map of areas differentiated according to the prevailing type of degradation. The main objective of the third main part of presented work was to reveal the possible connection of soil degradation to six variables - slope steepness, altitude, elevation differences, rainfall, temperature and soil texture – in the form of some threshold values (if these exist), where soil degradation begins and ends. The last part of the work deals with proposing linear antierosion measures by using GIS tools and specific methods based on hydrologic analysis of flow paths. The algorithm was programmed in python language as a new ArcToolBox tool in ArcGIS environment.

The results showed that, at present, the most important degradation factor in the CZ is water erosion, followed by loss of organic matter. Statistical analysis showed that approximately 51% of agricultural land is moderately threatened in the CZ. The analysis involved the whole area of the Czech Republic which consists of 13,027 cadastres. Results of the third part confirm that precise intervals of physical-geographical variables where some (or none) soil degradation occur exist. This could be used wildly, mainly for classification of by degradation threatened areas.

The algorithm of suggesting linear anti erosion measures was applied and tested on three basins of Jevíčka, Kyjovka and Haná.

Key words:

Soil degradation, GIS, modelling, PCA analysis, antierosion measures, data analysis

OBSAH

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	CÍLE A PŘÍNOS PRÁCE	6
3	METODIKA	6
3.1	Datové zdroje	6
3.2	Model degradace zemědělských půd.....	6
3.3	Analýza degradačního vzoru	7
3.4	Návrh automatických protierozních opatření.....	8
4	VÝSLEDKY	9
4.1	Model degradace zemědělských půd.....	9
4.2	Výsledky hledání prahových hodnot fyzicko-geografických proměnných	10
4.3	Výsledky návrhů automatických liniových protierozních opatření	15
5	ZÁVĚR:.....	17
6	POUŽITÉ ZDROJE:	19
7	ŽIVOTOPIS.....	21
8	PUBLIKAČNÍ ČINNOST (VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE)	22

1 ÚVOD

Degradace půd je jedním z nejzávažnějších problémů současnosti. Stále se zrychlující eroze ovlivnila již 33% zemského povrchu (Bini 2009) a vedla ke značnému úbytku ekologických funkcí a služeb. Degradace se zrychluje především v důsledku antropogenního působení zejména, a to od 20. století (Doran a Parkin 1996, 1994; Šarapatka et al. 2002). Lal (Lal 2009, 1997) uvádí, že z celkového půdního fondu na Zemi je pouze 22% vhodných pro zemědělské účely, vysoce produktivních půd pak jsou pouhá 3%. Řada průzkumů a zpráv varuje před hrozbou degradace půdy (EEA Signals 2015). Degradací půdy je aktuálně postiženo kolem dvou miliard hektarů, z čehož patří 29,7% zemědělské půdě, 34,8% trvalým travním porostům a 35,5% lesní půdě (Oldeman 1994).

Pro nastavení vhodných opatření proti degradaci je důležité znát aktuální stav ohroženosti půd. Mnoho mezinárodních organizací i individuálních vědecko-výzkumných subjektů proto monitoruje vybrané charakteristiky půd. Bohužel je tento přístup často nejednotný, do této chvíle nejsou k dispozici mapy, které by zachycovaly celkový rozsah ohrožení zejména v rámci národních měřítek (Prince et al. 2009).

Pro zhodnocení míry degradačního ohrožení se používají nejrůznější degradační indexy, které jsou dané expertními odhady ohroženosti (GLASOD), výsledkem zhodnocení více parametrů krajiny statistickými metodami (...) nebo i výsledkem hodnocení s pomocí nástrojů dálkového průzkumu země.

Degradace půdy je výsledkem působení fyzikálních, chemických i biologických procesů. FAO vypracovalo jednotnou koncepci výběru faktorů, které vedou k degradaci půdy. Nejběžnější faktory zpracovávané v literatuře jsou: eroze, nízký obsah organické hmoty, utužení půdy, acidifikace, kontaminace, zastavování území a salinizace.

Opatření na zmírnění, případně zamezení degradace půdy vycházejí logicky vždy z daného degradačního procesu. Nejčastěji se setkáváme s opatřeními proti vodní erozi, která představuje nejen v rámci ČR nejzávažnější problém. Pro efektivní ochranu zemědělského půdního fondu jakýmkoliv opatřeními je nezbytně nutná znalost místních podmínek (Volk et al. 2010) v měřítku okresu, katastru, povodí či konkrétní farmy (Boardman et al. 2009). Míra účinnosti v praxi navržených opatření u protierozní ochrany záleží na náročnosti nastavení pravidel a jejich důsledném dodržování zemědělci v praxi (Prazan a Dumbrovsky 2011).

Disertační práce se snaží upřesnit míru ohrožení zemědělských půd s využitím navrhovaných přístupů degradačních modelů. Dále se snaží vysvětlit vzor degradačního rozšíření s využitím fyzicko-geografických proměnných, tak aby bylo možné území lépe klasifikovat. A nakonec navrhuje metodu protierozní ochrany s využitím algoritmu pro generování liniových záchytných opatření, který může být široce využíván v krajině plánování zemědělskými podniky i orgány státní správy.

2 CÍLE A PŘÍNOS PRÁCE

Předkládaná dizertační práce má několik hlavních, na sebe navazujících cílů:

- vytvořit modely degradačního ohrožení zemědělských půd v ČR
- na základě těchto modelů identifikovat nejohroženější místa
- analyzovat vzor rozšíření degradačního ohrožení v souvislosti s vybranými fyzicko-geografickými proměnnými
- vytvořit nástroj optimalizace prostorového rozložení protierozních opatření

Vedlejšími cíli bylo zejména zjistit aktuální stav degradačního ohrožení zemědělských půd v ČR a navrhnout metodu analýzy degradace zemědělských půd, která by byla snadno použitelná i pro jiná území než je území České republiky.

3 METODIKA

3.1 Datové zdroje

Základními podklady pro zpracování byla rastrová a vektorová data jednotlivých degradačních faktorů z VÚMOP a ÚKZÚS, dále pak metodika VÚMOP pro odvození degradačního ohrožení z HPJ, úhrnné klimatologické údaje z ČHMÚ a výškový model poskytovaný firmou ArcData Praha. Pro zpracování byly vybrány degradační faktory vodní eroze, větrné eroze, acidifikace, ztráty organické hmoty, utužení půd, intoxikace těžkými kovy, vysychavé půdy a těžké půdy. Základní zpracovatelnou jednotkou pro většinu analýz byl katastr, v rámci ČR bylo zpracováno a vyhodnoceno 13017 katastrů.

3.2 Model degradace zemědělských půd

Předpokládaným výstupem této části bylo vytvoření modelu degradačních půd v podobě jednotlivých map potenciálního ohrožení degradací půdy v ČR. Zvláště byly zpracovány parametry chemické a fyzikální s výstupem v podobě chemického a

fyzikálního modelu (map rozšíření) degradace. Kombinací těchto dvou modelů pak byly vytvořeny modely celkové degradace zemědělských půd pro ČR.

Ohodnocené degradační faktory byly kombinovány váženou lineární kombinací do celkového indexu ohrožení zemědělských půd. Jednotlivé váhy se určovaly na základě dvou přístupů:

- a) metodou expertního odhadu
- b) metodou multivariační (PCA) analýzy

Metoda expertního odhadu vychází z prvních pokusů o celosvětové zmapování degradace zemědělských půd (projekt GLASOD), kde míru ohrožení jednotlivých území určovali vědci, experti na problematiku v daném území. V našem případě byla stanovena míra významnosti jednotlivých degradačních faktorů nezávislými odborníky na zemědělskou problematiku.

Metoda PCA analýzy stanovuje významnost jednotlivých faktorů na základě multivariační statistiky, kde se váha jednotlivých faktorů přiřazuje na základě jejich příspěvku k vysvětlení dané prostorové distribuce (m hlavních komponent).

Variantně byly zpracovávány varianty s acidifikací a bez acidifikace.

3.3 Analýza degradačního vzoru

Tato analýza byla vedena snahou najít nějakou souvislost mezi vybranými fyzicko-geografickými proměnnými kvantitativně spojitě povahy a jednotlivými degradačními faktory, a to ideálně ve formě intervalů hodnot fyzicko-geografické proměnné, které ukazují na degradační ohrožení určité třídy závažnosti. Pro analýzu byly vybrány fyzicko-geografické proměnné zachycené v Tab. 1.

Tab. 1 Přehled fyzicko-geografických proměnných a jejich zdroj.

Fyzicko-geografické proměnné	Zdroj
Roční úhrn srážek (mm)	ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav)
Svažitost (st.)	Odvozena z DEM (ArcData Praha)
Průměrná roční teplota (°C)	ČHMÚ
Půdní zrnitost	VÚMOP (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd)
Členitost terénu (%)	Odvozena z DEM
Nadmořská výška (m n.m.)	SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission)

Analýza postupovala na několika úrovních. V první fázi se zjišťovala korelační závislost jednotlivých fyzicko-geografických proměnných (FGP) na celkové

vypočtené degradaci z předchozí části. V druhé fázi byly jednotlivé katastry rozděleny pro každý degradační faktor do kvintilu ohrožení, který vypovídal, jak moc je určitý katastr daným faktorem ohrožen. Byla sledována závislost jednotlivých skupin (kvintilů) ohrožení na vybrané fyzicko-geografické proměnné, výsledkem byla sada statistických závislostí v podobě krabicových diagramů, které již umožnily odečíst jisté hodnoty rozsahu fyzicko-geografické proměnné pro dané degradační ohrožení.

Tato analýza byla doplněna o nově navrženou metodu datové analýzy, umožňující přesně zachytit intervaly prahových hodnot FGP, což bylo cílem této části. Jednoduše lze metodu datové analýzy popsat jako postupnou snahu identifikovat rozdělení jednotlivých katastrů mezi skupiny ohrožení daným degradačním faktorem s měnící se hodnotou FGP. Takto lze zjistit, že v určitém rozsahu FGP – např. svažitosti, se většina (>50%) katastrů v daném rozmezí objevuje v nejvyšším stupni ohrožení. Pak můžeme říci, že pro daný rozsah hodnot FGP je toto ohrožení typické. Analýzou všech vazeb degradační faktor x FGP dostaneme požadované prahové hodnoty, kde degradace končí a začíná.

Analýza této části byla realizována prostřednictvím jazyka statistického programu R v prostředí R Studio.

3.4 Návrh automatických protierozních opatření

Cílem této části práce bylo navrhnout automatická liniová záchytná protierozní opatření, která by v zájmovém území snížila hodnotu erozního smyvu, a to zejména na nejvíce ohrožených plochách.

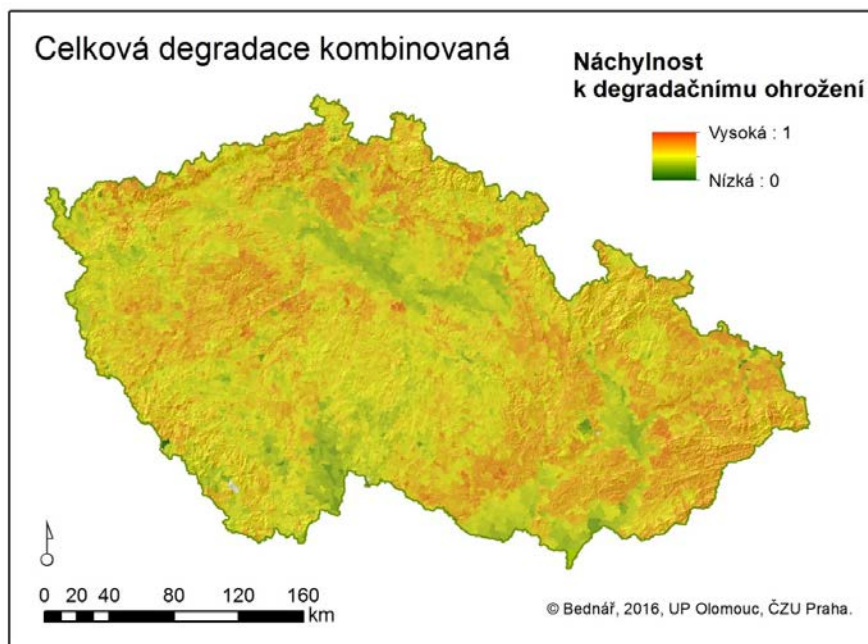
Pro daný účel byl navržen a realizován algoritmus v jazyce Python, který byl napojen na nově vytvořený nástroj v prostředí ArcGIS. Algoritmus je založen na rastrové analýze, konkrétně využívá funkce software ArcGIS, rozšíření Spatial Analyst – FlowLength, která umožňuje získat délku nejdelších přispívajících a odtokových drah soustředěného odtoku. Celý algoritmus je založen na myšlence předělení erozně ohroženého svahu v místech zhruba ve středu nejdelší čáry soustředěného odtoku, dále na faktu, že se jedná o liniové záchytné opatření, kde se předpokládá realizace liniových opatření ve směru vrstevnic. Ve skutečnosti jsou délky drah soustředěného odtoku ještě modifikovány (váženy) místním erozním smyvem, tak aby se zohlednil vliv terénu, náhynosti půdy k erozi, vegetace a ochranných opatření proti erozi. Celý algoritmus je navržen rekurzivně, kdy se dané studované území vyhodnotí, vybere se nejvhodnější liniový prvek, realizuje se patřičné opatření (modifikuje se výškový model) a celý výpočet se provádí znovu. To až do stanoveného počtu opatření. Variantně lze například při znalosti cenových nákladů

za jednotku realizace opatření, stanovit takový počet linií, které odpovídají stanovené sumě na vstupu algoritmu.

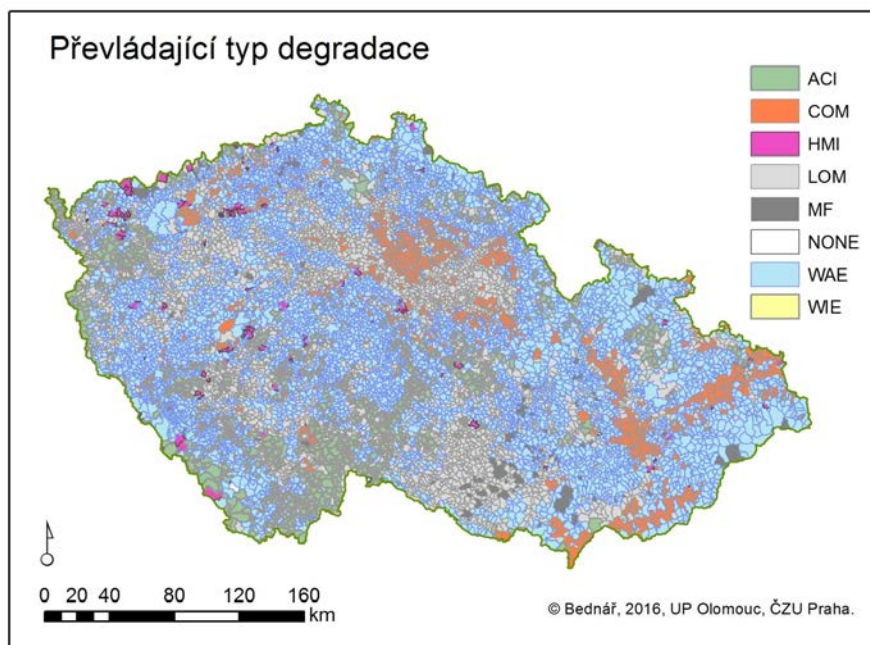
4 VÝSLEDKY

4.1 Model degradace zemědělských půd

Výsledky modelů degradace zemědělských půd jsou ve formě jednotlivých map, které ukazují problémové oblasti zasažené určitým stupněm degradačního procesu. Minimální zpracovanou jednotkou byl katastr, v rámci České republiky bylo zpracováno 13027 katastrů. Pro zpracování se použilo dvou metod, metody založené na expertním odhadu a metody založené na multivariační statistice. Níže uvádím výsledky celkového degradačního ohrožení (Obr. 1) a převládající degradační vliv podle metody multivariační statistiky (Obr. 2). Další mapy jednotlivých faktorů, fyzikální a chemické degradace jsou k dispozici v disertační práci.



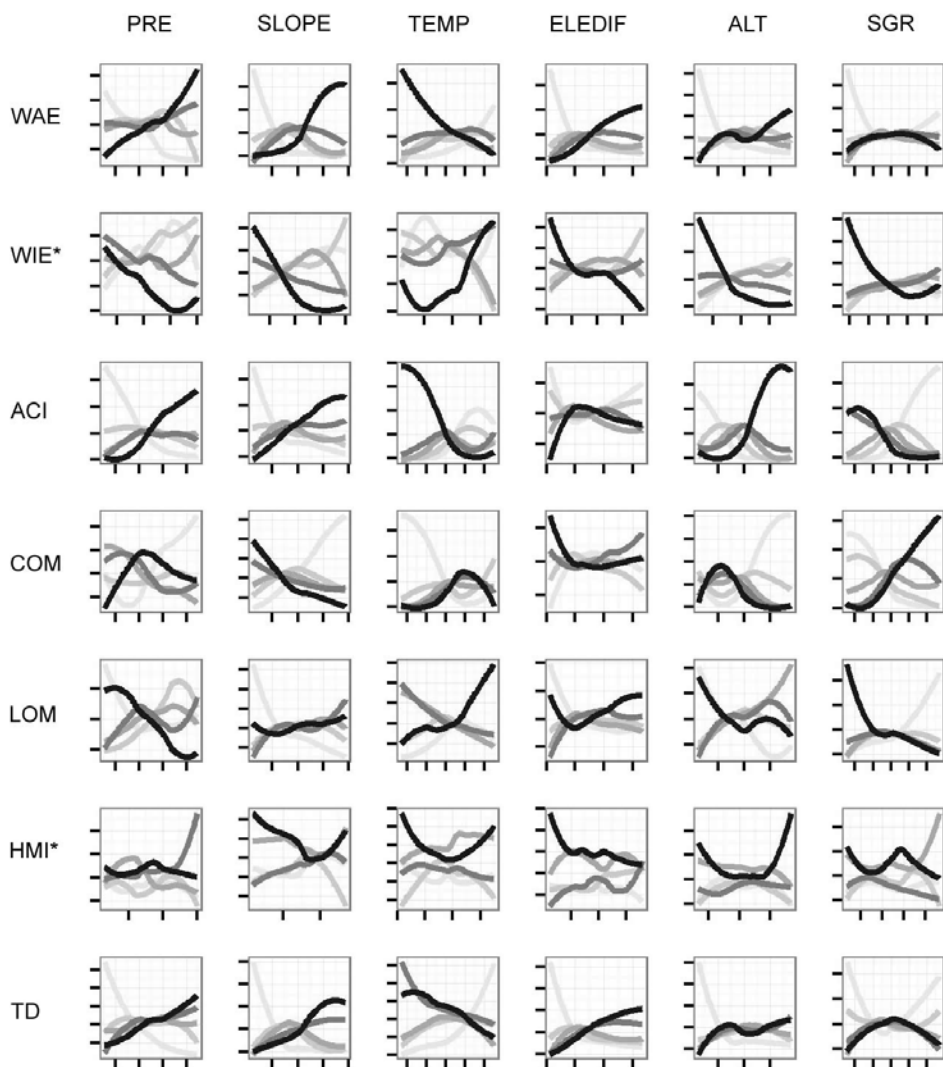
Obr. 1 Fyzikální degradace zemědělských půd podle metody PCA analýzy (Šarapatka a Bednář 2015) – česká verze mapy



Obr. 2 Převládající typ degradace podle metody PCA analýzy. (ACI – acidifikace, COM – kompakce půdy, HMI – intoxikace těžkými kovy, LOM – ztráta organické hmoty, MF – více faktorů, NONE – bez ohrožení, WAE – vodní eroze, WIE – větrná eroze)

4.2 Výsledky hledání prahových hodnot fyzicko-geografických proměnných

Nejzásadnější výsledky datové analýzy shrnuje souhrnný obrázek Obr. 3. Jde o vyjádření vývoje procentuálního zastoupení tříd ohrožení (kvintilů) pro vybraný degradační faktor v závislosti na měnící se hodnotě fyzicko-geografické proměnné. Celkem zachycuje $6 \times 7 = 42$ vztahů. Na ose y vyjadřuje procentuální zastoupení jednotlivých tříd ohrožení (kvintilů) pro danou hodnotu x. Osa x přináší vybrané fyzicko-geografické proměnné od jejího minima po maximum.



Obr. 3 Grafický vývoj závislosti tříd ohroženosti degradačních faktorů na fyzicko-geografických proměnných (Bednář a Šarapatka 2018)

Tab. 2 je tabulkovým vyjádřením závislostí naznačených na Obr. 3, jsou v nich shrnuty prahové hodnoty a z nich odvozené intervaly, kde určitá skupina degradačního ohrožení (kvintilů) dominuje.

Tab. 2 Pražové hodnoty fyzicko-geografických proměnných

WATER EROSION				
DF	Q1	Q1+Q2	Q4+Q5	Q5
Average annual precepitation (mm)	-	<= 479.37	>= 740.91	-
Slope steepness (°)	<= 1.99	<= 3.4	<6.21,11.68>	<7.89,11.68>
Average annual temperature (°C)	-	>= 8.76	<= 6.98	<= 5.5
Elevation differences (%)	<= 2.28	<= 4.34	>= 7.44	>= 14.66
Altitude (masl)	<= 200.38	<= 256.16	>= 693.15	-
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	<= 7.93	<= 13.64 v <47.21,57.21>	-	-
WIND EROSION				
Average annual precepitation (mm)	-	>= 626.81	<= 471.39	-
Slope steepness (Degree)	-	>= 4.16	<= 2	-
Average annual temperature (°C)	-	<6.18,7.33>	>= 8.75	-
Elevation differences (%)	-	>= 16.37	<= 2.82	-
Altitude (masl)	-	>= 291.33	<= 215.37	<= 157.28
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	-	-	<= 22.87 v <55.01,56.86>	<= 15.46
ACIDIFICATION				
Average annual precepitation (mm)	<= 519.6	<= 590.02	>= 685.59	>= 831.45
Slope steepness (Degree)	<= 1.43	<= 2.98	<5.93,11.68>	-

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Average annual temperature (°C)	<8.45,8.82>	>= 7.53	<= 6.98	<= 6.42
Elevation differences (%)	-	<= 1.66 v >= 14.25	-	-
Altitude (masl)	<= 218.97	<= 367.73	>= 488.6	>= 572.28
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	<37.93,57.21>	<29.36,57.21>	<= 22.21	-
SOIL COMPACTION				
Average annual precepitation (mm)	-	>= 705.71	<549.78,625.23>	-
Slope steepness (Degree)	<10.98,11.68>	<6.49,11.68>	<= 2.84	-
Average annual temperature (°C)	<= 6.3	<= 6.79 v >= 9.25	<7.41,8.76>	-
Elevation differences (%)	-	-	<= 1.25	-
Altitude (masl)	>= 600.17	<= 144.59 v >= 507.2	<209.68,414.22>	-
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	<= 5.79	<= 21.5	<28.64,57.21>	<47.21,57.21>
LOSS OF ORGANIC MATTER				
Average annual precepitation (mm)	-	<750.97,806.3>	-	-
Slope steepness (Degree)	<= 0.73	<= 1.99	<10.28,11.68>	-
Average annual temperature (°C)	-	-	>= 8.45	-
Elevation differences (%)	-	<= 1.66	-	-
Altitude (masl)	-	<= 126	-	-

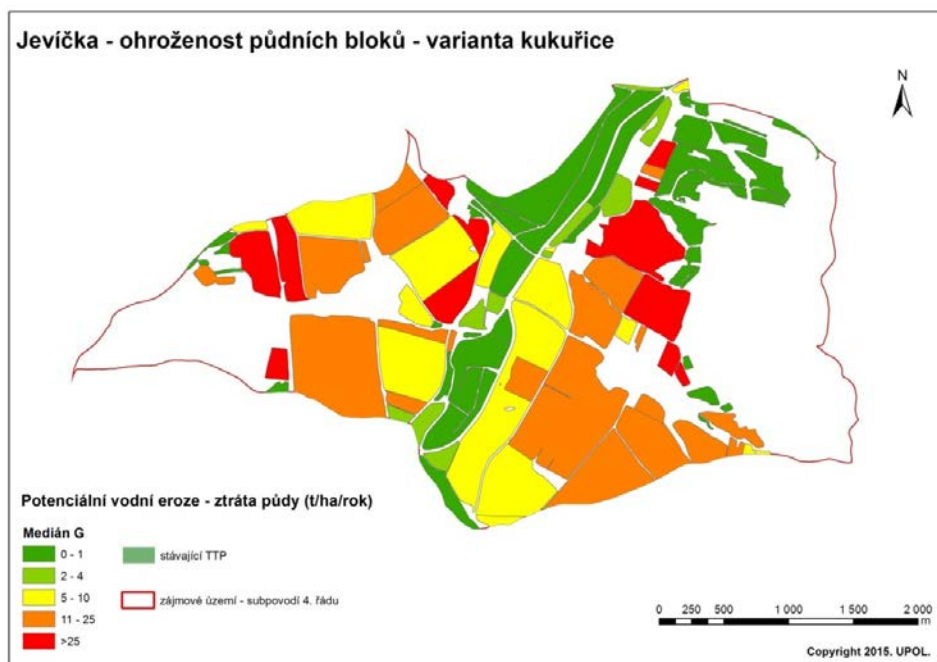
ČESKÁ ZEMĚĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Soil texture (% of particles <0.01 mm)	<46.5,57.21>	<37.93,57.21>	<= 14.36	<= 8.64
HEAVY METAL INTOXICATION				
Average annual precepitation (mm)	-	-	>= 685.44	-
Slope steepness (Degree)	-	-	>= 12.6	-
Average annual temperature (°C)	-	-	<= 5.62 v >= 8.42	-
Elevation differences (%)	-	-	<= 1.64 v >= 18.19	-
Altitude (masl)	-	-	<= 197.67 v >= 791.46	>= 849.86
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	-	-	<= 2.93 v <32.23,34.42>	-
TOTAL SOIL DEGRADATION				
Average annual precepitation (mm)	<= 459.25	<= 544.75	>= 735.88	-
Slope steepness (Degree)	<= 2.13	<= 3.4	<6.49,11.68>	<8.73,11.68>
Average annual temperature (°C)	>= 9.5	>= 8.7	<= 7.22	-
Elevation differences (%)	<= 2.07	<= 4.14	>= 7.64	-
Altitude (masl)	<= 218.97	<= 256.16	<358.44,414.22> v >= 702.44	-
Soil texture (% of particles <0.01 mm)	<= 5.07 v <52.92,57.21>	<= 12.93 v <42.21,57.21>	-	-

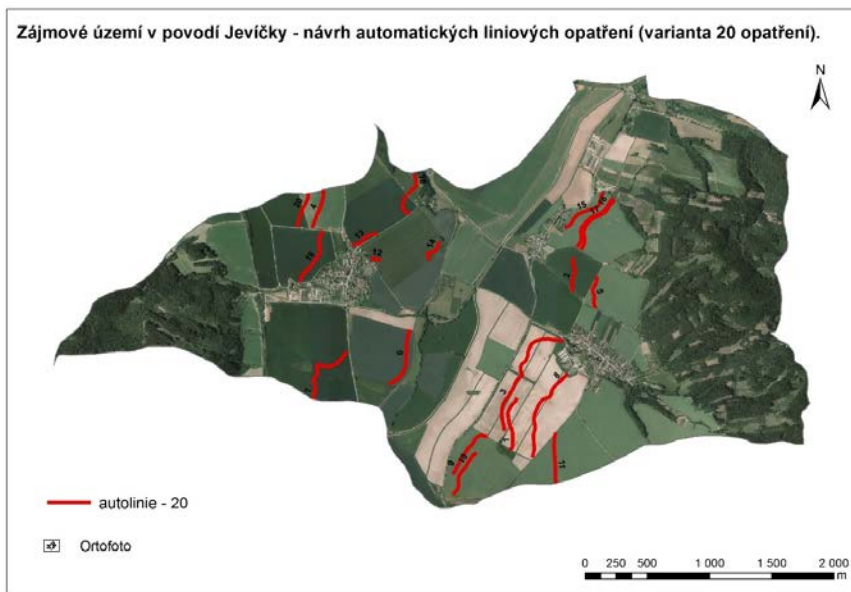
4.3 Výsledky návrhů automatických liniových protierozních opatření

Metoda automatického návrhu liniových opatření byla testována na povodí Jevíčky, Hané a Kyjovky. Zde uvádím pouze výsledky z povodí Jevíčky, kde byl nejdříve na základě terénního průzkumu stanoven expertní návrh liniových a plošných opatření, ten se dále porovnával s automatickým návrhem liniových opatření.

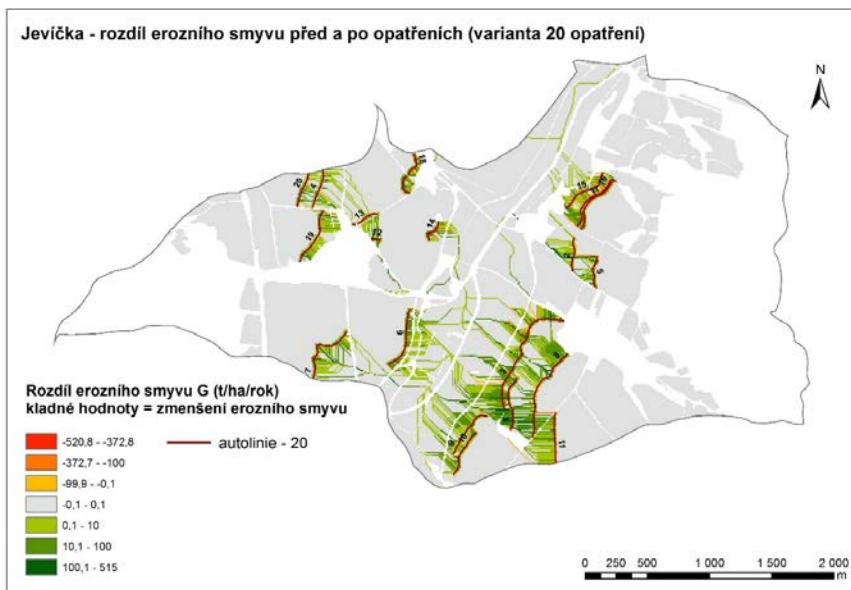
Obr. 4 ukazuje původní erozní ohrožení při variantě kukuřice, Obr. 5 generovaná liniová záchytná opatření a změnu erozního smyvu po jejich realizaci (Obr. 6). Další výsledky, porovnání s expertními návrhy a statistiky jsou k dispozici v disertační práci.



Obr. 4 Ohroženost půdních bloků v povodí Jevíčky



Obr. 5 Návrh automatických liniových opatření ve variantě 20 opatření



Obr. 6 Rozdíl erozního smyvu pro případ 20 opatření

5 ZÁVĚR:

V předkládané práci jsem se pokusil o analýzu degradace zemědělských půd, která je hrozbou pro zemědělství nejen v ČR, ale na celém světě. V první části jsem navrhl dvě metody zpracování degradačního modelu zemědělských půd v ČR, v dalších jsem se snažil o odhalení vazeb degradace na fyzicko-geografické proměnné a navrzení algoritmu, který by automatizovaným postupem přispěl k řešení nezávažnějšího degradačního ohrožení u nás - vodní eroze.

Z výsledků degradačních modelů je patrné, že degradace zemědělských půd je závažným problémem současnosti. V rámci ČR jsou navíc vysoce ohrožené nejvíce intenzivně využívané produkční oblasti, které nejsou zahrnuty v kategorii oblastí LFA. Většinou jsou to území ohrožená vodní erozí, suchem, ztrátou organické hmoty nebo kompakcí půdy.

Existuje řada přístupů, jak vyhodnocovat degradaci půdy i krajiny, každý má svoje výhody i nevýhody. Věřím, že pro území národní úrovně jsou popsány metody velice rychlé a přesně identifikují problémová místa a že se dají snadno aplikovat i mimo území ČR (samozřejmým limitem je dostupnost dat). Využil jsem samozřejmě skutečnosti, že degradace půdy je v rámci jednotlivých faktorů v ČR dlouhodobě sledovaná, existují metodiky vyjádření náchylnosti půdy k půdní degradaci na základě základních informací o půdě.

Výsledky analýz ukazují, že nejvíce zasažené oblasti (resp. nejvíce náchylné k degradaci půd) jsou na jižní Moravě a ve středních a východních Čechách. Tyto informace mohou být využity pro další výzkum i jako podklad nejrůznějším plánovacím organizacím navrhujeícím protierozní a další nápravná opatření.

Další výzkum byl směřován do oblasti dolování dat (data mining) výsledků degradačních modelů. Cílem bylo odhalit souvislosti mezi fyzicko-geografickými podmínkami a faktory degradace, s případným využitím i v jiných podmínkách než v ČR. V průběhu výzkumu byla navržena metoda datové analýzy, která rozšiřuje běžné použití analýzy kvantitativních dat v podobě box-plot diagram a korelační statistiky. Ukazuje konkrétní prahy fyzicko-geografických proměnných, kde je degradační ohrožení zemědělské půdy minimální, resp. maximální. Toho může být využito zejména při klasifikaci ohrožených území a navrhování plošných opatření. Přesnost získaných výsledků záleží na podrobnosti dat, která jsou k dispozici, a otázkou je také volba fyzicko-geografických proměnných. V našem výzkumu jsme zvolili data poměrně snadno dostupná s prokazatelným vlivem na degradaci půd. Detailnější data mohou pak jen zpřesňovat získané výsledky. Nastíněné výsledky a metody mohou být uplatnitelné nejen pro střeoevropský prostor, ale použitá

metoda je snadno aplikovatelná i v jiném prostředí. Vyžaduje však prvotní informaci o ohrožení jednotlivými degradačními faktory na konkrétních územích a fyzicko-geografická data, která jsou vzájemně hodnocena.

Výhoda metody rovněž spočívá ve snadné aplikovatelnosti libovolné další proměnné. Veškerý proces je automatizován prostřednictvím skriptů v jazyce R, výsledek těchto skriptů jsou grafy i strukturovaná excelovská tabulka prahových hodnot. Jediné, co skript vyžaduje, je tabulka hodnot vstupních parametrů (znaků) pro určitý počet příkladů.

Součástí práce byl i pokus o návrh automatických liniových protierozních opatření. Výsledky předchozích modelů sice ukazují na úrovni katastru, kde by mohly být problémy s degradací a jakého typu pravděpodobně budou, ale při praktickém návrhu a realizaci opatření proti degradaci, v tomto případě protierozních opatření, je třeba vycházet ze znalosti místních podmínek, často i na základě individuálního přístupu (Volk et al. 2010). Účinnost v praxi navržených opatření u protierozní ochrany však bude vždy záležet na náročnosti nastavení pravidel a jejich důsledném dodržování zemědělci v praxi (Prazan a Dumbrovsky 2011).

Navrhovaná metoda automatických protierozních opatření urychluje postup návrhu řešení v lokálních podmínkách, byla s úspěchem testovaná na třech povodích (Hané, Jevíčky a Kyjovky), kde v několika případech dokonce stanovila dělicí linie v místech, kde zjevně již v minulosti byly a dnes téměř zanikly, stále však mají v krajině zřetelnou stopu. Liniová opatření mají kromě protierozních funkcí i funkce krajinářské a ekologické (vytváření sítě biotopů v krajině, zlepšení konektivity), pro efektivnější snížení erozního smyvu je vhodné je kombinovat s opatřeními dalšími, např. organizačními.

Věřím, že postupy, analýzy a metody, na nichž jsem se podílel a publikoval je ve vědeckých i odborných člancích a v této dizertační práci, přispějí jak k diskuzím vedoucím ke zbrzdění trendu degradace půdy, tak k vlastní ochraně půdy, aby tato mohla plnit i nadále produkční i mimoprodukční funkce.

6 POUŽITÉ ZDROJE:

- BEDNÁŘ, Marek a Bořivoj ŠARAPATKA, 2018. Relationships between physical–geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research* [online]. roč. 164, č. July 2018, s. 660–668. ISSN 00139351. Dostupné z: doi:10.1016/j.envres.2018.03.042
- BINI, C, 2009. Soil: a Precious Natural Resource. *Conservation of Natural Resources*. s. 1–48.
- BOARDMAN, John, Mark L. SHEPHEARD, Edward WALKER a Ian D L FOSTER, 2009. Soil erosion and risk-assessment for on- and off-farm impacts: A test case using the Midhurst area, West Sussex, UK. *Journal of Environmental Management* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, roč. 90, č. 8, s. 2578–2588. ISSN 03014797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jenvman.2009.01.018
- DORAN, John W a T B PARKIN, 1994. Defining and assessing soil quality. In: J W DORAN, D C COLEMAN, D F BEZDICEK a B A STEWART, ed. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* [online]. B.m.: Soil Science Society of America (SSSA), s. 3–21. Dostupné z: <http://soilquality.org/home.html#>
- DORAN, John W a T B PARKIN, 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: *Soil Science Society of America Journal* [online]. s. 25–37. ISBN 0891188266. Dostupné z: doi:10.2136/sssaspecpub49.c2
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2015. Living in a changing climate. *EEA Signals 2015* [online]. s. 37. Dostupné z: doi:10.2800/965033
- LAL, R., 1997. Soil degradative effects of slope length and tillage methods on alfisols in western Nigeria. III. Soil physical properties. *Land Degradation & Development* [online]. roč. 8, č. 4, s. 325–342. ISSN 1099-145X. Dostupné z: doi:10.1002/(SICI)1099-145X(199712)8:4<325::AID-LDR265>3.0.CO;2-N
- LAL, R., 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security* [online]. roč. 1, s. 45–57. ISSN 1876-4517. Dostupné z: doi:10.1007/s12571-009-0009-z
- OLDEMAN, Lr, 1994. *The global extent of soil degradation* [online]. 1994. Dostupné z: http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i26803_001.pdf

- PRAZAN, J. a M. DUMBROVSKY, 2011. Soil conservation policies: Conditions for their effectiveness in the Czech Republic. *Land Degradation and Development* [online]. roč. 22, č. 1, s. 124–133. ISSN 10853278. Dostupné z: doi:10.1002/ldr.1066
- PRINCE, S. D., I. BECKER-RESHEF a K. RISHMAWI, 2009. Detection and mapping of long-term land degradation using local net production scaling: Application to Zimbabwe. *Remote Sensing of Environment* [online]. B.m.: Elsevier Inc., roč. 113, č. 5, s. 1046–1057. ISSN 00344257. Dostupné z: doi:10.1016/j.rse.2009.01.016
- ŠARAPATKA, Bořivoj a Marek BEDNÁŘ, 2015. Assessment of Potential Soil Degradation on Agricultural Land in the Czech Republic. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY* [online]. 677 S SEGOE RD, MADISON, WI 53711 USA: AMER SOC AGRONOMY, roč. 44, č. 1, s. 154–161. ISSN 0047-2425. Dostupné z: doi:10.2134/jeq2014.05.0233
- ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA, 2002. *Soil Quality and Degradation*. Olomouc: VUP.
- VOLK, Martin, Markus MÖLLER a Daniel WURBS, 2010. A pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land Use Policy* [online]. roč. 27, č. 4, s. 997–1009. ISSN 02648377. Dostupné z: doi:10.1016/j.landusepol.2009.12.011

7 ŽIVOTOPIS

Osobní informace:

Jméno: Ing. Marek Bednář
 Datum narození: 20.4.1972
 Adresa: Komárov 989, 78401 Litovel
 E-mail: marek.bednar@upol.cz

Vzdělání:

1990 – 1995 VUT Brno, fakulta elektrotechnická, obor: Informatika a výpočetní technika
 2012- postgraduální studium oboru Environmentální modelování na ČZU v Praze
 2010 Stanford University - Certifikát o absolvování speciálního kursu Umělé inteligence.

V rámci studia VUT zaměření na UI systémy, diplomová práce z UI: UI systém pro porozumění přirozenému jazyku (angličtině).

Zaměstnání:

5/1997 - dosud UP Olomouc, Přírodovědecká fakulta, katedra ekologie – vědecký pracovník, asistent
 od 2/2002 vedoucí oddělení EKOGIS při katedře ekologie, PŘF UP. , výuka Informatiky a GIS

Externě:

od 1997 programování webových i desktopových aplikací, návrh a analýza aplikací – spolupráce s NPÚ, katedrou geografie a dalšími

8 PUBLIKAČNÍ ČINNOST (VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE)

Impaktované články:

BEDNÁŘ, Marek a Bořivoj ŠARAPATKA, 2018. Relationships between physical–geographical factors and soil degradation on agricultural land. *Environmental Research* [online]. roč. 164, č. July 2018, s. 660–668. ISSN 00139351. Dostupné z: doi:10.1016/j.envres.2018.03.042

ŠARAPATKA, B., M. BEDNÁŘ a P. NETOPIIL, 2018. Multilevel soil degradation analysis focusing on soil erosion as a basis for agrarian landscape optimization. *Soil and Water Research* [online]. roč. 2018, č. 1, s. 1–10. ISSN 18015395. Dostupné z: doi:10.17221/118/2017-SWR

ŠARAPATKA, Bořivoj a Marek BEDNÁŘ, 2015. Assessment of Potential Soil Degradation on Agricultural Land in the Czech Republic. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY* [online]. 677 S SEGOE RD, MADISON, WI 53711 USA: AMER SOC AGRONOMY, roč. 44, č. 1, s. 154–161. ISSN 0047-2425. Dostupné z: doi:10.2134/jeq2014.05.0233

Články v databázi Scopus:

BEDNÁŘ, Marek a Bořivoj ŠARAPATKA, 2018. The use of multi-criteria analysis for identifying areas sensitive to land degradation and water retention. *Ekológia (Bratislava)* [online]. roč. 37, č. 1, s. 90–100. Dostupné z: doi:10.2478/eko-2018-0009

ŠARAPATKA, Bořivoj, Marek BEDNÁŘ a Patrik NETOPIIL, 2013. Hodnocení negativní antropizace půd v České republice s využitím GIS. *Phytopedon*. roč. 12, č. 1, s. 10–15.

ŠARAPATKA, Bořivoj, Marek BEDNÁŘ a Patrik NETOPIIL, 2013. Arable Land Degradation with Special Focus to Water Erosion: A Serious Threat in the Czech Republic. In: *Soil Degradation. Advances in Geoecology* 42. 42. vyd. Reiskirchen, Germany: Catena Verlag, s. 214–225. ISBN 978-3-923381-59-3.

ŠARAPATKA, Bořivoj a Marek BEDNÁŘ, 2010. Analysis of Soil Degradation in the Czech Republic : GIS Approach. *Soil & Water Research*. roč. 2010, č. 2, s. 108–112.