

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



Aplikace modelu SoLIM na půdní pokryv okresu Liberec

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Turzová

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Luboš Borůvka

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Aplikace modelu SoLIM na půdní pokryv okresu Liberec" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Dr. Ing. Luboši Borůvkovi za vedení a cenné rady ohledně diplomové práce. Ing. Radimu Vašátovi za pomoc při přípravě dat a rady ohledně programu SoLIM Solutions. Dále také doc. Ing. Vítu Penížkovi, Ph.D. a RNDr, Oldřichu Vackovi, CSc. za pomoc při přípravě vstupních údajů.

Velmi děkuji také svým rodičům a svému příteli za dlouholetou podporu při studiu.

Aplikace modelu SoLIM na půdní pokryv okresu Liberec

Souhrn

Práce se zabývá vztahem mezi stanovištními podmínkami, jako jsou reliéf, matečná hornina, využití půdy a vegetace, a půdními jednotkami. Pomocí modelu SoLIM je zjišťován odhad prostorového rozložení půdních jednotek s využitím doplňkových údajů. V rámci práce je ověřena použitelnost modelu SoLIM pro digitální mapování půd na území okresu Liberec. S využitím modelu SoLIM byly vytvořeny, na základě údajů o reliéfu, geologickém podloží, využití půdy a vegetaci, mapy půdních jednotek pro zájmové území okresu Liberec.

Práce se skládá z teoretické a praktické části, kdy v části teoretické je provedena literární rešerše, která se zabývá mapováním půd a půdních vlastností, klasifikací půd, digitálním mapováním půd a modelem SoLIM.

Praktická část se zabývá využitím půd v zájmovém území, reliéfem okresu Liberec, který se rozkládá ve dvou geomorfologických subprovinciích. Dále jsou zkoumány půdy a údaje z půdních průzkumů, kdy bylo zjištěno, že se v zájmovém území nachází dvanáct půdních typů, pro něž byly tvořeny půdní mapy. Samotná praktická část je zpracovávána v programu SoLIM Solutions, do něž bylo použito jako vstupní údaje čtrnáct environmentálních proměnných v síti 1 x 1 km, a které se týkají reliéfu a využití půdy. Za pomoci proměnných a pravidel rozsahu a výčtu byly vytvořeny fuzzy mapy výskytu půdních typů ovlivněné danými vlastnostmi a následně byly vytvořeny jednotlivé mapy všech půdních typů, vyskytujících se v zájmovém území. Následně byl vytvořený půdní model aplikován na síť 100 x 100 m. Poté byly výsledky ověřeny pomocí validace a porovnány s existujícími půdními mapami.

Prokázalo se, že existuje vztah mezi stanovištními podmínkami a půdními vlastnostmi, a že lze aplikovat model SoLIM pro digitální mapování půd a půdních vlastností v podmínkách České republiky. Pro některé půdní typy se však model ukázal jako málo spolehlivý v důsledku malého počtu dostupných vstupních dat.

Klíčová slova: digitální mapování půd; GIS; prostorové rozložení půdních vlastností; predikční modely

Application of the SoLIM model on soil cover of the Liberec district

Summary

This thesis examines the relationship between site conditions such as relief, parent material, land use and vegetation use, and soil classes. Using the SoLIM model, the estimate of spatial distribution of soil units is established using supplementary data. This study verifies the usability of the SoLIM model for digital soil mapping of the Liberec district. Using the SoLIM model and based on relief, geologic substrate, and land use and vegetation use data, soil unit maps are created for the studied area of Liberec.

The thesis consists of a theoretical and a practical part while the theoretical part is based on review of literature concerning soil and soil properties mapping, soil classification, digital soil mapping, and the SoLIM model.

The practical part examines the land use in the studied area, and the relief of the Liberec district, which expands over two geomorphologic sub-provinces. In addition, soil and soil survey data, which identify twelve soil types in the studied area, are analysed and corresponding soil maps are created. The practical part itself is processed in the SoLIM Solutions programme where fourteen environmental variables concerning the relief and land use are introduced in a 1 x 1 km grid. Using the variables, range rules, and enumerated rules, fuzzy maps of soil types distribution influenced by given properties and also individual maps of all soil types in the studied area are created. Following that, the soil model was applied to a 100 x 100m grid. The results are then verified using validation and compared with existing soil maps.

It has been proved that there is a relationship between site conditions and soil properties and that the SoLIM model can be applied to digital soil mapping in the conditions of the Czech Republic. However, the model has proved insufficiently reliable for some soil types due to lack of available entry data.

Keywords: digital soil mapping; GIS; spatial distribution of soil properties; predictive models

Obsah

1	Úvod	1
2	Hypotézy a cíle práce	2
2.1	Hypotézy	2
2.2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Mapování půd a půdních vlastností	3
3.1.1	Otázky a omezení tradičního mapování půd	4
3.1.2	Mapování půdních vlastností	5
3.2	Klasifikace půd	5
3.3	Digitální mapování půd	7
3.4	Model SoLIM	8
3.4.1	Automatizované odvozování půd a fuzzy logika	9
3.4.1.1	Podobnostní model	9
3.4.1.2	Automatizované odvozování půd	10
3.4.2	Hodnocení metodologie modelu SoLIM	11
3.4.2.1	Výhody modelu SoLIM	11
3.4.2.2	Nedostatky modelu SoLIM	12
4	Materiál a metody	13
4.1	Charakteristika okresu Liberec	13
4.1.1	Využití půdy	13
4.1.2	Reliéf	14
4.1.2.1	Ještědský hřbet	14
4.1.2.2	Žitavská a Liberecká kotlina	15
4.1.2.3	Frýdlantská pahorkatina	15
4.1.2.4	Jizerské hory	16
4.1.2.5	Ralská pahorkatina	16
4.1.3	Geologické podloží	16
4.2	Půdy a údaje z půdních průzkumů	18
4.2.1	Rankery	18
4.2.2	Rendziny	18
4.2.3	Pararendziny	19
4.2.4	Fluvizemě	19
4.2.5	Černozemě	19
4.2.6	Hnědozemě	19
4.2.7	Luvizemě	20
4.2.8	Kambizemě	20

4.2.9	Kryptopodzoly	20
4.2.10	Podzoly	21
4.2.11	Pseudogleje	21
4.2.12	Gleje.....	21
4.2.13	Organozemě	22
4.3	Existující půdní mapy	22
4.4	Model SoLIM.....	23
4.4.1	Vstupní údaje	24
4.4.2	Predikční modely	24
4.4.2.1	Pravidlo rozsahu.....	24
4.4.2.2	Pravidlo výčtu	25
4.4.2.3	Rule-based project.....	25
4.4.2.4	Sample-based project	26
4.4.3	Ověření výsledků	26
4.4.4	Tvorba výstupů v prostředí SoLIM Solutions	28
5	Výsledky.....	31
5.1	Rendzina.....	31
5.2	Pararendzina	35
5.3	Fluvizem	40
5.4	Černozem	44
5.5	Hnědozem.....	46
5.6	Luvizem.....	50
5.7	Kambizem	55
5.8	Kryptopodzol.....	59
5.9	Podzol	64
5.10	Pseudoglej	68
5.11	Glej	73
5.12	Organozem.....	77
5.13	Půdní mapy v rozlišení 100 x 100 m	79
6	Diskuse	85
6.1	Rozsah dat a spolehlivost mapových výstupů.....	85
6.2	Ověření výsledků	85
6.3	Porovnávání s existujícími půdními mapami	86
6.3.1	VÚMOP.....	86
6.3.2	ČGS 1:50 000.....	87
6.3.3	SOTER.....	88
6.3.4	PUGIS	89
6.3.5	ČGS 1:1 000 000.....	90
6.3.6	Atlas půd ČR.....	90

6.4	Environmentální proměnné	92
6.5	Další projekty	93
7	Závěr	94
8	Seznam literatury.....	95
9	Seznam použitých internetových mapových zdrojů	97
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	97
11	Seznam příloh.....	98
12	Přílohy.....	99

Seznam obrázků

Obrázek 1	Prostorová generalizace půd v menším měřítku (Zhu et al., 2007, upraveno).....	4
Obrázek 2	Podobnostní model (Zhu et al, 2001)	10
Obrázek 3	Automatizované odvozování půd za pomoci fuzzy logiky založené na konceptu půdy (S) a funkci jejího formativního prostředí (E) (Zhu et al., 2001)	11
Obrázek 4	Dialogové okno k vytvoření Hardened Map (zdroj: SoLIM Solutions)	26
Obrázek 5	Point List vs. Map (zdroj: SoLIM Solutions).....	27
Obrázek 6	Znalostní databáze s vytvořenými půdními typy (zdroj: SoLIM Solutions).....	28
Obrázek 7	GIS databáze s jednotlivými environmentálními proměnnými (zdroj: SoLIM Solutions).....	28
Obrázek 8	Výběr pravidel v prostředí SoLIM Solutions (zdroj: SoLIM Solutions)	29
Obrázek 9	Tabulka hodnot pro vytvoření grafu pravidla rozsahu (zdroj: SoLIM Solutions) ..	29
Obrázek 10	Ukázka grafického výstupu (zdroj: SoLIM Solutions)	30
Obrázek 11	Pravidlo výčtu s číselnými kódy půdotvorného substrátu (zdroj: SoLIM Solutions)	30
Obrázek 12	Předpoklad výskytu rendziny podle orientace ke světové straně.....	31
Obrázek 13	Předpoklad výskytu rendziny podle sběrné plochy povodí.....	31
Obrázek 14	Předpoklad výskytu rendziny podle indexu sbíhavosti	32
Obrázek 15	Předpoklad výskytu rendziny podle zakřivení v příčném řezu	32
Obrázek 16	Předpoklad výskytu rendziny podle nadmořské výšky.	32
Obrázek 17	Předpoklad výskytu rendziny podle základní úrovně sítě údolnic	32
Obrázek 18	Předpoklad výskytu rendziny podle podélného zakřivení.....	33
Obrázek 19	Předpoklad výskytu rendziny podle faktoru sklonu, délky a strmosti	33
Obrázek 20	Předpoklad výskytu rendziny podle číselného kódu půdotvorného substrátu	33
Obrázek 21	Předpoklad výskytu rendziny podle relativní pozice na svahu	33
Obrázek 22	Předpoklad výskytu rendziny podle svažitosti	34
Obrázek 23	Předpoklad výskytu rendziny podle číselné třídy v CORINE Land Cover.....	34
Obrázek 24	Předpoklad výskytu rendziny podle topografického indexu vlhkosti	34
Obrázek 25	Předpoklad výskytu rendziny podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	34
Obrázek 26	Odhadovaný výskyt rendziny v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec	35
Obrázek 27	Předpoklad výskytu pararendziny podle orientace ke světové straně	36
Obrázek 28	Předpoklad výskytu pararendziny podle sběrné plochy povodí.....	36
Obrázek 29	Předpoklad výskytu pararendziny podle indexu sbíhavosti	36
Obrázek 30	Předpoklad výskytu pararendziny podle zakřivení v příčném řezu	36
Obrázek 31	Předpoklad výskytu pararendziny podle nadmořské výšky	37

Obrázek 32 Předpoklad výskytu pararendziny podle podélného zakřivení.....	37
Obrázek 33 Předpoklad výskytu pararendziny podle faktoru sklonu, délky, strmosti	37
Obrázek 34 Předpoklad výskytu pararendziny podle číselného kódu půdotvorného substrátu	37
Obrázek 35 Předpoklad výskytu pararendziny podle relativní pozice na svahu	38
Obrázek 36 Předpoklad výskytu pararendziny podle svažitosti	38
Obrázek 37 Předpoklad výskytu pararendziny podle číselné třídy v CORINE Land Cover....	38
Obrázek 38 Předpoklad výskytu pararendziny podle topografického indexu vlhkosti	38
Obrázek 39 Předpoklad výskytu pararendziny podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	39
Obrázek 40 Odhadovaný výskyt pararendziny v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	39
Obrázek 41 Předpoklad výskytu fluvizemě podle orientace ke světové straně.....	40
Obrázek 42 Předpoklad výskytu fluvizemě podle sběrné plochy povodí.....	40
Obrázek 43 Předpoklad výskytu fluvizemě podle indexu sbíhavosti.....	41
Obrázek 44 Předpoklad výskytu fluvizemě podle zakřivení v příčném řezu	41
Obrázek 45 Předpoklad výskytu fluvizemě podle nadmořské výšky.....	41
Obrázek 46 Předpoklad výskytu fluvizemě podle základní úrovně sítě údolnic.....	41
Obrázek 47 Předpoklad výskytu fluvizemě podle podélného zakřivení.....	42
Obrázek 48 Předpoklad výskytu fluvizemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti	42
Obrázek 49 Předpoklad výskytu fluvizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu	42
Obrázek 50 Předpoklad výskytu fluvizemě podle relativní pozice na svahu	42
Obrázek 51 Předpoklad výskytu fluvizemě podle svažitosti	43
Obrázek 52 Předpoklad výskytu fluvizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover.....	43
Obrázek 53 Předpoklad výskytu fluvizemě podle topografického indexu vlhkosti	43
Obrázek 54 Předpoklad výskytu fluvizemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	43
Obrázek 55 Odhadovaný výskyt fluvizemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	44
Obrázek 56 Předpoklad výskytu černozemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu ..	45
Obrázek 57 Předpoklad výskytu černozemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover	45
Obrázek 58 Předpoklad výskytu černozemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic	45
Obrázek 59 Předpoklad výskytu hnědozemě podle orientace ke světové straně.....	46
Obrázek 60 Předpoklad výskytu hnědozemě podle sběrné plochy povodí	46
Obrázek 61 Předpoklad výskytu hnědozemě podle indexu sbíhavosti.....	47
Obrázek 62 Předpoklad výskytu hnědozemě podle zakřivení v příčném řezu	47
Obrázek 63 Předpoklad výskytu hnědozemě podle nadmořské výšky.....	47
Obrázek 64 Předpoklad výskytu hnědozemě podle základní úrovně sítě údolnic.....	47
Obrázek 65 Předpoklad výskytu hnědozemě podle podélného zakřivení	48
Obrázek 66 Předpoklad výskytu hnědozemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti	48
Obrázek 67 Předpoklad výskytu hnědozemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu ..	48
Obrázek 68 Předpoklad výskytu hnědozemě podle relativní pozice na svahu	48
Obrázek 69 Předpoklad výskytu hnědozemě podle svažitosti.....	49
Obrázek 70 Předpoklad výskytu hnědozemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover	49
Obrázek 71 Předpoklad výskytu hnědozemě podle topografického indexu vlhkosti.....	49
Obrázek 72 Předpoklad výskytu hnědozemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic	49
Obrázek 73 Odhadovaný výskyt hnědozemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	50
Obrázek 74 Předpoklad výskytu luvizemě podle orientace ke světové straně	51
Obrázek 75 Předpoklad výskytu luvizemě podle sběrné plochy povodí	51
Obrázek 76 Předpoklad výskytu luvizemě podle indexu sbíhavosti	51
Obrázek 77 Předpoklad výskytu luvizemě podle zakřivení v příčném řezu.....	51
Obrázek 78 Předpoklad výskytu luvizemě podle nadmořské výšky	52

Obrázek 79 Předpoklad výskytu luvizemě podle základní úrovně sítě údolnic	52
Obrázek 80 Předpoklad výskytu luvizemě podle podélného zakřivení	52
Obrázek 81 Předpoklad výskytu luvizemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti.....	52
Obrázek 82 Předpoklad výskytu luvizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu.....	53
Obrázek 83 Předpoklad výskytu luvizemě podle relativní pozice na svahu.....	53
Obrázek 84 Předpoklad výskytu luvizemě podle svažitosti	53
Obrázek 85 Předpoklad výskytu luvizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover	53
Obrázek 86 Předpoklad výskytu luvizemě podle topografického indexu vlhkosti	54
Obrázek 87 Předpoklad výskytu luvizemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic	54
Obrázek 88 Odhadovaný výskyt luvizemě v závislosti na environmentálních proměnných v okrese Liberec.....	54
Obrázek 89 Předpoklad výskytu kambizemě podle orientace ke světově straně	55
Obrázek 90 Předpoklad výskytu kambizemě podle sběrné plochy povodí	55
Obrázek 91 Předpoklad výskytu kambizemě podle indexu sbíhavosti.....	56
Obrázek 92 Předpoklad výskytu kambizemě podle zakřivení v příčném řezu.....	56
Obrázek 93 Předpoklad výskytu kambizemě podle nadmořské výšky.....	56
Obrázek 94 Předpoklad výskytu kambizemě podle základní úrovně sítě údolnic	56
Obrázek 95 Předpoklad výskytu kambizemě podle podélného zakřivení	57
Obrázek 96 Předpoklad výskytu kambizemě podle faktoru sklonu, délky, strmosti.....	57
Obrázek 97 Předpoklad výskytu kambizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu ..	57
Obrázek 98 Předpoklad výskytu kambizemě podle relativní pozice na svahu.....	57
Obrázek 99 Předpoklad výskytu kambizemě podle svažitosti.....	58
Obrázek 100 Předpoklad výskytu kambizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover	58
Obrázek 101 Předpoklad výskytu kambizemě podle topografického indexu vlhkosti.....	58
Obrázek 102 Předpoklad výskytu kambizemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic	58
Obrázek 103 Odhadovaný výskyt kambizemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	59
Obrázek 104 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle orientace ke světové straně.....	60
Obrázek 105 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle sběrné plochy povodí	60
Obrázek 106 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle indexu sbíhavosti.....	60
Obrázek 107 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle zakřivení v příčném řezu.....	60
Obrázek 108 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle nadmořské výšky.....	61
Obrázek 109 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle základní úrovně sítě údolnic.....	61
Obrázek 110 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle podélného zakřivení	61
Obrázek 111 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle faktoru sklonu, délky a strmosti	61
Obrázek 112 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle číselného kódu půdotvorného substrátu	62
Obrázek 113 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle relativní pozice na svahu.....	62
Obrázek 114 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle svažitosti.....	62
Obrázek 115 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle číselné třídy v CORINE Land Cover	62
Obrázek 116 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle topografického indexu vlhkosti.....	63
Obrázek 117 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic .	63
Obrázek 118 Odhadovaný výskyt kryptopodzolu v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	63
Obrázek 119 Předpoklad výskytu podzolu podle orientace ke světové straně	64
Obrázek 120 Předpoklad výskytu podzolu podle sběrné plochy povodí.....	64
Obrázek 121 Předpoklad výskytu podzolu podle indexu sbíhavosti	65
Obrázek 122 Předpoklad výskytu podzolu podle zakřivení v příčném řezu	65
Obrázek 123 Předpoklad výskytu podzolu podle nadmořské výšky	65

Obrázek 124 Předpoklad výskytu podzolu podle základní úrovně sítě údolnic	65
Obrázek 125 Předpoklad výskytu podzolu podle podélného zakřivení.....	66
Obrázek 126 Předpoklad výskytu podzolu podle faktoru sklonu, délky a strmosti	66
Obrázek 127 Předpoklad výskytu podzolu podle číselného kódu půdotvorného substrátu	66
Obrázek 128 Předpoklad výskytu podzolu podle relativní pozice na svahu	66
Obrázek 129 Předpoklad výskytu podzolu podle svažitosti	67
Obrázek 130 Předpoklad výskytu podzolu podle číselné třídy v CORINE Land Cover.....	67
Obrázek 131 Předpoklad výskytu podzolu podle topografického indexu vlhkosti	67
Obrázek 132 Předpoklad výskytu podzolu podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	67
Obrázek 133 Odhadovaný výskyt podzolu v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec	68
Obrázek 134 Předpoklad výskytu pseudogleje podle orientace ke světové straně.....	69
Obrázek 135 Předpoklad výskytu pseudogleje podle sběrné plochy povodí.....	69
Obrázek 136 Předpoklad výskytu pseudogleje podle indexu sbíhavosti.....	69
Obrázek 137 Předpoklad výskytu pseudogleje podle zakřivení v příčném řezu	69
Obrázek 138 Předpoklad výskytu pseudogleje podle nadmořské výšky	70
Obrázek 139 Předpoklad výskytu pseudogleje podle základní úrovně sítě údolnic.....	70
Obrázek 140 Předpoklad výskytu pseudogleje podle podélného zakřivení	70
Obrázek 141 Předpoklad výskytu pseudogleje podle faktoru sklonu, délky a strmosti	70
Obrázek 142 Předpoklad výskytu pseudogleje podle číselného kódu půdotvorného substrátu	71
Obrázek 143 Předpoklad výskytu pseudogleje podle relativní pozice na svahu	71
Obrázek 144 Předpoklad výskytu pseudogleje podle svažitosti.....	71
Obrázek 145 Předpoklad výskytu pseudogleje podle číselné třídy v CORINE Land Cover ...	71
Obrázek 146 Předpoklad výskytu pseudogleje podle topografického indexu vlhkosti	72
Obrázek 147 Předpoklad výskytu pseudogleje podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	72
Obrázek 148 Odhadovaný výskyt pseudogleje v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	72
Obrázek 149 Předpoklad výskytu gleje podle orientace ke světové straně	73
Obrázek 150 Předpoklad výskytu gleje podle sběrné plochy povodí.....	73
Obrázek 151 Předpoklad výskytu gleje podle indexu sbíhavosti	74
Obrázek 152 Předpoklad výskytu gleje podle zakřivení v příčném řezu	74
Obrázek 153 Předpoklad výskytu gleje podle nadmořské výšky	74
Obrázek 154 Předpoklad výskytu gleje podle základní úrovně sítě údolnic	74
Obrázek 155 Předpoklad výskytu gleje podle podélného zakřivení.....	75
Obrázek 156 Předpoklad výskytu gleje podle faktoru sklonu, délky a strmosti.....	75
Obrázek 157 Předpoklad výskytu gleje podle číselného kódu půdotvorného substrátu.....	75
Obrázek 158 Předpoklad výskytu gleje podle relativní pozice na svahu	75
Obrázek 159 Předpoklad výskytu gleje podle svažitosti	76
Obrázek 160 Předpoklad výskytu gleje podle číselné třídy v CORINE Land Cover.....	76
Obrázek 161 Předpoklad výskytu gleje podle topografického indexu vlhkosti	76
Obrázek 162 Předpoklad výskytu gleje podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic.....	76
Obrázek 163 Odhadovaný výskyt gleje v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec	77
Obrázek 164 Předpoklad výskytu organozemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu	78
Obrázek 165 Předpoklad výskytu organozemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover ...	78
Obrázek 166 Odhadovaný výskyt organozemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec.....	78

Obrázek 167 Výskyt rendziny v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	79
Obrázek 168 Výskyt pararendziny v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	80
Obrázek 169 Výskyt fluvizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	80
Obrázek 170 Výskyt černozemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	81
Obrázek 171 Výskyt hnědozemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	81
Obrázek 172 Výskyt luvizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	82
Obrázek 173 Výskyt kambizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	82
Obrázek 175 Výskyt kryptopodzolu v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	83
Obrázek 174 Výskyt podzolu v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	83
Obrázek 176 Výskyt pseudogleje v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	84
Obrázek 177 Výskyt gleje v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)	84

Seznam tabulek

Tabulka 1 Úhrnné hodnoty druhů pozemků v okresu Liberec [ha]	13
Tabulka 2 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt rendziny	31
Tabulka 3 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt pararendziny	35
Tabulka 4 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt fluvizemě	40
Tabulka 5 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt černozemě	44
Tabulka 6 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt hnědozemě	46
Tabulka 7 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt luvizemě	50
Tabulka 8 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt kambizemě	55
Tabulka 9 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt kryptopodzolu	59
Tabulka 10 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt podzolu	64
Tabulka 11 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt pseudogleje	68
Tabulka 12 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt gleje	73
Tabulka 13 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt organozemě	77

1 Úvod

Potřeba člověka znát prostorové rozmístění půd, a z toho vyplývající potřeba zmapovat toto rozmístění, má již svou dlouhou tradici. Z tohoto důvodu se v průběhu let rozvíjelo mapování půd, které v moderní době postupně přecházelo, v souvislosti s rozvojem výpočetní techniky a geografických informačních systémů, v mapování digitální. Tento druh mapování ulehčuje pedologům práci nejen při tvorbě samotného mapování půd, ale také i při práci s daty a aktualizaci získaných dat. Díky již zmíněnému vývoji byl vytvořen program SoLIM Solutions, který využívá geografické informační systémy, znalosti expertů a fuzzy logiku, čímž ulehčuje a zpřesňuje práci s půdními daty, a zároveň otevírá nové možnosti jejich vizualizace. Model SoLIM byl, v této práci, pravděpodobně poprvé použit v rámci České republiky.

Okres Liberec byl zvolen jako zájmové území díky jeho rozmanitosti v oblasti pedologie a geologie, ale také i geomorfologie. Zájmové území je typické svou členitostí terénu, jelikož se nadmořská výška území pohybuje od 200 m n.m. až po 1 124 m n.m. Okres Liberec je tvořen na severu území Jizerskými a Lužickými horami, naopak ve střední části se rozprostírá liberecká kotlina, kterou na jihu odděluje Ještědský hřbet. Tato rozličnost poskytuje vhodné podmínky pro aplikaci modelu SoLIM, jelikož se velmi různí půdní typy, které jsou typické pro určité výškové polohy. Zvolené území je také výjimečné svou geologickou stavbou, jelikož Jizerské hory jsou tvořeny žulou, ačkoli severní část je tvořena čediči.

2 Hypotézy a cíle práce

2.1 Hypotézy

Existuje vztah mezi stanovištními podmínkami (reliéf, mateční hornina, využití půdy a vegetace) a půdními vlastnostmi. Model SoLIM lze použít v podmínkách České republiky pro odhad prostorového rozložení půdních jednotek s využitím doplňkových údajů.

2.2 Cíle práce

Ověřit použitelnost modelu SoLIM pro digitální mapování půd na území okresu Liberec. S využitím modelu SoLIM vytvořit na základě údajů o reliéfu, geologickém podloží, využití půdy a vegetaci mapy půdních jednotek pro území okresu Liberec.

3 Literární rešerše

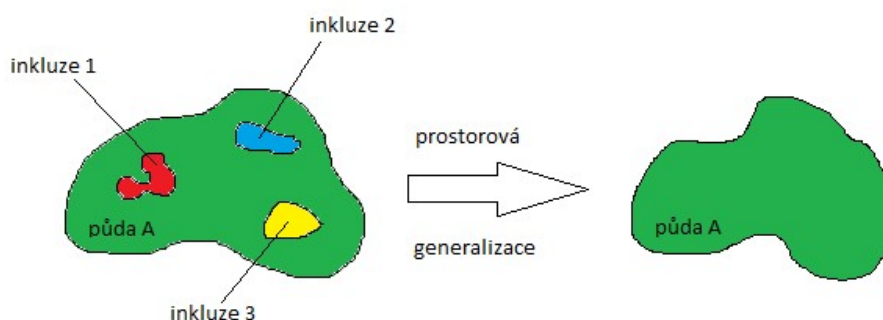
3.1 Mapování půd a půdních vlastností

Primárním zdrojem prostorových informací o půdě je v současnosti tradiční polygonové mapování půd (Zhu et al., 2001). Tradiční mapování půd je prováděno za účelem určit prostorové rozmístění půd. Jedná se o proces manuální a je prováděn časově pomocí kombinace průzkumu terénu a technik interpretací topografických či geologických map, terénních průzkumů nebo ortofotomap (Zhu et al., 1996). Teoretické základy tradičního mapování půd vycházejí z faktu, že půda je utvářena interakcí faktorů prostředí v průběhu času, jako jsou klima, matečná hornina, vegetace a topografie. Tyto základy byly položeny v Jennyho rovnici v roce 1941 (McBratney et al., 2003). Lze předpokládat, že v oblastech, které mají stejné podmínky prostředí, se budou nacházet stejné půdy. Tento předpoklad vyvolává potřebu mapování půd na základě krajiny (Zhu et al., 2007). Kromě modelu půdních jednotek existují také modely prostorového rozložení půdních charakteristik (Borůvka et al., 2005).

Za předpokladu, že je takto prováděn půdní průzkum, je nutné, aby pedologové nejprve zjistili proměnlivost půd v celé oblasti. Zjištěné informace jsou poté využity k vytvoření půdních jednotek. Mapová jednotka je „soubor ploch definovaných a pojmenovaných stejným názvem v podmínkách půdních složek, různorodých oblastí či obou podmínek“ (Soil Survey Division Staff, 1993 in Zhu et al., 2007). Mapové jednotky mohou buď obsahovat jeden typ půdy, kdy převládá jedna půdní jednotka, rozmanité půdy ve složitých systémech, ostatní půdy, které se podobají dominantnímu půdnímu typu, či malé oblasti s kontrastními půdami, které se nazývají inkluze. Když jsou půdní jednotky definovány, pedologové zformulují půdně-krajinný model oblasti, která má být mapována, pomocí přímého pozorování půd a podmínek prostředí. Jakmile je ustanovený charakter krajiny a poloha krajiny v dané mapové jednotce, mapové jednotky mohou být zobrazeny na leteckých fotografiích pomocí interpretace leteckých fotografií. Další terénní průzkumy jsou často prováděny ke kontrole přesnosti vykreslení. Půdní polygony z hromadných fotografií jsou kompilovány za účelem ortorektifikace snímků pro vytvoření podkladové mapy. Podkladové mapy jsou skenovány, vektorizovány a kontrolovány pro návaznost hranic pro další validaci, archivaci a pozdější využití v GIS. Nevýhodou je, že každý krok je časově náročný a může vnést mnoho chyb do půdní mapy (Zhu et al., 2007).

3.1.1 Otázky a omezení tradičního mapování půd

Prvním omezením spojeným s polygonovým mapováním půd je dle Zhu (2000) omezení velikosti půdního bloku, který bývá vykreslen v papírové mapě jako polygon. Menší půdní bloky jsou ignorovány či sloučeny do větších uzavřených půdních bloků. Toto omezení vede pedology k vytvoření vícekomponentového mapování jednotek pro vyjádření různých půd zahrnutých v polygonu. Nevýhodou je, že prostorové umístění těchto složek nemůže být vyobrazeno v mapě. Filtrování malých půdních bloků kvůli technickým omezením



Obrázek 1 Prostorová generalizace půd v menším měřítku (Zhu et al., 2007, upraveno)

polygonového mapování půd je nazýváno generalizací půd v prostorové doméně (Zhu, 2000). Prostorová generalizace (Obr. 1) může být velice významná a půdní bloky, které jsou vyčleněny, mohou činit od několika po stovky hektarů či více, v závislosti na měřítku dané mapy (Zhu et al., 2001). Druhým omezením v polygonovém mapování půd jsou polygony představující pouze rozdělení souboru půdních jednotek (centrální půdní koncepty). Při mapování půd musí pedologové v terénu přiřadit jednotlivým půdám v prostoru jednu a pouze jednu z předepsaných půdních jednotek, což je známo jako Booleanova klasifikace. Pokud je půdě přiřazena daná jednotka, místní půdy jsou prezentovány jako typický příklad dané jednotky, ačkoli konkrétní vlastnosti daných půdních bloků mohou být odlišné. Místní pedologové však mohou vědět, že se místní půda liší od centrálního konceptu definované třídy, avšak tuto znalost nelze převést do tohoto typu mapování. Tento druh generalizace vede pedology k mapování prostorové proměnlivosti jako skokové funkce, což znamená, že změna typu půdy se vyskytuje pouze na hranicích půdních polygonů (Zhu et al., 2001).

Dalším omezením je fakt, že manuální vykreslování půdních polygonů je jednotvárné, časově náročné a náchylné k velké tvorbě chyb. Půdní mapování je ovlivněno skutečností, že mapy z půdních průzkumů jsou možnou alternativou dokumentace poznatků, které jsou získány během tradičního mapování půd. Další možností dokumentace jsou různé průvodní zprávy. Znalost půdně-krajinných vztahů dané oblasti není přímo zdokumentována a je ztracena

v případě, že pedologové opustí zkoumanou oblast. Noví pedologové, kteří se na zkoumané území vrací, musí pokaždé znovu objevovat půdně-krajinné vztahy. Posledním problémem je skutečnost, že aktualizace nových dat u tradičních půdních průzkumů je časově velice náročná a data musí být znovu interpretována a mapy musí být ručně překreslovány (Zhu et al., 2007).

3.1.2 Mapování půdních vlastností

K mapování půdních vlastností se často využívá upravená Jennyho rovnice, která využívá empirické kvantitativní popisy vztahů mezi půdou a dalšími prostorovými faktory s cílem využití těchto vztahů pro funkce prostorové předpovědi půd (Qi et al., 2003). Půdní vlastnosti jsou reprezentovány sedmi proměnnými, jimiž jsou (McBartney et al., 2003):

1. (s) půda a další vlastnosti půdy v daném místě
2. (c) klima, klimatické vlastnosti prostředí v daném místě
3. (o) organismy, flóra a fauna, či činnosti člověka
4. (r) topografie, atributy krajiny
5. (p) matečná hornina, litologie
6. (a) stáří, časový faktor
7. (n) prostor, poloha místa

Je zde zahrnuta také půda jakožto faktor, neboť půda může být předpovězena z jejích vlastností či vlastností půdních tříd. Z výše uvedených faktorů se tento model nazývá podle anglických písmen scorpan. Model lze zapsat do rovnice jako $S_c = f(s, c, o, r, p, a, n)$, kde S_c jsou půdní třídy či půdní vlastnosti S_p (McBartney et al., 2003).

3.2 Klasifikace půd

Hlavním cílem klasifikace půd je stanovit hierarchii, která nám umožní v co nejširší míře pochopit vztahy mezi půdními typy a mezi půdou a faktory, které ji pomáhají utvářet. Druhořadé je pak poskytnout metodu komunikace v pedologii samotné. Půdní klasifikace byla původně vytvořena za účelem průzkumu půd. A právě během posledních desetiletí se půdní klasifikace vyvinula v prostředek komunikace v pedologii (Soil Survey Staff, 1999).

Pro různé účely půdních průzkumů jsou potřeba půdní jednotky, které mohou být seskupeny, rozčleněny či přerozděleny. Z toho důvodu je možné vyvodit další typy klasifikací z dané základní taxonomie. Základní klasifikační jednotkou v české klasifikaci je půdní typ, jenž lze definovat jako „skupinu půd charakterizovanou obdobnými morfologickými a analytickými znaky, která se vyvíjela pod vlivem určitého souboru půdotvorných činitelů“ (Tomášek, 2007). Nižší jednotkou je půdní subtyp, který vznikal spolu s dalšími podřízenými půdotvornými

procesy. Subtyp je často přechod mezi dvěma půdními typy. Další částí klasifikačního systému je půdní druh, jenž je definován pomocí zrnitostního složení. Půdní varieta je odvozena od hlavní vlastnosti, která je zjistitelná analyticky. Nižší úrovní klasifikačního systému je subvarieta. Dále jsou v rámci klasifikačního systému rozeznávány ekologické fáze, dále degradační a akumulární fáze nebo hlavní substrátové půdní formy, které vystihují typ substrátu, konkrétně jeho zrnitost či vrstevnatost z pohledu možnosti ovlivnění pedogeneze, využití a obhospodařování půd. Nejnižší úroveň je pak tvořena lokálními půdními formami, které vyjadřují podrobnější modifikace substrátu, přesněji jeho zrnitost, skeletovitost či vazby na reliéf (Tomášek, 2007).

V pedologii neexistuje mezinárodně přijatý klasifikační systém a nomenklatura půd. Důvodem je, že půda neexistuje ve formě diskretních individuí, ale objektem klasifikace jsou kvasiindividu (profilově charakterizované pedony) v půdním kontinuu. Až v 80. letech 20. století z důvodu vzrůstající potřeby průzkumu půd docházelo ke sjednocování klasifikací. V České republice na základě diskuse bylo vypracováno kolektivní dílo s názvem Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, který je schválen Českou pedologickou společností a pro Českou republiku je závazný (Němeček, 2002).

Do této klasifikace patří 15 referenčních tříd a 26 půdních typů, jimiž podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (2011) jsou:

1. *Leptosoly* – litozem (LI), ranker (RN), rendzina (RZ), pararendzina (PR)
2. *Regosoly* – regozem (RG)
3. *Fluvisoly* – fluvizem (FL), koluvizem (KO)
4. *Vertisoly* – smonice (SM)
5. *Černosoly* – černozem (CE), černice (CC)
6. *Luvizoly* – šedozem (SE), hnědozem (HN), luvizem (LU)
7. *Kambisoly* – kambizem (KA), pelozem (PE)
8. *Andosoly* – andozem (AD)
9. *Podzosoly* – kryptopodzol (KP), podzol (PZ)
10. *Stagnosoly* – pseudoglej (PG), stagnoglej (SG)
11. *Glejsoly* – glej (GL)
12. *Salisoly* – solončak (SK)
13. *Natrisoly* – slanec (SC)
14. *Organosoly* – organozem (OR)
15. *Antroposoly* – kultizem (KT), antropozem (AN)

Vedle již zmíněné tradiční půdní klasifikace existují také metody numerické klasifikace, mezi něž řadíme také fuzzy metody.

3.3 Digitální mapování půd

Principy digitálního mapování půd mají své počátky datovány do 70. let 20. století. Významně se však rozmohlo v 80. letech 20. století z důvodu rozvoje informačních technologií, dálkového průzkumu Země, výpočetní techniky, statistiky, GPS a v posledních letech také online přístupu k informacím (McBratney et al., 2003). Digitální mapování půd jako pojmenovaný obor se však objevilo až v roce 2003. Digitální mapa půd je v podstatě prostorovou databází půdních informací založená na statistických vzorcích krajiny. Vzorkování v terénu je používáno k určení prostorového rozmístění půdních vlastností, které jsou z velké většiny měřeny v laboratoři. Tato data jsou poté používána k předpovídání půdních vlastností u oblastí, jež nejsou vzorkovány. Digitální půdní mapy popisují nejistoty spojené s tímto druhem předpovědi a poskytují informace pro dynamické půdní vlastnosti. Tento druh map, založený na pixelech, může být snadněji vyobrazován ve větším rozlišení, čímž se liší od tradičního polygonového mapování půd (Sanchez et al., 2009).

V digitálním mapování půd jsou podstatné tři kroky. Prvním z nich jsou vstupní data. Tento krok začíná tvorbou podkladové mapy, kompletací a kalibrací prostorově souvislých pomocných veličin, jež jsou tvořeny z dostupných dat. Pomocné veličiny odrážejí uvedené faktory půdních uskupení včetně informací o podnebí (teplota, srážky či evaporace), krajinném pokryvu (např. Normalizovaný diferenční vegetační index, NDVI), řadě digitálních charakteristik reliéfu či geologických proměnných vztahujících se k půdnímu matečnému materiálu (letecká gama spektroskopie). Sběr starších půdních dat (již existujících, georeferencovaného terénu či z laboratorních měření) je důležitou částí prvního kroku (Sanchez et al., 2009).

Druhý krok zahrnuje odhad půdních vlastností, které jsou vyjadřovány jako pravděpodobnost výskytu. Dle Zhu et al. (2015) jsou tyto vlastnosti odvozovány pomocí kvantitativních vztahů mezi měřeními půdních bodů a prostorovými spojitými proměnnými. Výsledky těchto půdních vlastností mohou představovat obsah jílu, obsah organického uhlíku, pH, kationtovou výměnnou kapacitu, elektrickou vodivost či objemovou hmotnost. Tento krok umožňuje tvorbu map, které jsou používány pro mnoho klasifikačních půdních systémů (Sanchez et al., 2009).

Poslední krok se týká prostorového odvozování půdních vlastností, které jsou dále používány k předpovědi složitějších půdních funkcí, jako například schopnost zadržování půdní vody či fixace fosforu. Tohoto je dosaženo pomocí pedotransferových funkcí a pravidel

(Zhu et al., 2015). Uvedené půdní funkce značně ovlivňují kapacitu půd zajišťovat a regulovat ekosystémové služby. Celková nejistota předpovědi je hodnocena pomocí kombinace nejistot vstupních dat, prostorové dedukce a funkcí půdy (Sanchez et al., 2009).

3.4 Model SoLIM

Model SoLIM, anglicky Soil Land Inference Model, česky Model pro odvození půdních typů. Dle Zhu et al. (2006) se jedná o model, jehož cílem je získávání a reprezentace půdních prostorových informací. Model se skládá ze tří základních komponent, jimiž jsou proces získávání informací, geografické informační systémy (GIS) a fuzzy odvozovací modul. Proces získávání informací je používán pedology k odhalení vztahů mezi půdou a podmínkami okolního prostředí. Dle Zhu (1999) se jedná o proces, který je založen na individuálně vytvořené teorii a skládá se z několika opakování. Každé opakování je tvořeno pěti kroky: příprava, klíčová událost, popis, porovnání a kvantifikace (Zhu, 1999). Techniky GIS charakterizují prostorové podmínky tvorby půdy. Fuzzy odvozovací modul kombinuje získané informace o vztazích s půdně-prostorovými podmínkami za účelem tvorby prostorových informací. Odvozovací model byl vytvořen na základě fuzzy logiky tak, aby výsledná informace o půdě nebyla reprezentována jakožto konvenční půdní mapa, ale jako mapa fuzzy vztahů. Cílem tvorby modelu bylo omezení nedostatků konvenčního půdního mapování. Jedná se o odlišný způsob oproti konvenčnímu mapování půd, jelikož vnímání půdní krajiny a reprezentace půdních informací je odlišná (Zhu et al., 1997). Tento přístup využívá aktuálního rozvoje v GIS, umělé inteligence a teorie reprezentace informací za účelem zmírnění aktuálních omezení. Zatímco metody pro odvozování půdních dat jsou nové, model má své základy již v rovnici půdních faktorů Dokučajeva (Glinka, 1927 in Zhu et al., 2007) a Hilgarda (Jenny, 1961 in Zhu et al., 2007). Model půdy a krajiny byl popsán již Hudsonem (Hudson, 1992 in Zhu et al., 2007) v roce 1992, který tvrdí, že pokud jsou známy vztahy mezi půdou a jejím prostředím, je možné předpovědět typy půd v okolních oblastech, majících stejné prostředí. Model SoLIM používá sadu GIS a techniku dálkového průzkumu Země k určení podmínek prostředí a techniku získávání znalostí k nabytí a dokumentaci vztahů půdy a krajiny od místních pedologů. Podmínky prostředí jsou začleněny v získaném vztahu půda-krajina pro odvození prostorového rozmístění půdních typů za pomoci fuzzy logiky (Zhu et al., 2007). Nejnovějším trendem, který prorazil do světa digitálního mapování půd, je CyberSoLIM. Jedná se o kybernetickou platformu, která ztělesňuje jednoduše použitelnou a vysoce funkční aplikaci ve světě digitálního mapování půd. CyberSoLIM je realizován pomocí pěti hlavních funkcí (Jiang et al., 2016):

- Heuristický model, jenž umožňuje tvůrcům digitálních map snadnou tvorbu pracovního postupu,
- Vizualizace modelování, s níž je konceptuální pracovní postup symbolizován grafickými ikonami,
- Znovuvyužití pracovního postupu, což zvyšuje efektivitu digitálního mapování půd.
- Online provedení a vysoce účinné programování (HPC), jež má výhodu kyber-infrastruktury,
- Aktivní webová služba, která poskytuje efektivní a snadný způsob, jak sdílet a integrovat modely a algoritmy.

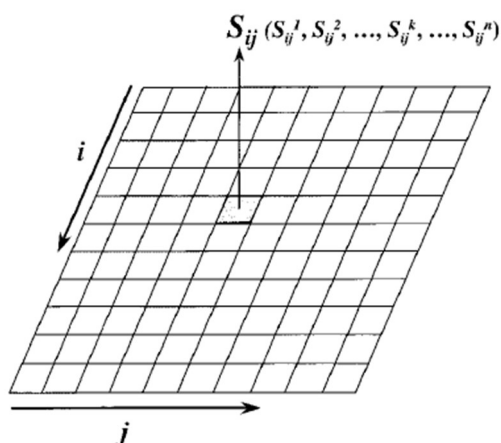
3.4.1 Automatizované odvozování půd a fuzzy logika

3.4.1.1 Podobnostní model

Tento způsob odvozování půd vychází z podobnostního modelu, jenž má za cíl předcházet dvěma zobecněním, která se u reprezentace půd vyskytují. Podobnostní model má dvě části. První je rastrová reprezentace půd v prostorové doméně a druhou je podobnostní reprezentace půd v parametrické doméně (Zhu, 1997). Při modelování dat v prostředí GIS může být plocha zobrazena pomocí malých čtverců neboli pixelů. Velikost těchto pixelů může být velmi malá, nejčastěji 30 m. V rastrové reprezentaci může být generalizace půd v prostorové doméně velmi snížena a prostorové detaily půdních proměnných mohou být reprezentovány v přesnějším prostorovém rozlišení. Rozlišení je dáno kvalitou digitální databáze, nikoli lidskými zdroji či mapovým měřítkem (Zhu et al., 2001).

Podobnostní reprezentace půd v parametrické doméně je založena na fuzzy logice (Zhu et al., 1997). Za pomoci fuzzy logiky může být půdě v určitém pixelu přiřazena více než jedna půdní jednotka s různými stupni třídního přiřazení. Tyto stupně třídního přiřazování se vztahují k fuzzy členství. Veškeré prvky fuzzy členství jsou ponechány v této podobnostní reprezentaci (Obr. 2), která vytváří n -prvkový vektor S_{ij} ($S_{ij}^1, S_{ij}^2, \dots, S_{ij}^n$), kde n je počet předepsaných půdních tříd a k -tý prvek, S_{ij}^k je podobnostní hodnota mezi půdou v pixelu (i,j) a půdní třídou k . Tento způsob reprezentace, jenž umožňuje, aby místní půdy přijímaly přechodné hodnoty vlastností mezi modálními (typickými) hodnotami předepsaných tříd, do značné míry obchází problém generalizace v parametrické doméně (Qi et al., 2006, Zhu et al., 2001).

Spojením podobnostního modelu a rastrového datového GIS modelu mohou být půdy v dané oblasti reprezentovány jako soubor pixelů s jednotlivými pixely reprezentovanými jako vektory půdně-podobnostní.



Obrázek 2 Podobnostní model (Zhu et al, 2001)

3.4.1.2 Automatizované odvozování půd

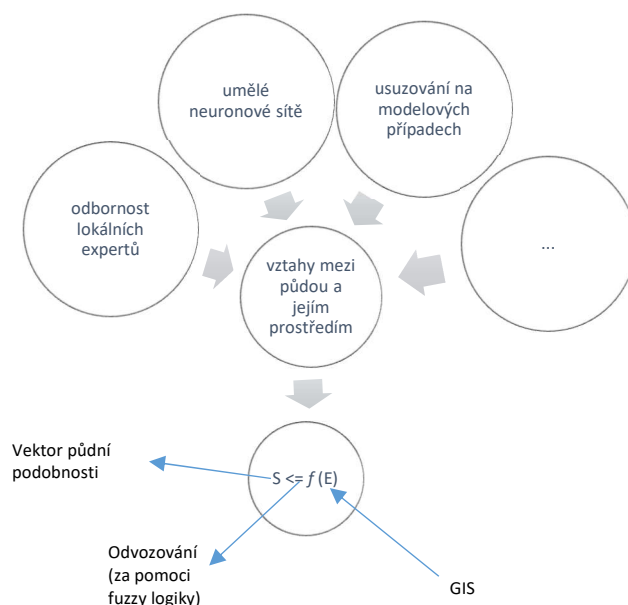
Na základě výše uvedených metod vzniklo automatizované odvozování půd. Myšlenkou tohoto konceptu je, že půda je výsledkem interakcí jejích formativních faktorů prostředí za celkový čas. V modelu SoLIM je tato myšlenka vyjádřena v podmínkách podobnosti mezi typickým formativním prostředím pro půdní jednotky a místním prostředím pro danou oblast (S'). Tento vztah je dán rovnicí:

$$S' = \int f_1(E) dt$$

Jednotlivými proměnnými rovnice jsou proměnná t , která vyjadřuje čas, proměnná f_1 , která vyjadřuje vztah půdního vývoje k formativnímu prostředí, a proměnná E , která zahrnuje prvky popisující podnebí, topografii, matečnou horninu a vegetační faktory. Přesněji řečeno, S' zde vyjadřuje měřítko podobnosti mezi charakterizovaným půdním formativním prostředím pro centrální koncept dané půdní jednotky a charakterizovaným půdním formativním prostředím dané lokality. Jelikož míra podobnosti při zobecňování lokálních půd není možná bez nákladného průzkumu terénu, v rámci modelu SoLIM převádíme skutečnou podobnost S na S' (Zhu et al., 2001). V rámci zjednodušení je celá rovnice převedena do tvaru:

$$S' = f(E)$$

Údaje o půdních formativních podmínkách prostředí mohou být získány s použitím technik GIS (Obr. 3).



Obrázek 3 Automatizované odvozování půd za pomoci fuzzy logiky založené na konceptu půdy (S) a funkci jejího formativního prostředí (E) (Zhu et al., 2001)

3.4.2 Hodnocení metodologie modelu SoLIM

Stejně jako každá nová technologie, tak i model SoLIM má své výhody a nevýhody. Model má potenciál významně urychlit proces průzkumu půd, ačkoli úspěšnost může být limitována kvalitou GIS a vstupními znalostmi (Zhu et al., 2007).

3.4.2.1 Výhody modelu SoLIM

Zhu et al. (2007) uvádějí několik výhod, jež tento model má oproti konvenčnímu mapování půd:

- mapové výstupy jsou přesnější,
- aktualizace výstupu u modelu SoLIM je účinnější a méně nákladná,
- vztahy mezi půdou a prostředím jsou dokumentovány a uchovávány pro další použití,
- podstata modelu je, že šetří čas a peníze, které by musely být vynaloženy na převod analogových výstupů do digitální podoby,
- vysoké rozlišení rastrové datové sady je kompatibilnější s ostatními zdroji prostorových dat,
- soubor výstupů informací o půdách může být vytvářen z fuzzy map v závislosti na individuální či všeobecné potřebě.

3.4.2.2 Nedostatky modelu SoLIM

Zhu et al. (2001) zjistili několik nedostatků, jimiž jsou:

- výstupní kvalita půdních informací je závislá na kvalitě půdně-krajinného modelu a přesnosti podmínek prostředí charakterizovaných v GIS,
- v případě, že chybí přesný model půdy a krajiny, je nemožné získat přesné informace o půdách,
- získání informací od místních pedologů je jediná metoda rozvoje půdně-krajinného modelu,
- přesnost podmínek prostředí charakterizovaných pomocí GIS je vztažena k dostupnosti datových vrstev, kvalitě a rozlišení existujících dat a schopnosti definovat relevantní prostorové podmínky za pomoci GIS,
- předmětem zkoumání je zjistit možnost aplikace modelu v oblastech s velmi jemnými prostorovými přechody.

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika okresu Liberec

4.1.1 Využití půdy

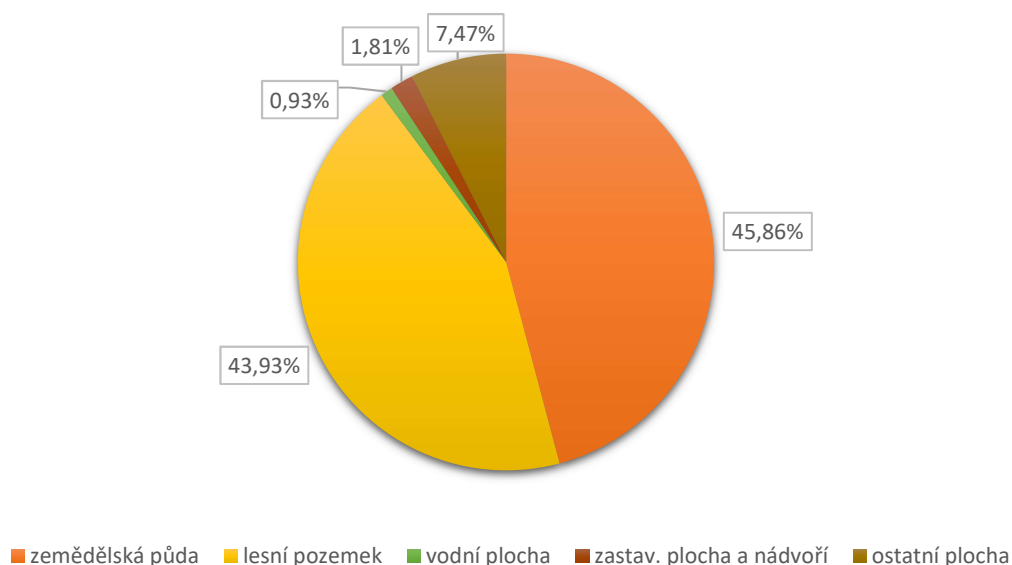
V okrese Liberec je půda nejvíce využívána jako zemědělská a tvoří 31 % rozlohy daného okresu. Zemědělská půda je tvořena půdou ornou (13 %), zahradami (2 %), ovocnými sady (0,07 %) a trvalými travními porosty (16 %). Dále je půda v zájmovém okrese využívána na lesní pozemky, jež zabírají 44 %. Ostatní plochy zabírají necelých 8 % okresu Liberec, zastavěné plochy a nádvoří tvoří 1 % a vodní plochy zabírají necelé 1 % okresu (viz Graf). V zájmovém okrese se nenacházejí žádné chmelnice ani vinice (ČÚZK, 2016).

Tabulka 1 Úhrnné hodnoty druhů pozemků v okrese Liberec [ha]

Využití půdy	Výměra
orná půda	17867
zahrady	2671
ovocný sad	100
TTP	21904
zemědělská půda	42542
lesní pozemek	40755
vodní plocha	864
zastav. plocha a nádvoří	1676
ostatní plocha	6928
Celková výměra	92769

Zdroj: ČÚZK, 2016

Procentické zastoupení druhů pozemků v okrese Liberec



Graf Procentuální zastoupení druhů pozemků v okrese Liberec (zdroj: ČÚZK, 2016)

4.1.2 Reliéf

Okres Liberec se rozprostírá ve dvou geomorfologických soustavách neboli subprovinciích. Severní část okresu tvoří Krkonošsko-jesenická soustava a jižní část je tvořena Českou křídovou tabulí. Krkonošsko-jesenická soustava představuje dlouhou vyzdviženou kru hrást'ovité stavby, jež je omezena na okrajích soubory zlomů. Hlavním rysem je složitá geologická stavba a různorodý reliéf. Soustava má dlouhý geologický vývoj a za dnešní vzhled vděčí třetihorním saxonským tektonickým pohybům. Krkonošsko-jesenická soustava zahrnuje celky Ještědského hřbetu, Žitavskou a Libereckou kotlinu, Jizerské hory a Frýdlantskou pahorkatinu. Česká křídová tabule v zájmovém území tvoří malou část, konkrétně Ralskou pahorkatinu. Členitost reliéfu je zdůrazněna rozptýlenými vulkanickými sukly, kdy převládají vypreparované výplně sopečných komínů a rozličných typů žil (Demek et al., 1965).

4.1.2.1 Ještědský hřbet

Ještědský hřbet je úzký pruh vysokého reliéfu kozákovského pásma, jenž vystupuje mezi Ralskou pahorkatinou a Libereckou kotlinou. Jihozápadní část je u Hodkovic proříznuta řekou Mohelkou. Nejvyšší výšky hřbet dosahuje vrcholem Ještědem (1012 m). Dále se v severozápadní části rozpadá na dílčí hřbety, jako například Malý Ještěd (750 m). Z geomorfologického hlediska se jedná o kru paleozoických hornin, jež se zvedla vysoko nad úroveň paleogenního povrchu a nad dno Liberecké kotliny (Demek et al., 1965).

4.1.2.2 Žitavská a Liberecká kotlina

Žitavská kotlina zasahuje na zájmové území mezi Hrádkem nad Nisou a Chrastavou. Jedná se o výše položenou část Žitavské pánve a má charakter tektonické sníženiny, jež je obklopena Jizerskou hornatinou a Ještědským hřbetem. Základním rysem jsou široké hřbety oddělené mělkými údolími, nad jejichž vrcholy vystupují čedičové kupy. Nejvyšším bodem je v severovýchodní části čedičová kupa Kohout (566 m), která se nachází u Horního Vítkova. Avšak průměrná výška reliéfu tohoto podcelku je cca 320 m n. m. Podloží Žitavské kotliny je tvořeno rumburskou žulou. Kotlinu vyplňují pelitické a psamitické sladkovodní sedimenty spodního miocénu o mocnosti 400 m. Terciérními sedimenty jsou balvanité sutě křídových pískovců pleistocenního až holocenního stáří. Předkvartérní pokryv tvoří glaciáluviální, glacialakustrinní a fluviaální sedimenty (Demek et al., 1965).

Jihovýchodně se rozprostírá Liberecká kotlina, již tvoří menší kotliny, které jsou navzájem spojené úvalovitými sníženinami. Severní okraj je silně členitý. Strmé svahy Jizerských hor přecházejí do mírných svahů, kde kotlina zasahuje do pohoří. Nejnižším bodem je okolí Liberce (330 m n. m.) a odtud se postupně zvedá k okrajům. Podloží Liberecké kotliny je tvořeno biotitickou krkonošsko-jizerskou žulou, jež na jihovýchod přechází na dvojslídne žuly, fylity a kvarcity. Mezi řekou Nisou a úpatím Ještědského hřbetu můžeme najít zbytky terciérních písků, jílu, štěrku a lignitů. V jihozápadní části lze také nalézt říční sedimenty (Demek et al., 1965).

4.1.2.3 Frýdlantská pahorkatina

Frýdlantská pahorkatina tvoří severní podhůří Jizerských hor a rozkládá se před zlomovým svahem ve frýdlantském výběžku. Pahorkatina má zvlněný reliéf a v okolí lázní Libverda dosahuje až výšek 500 m n. m., zatímco u hranic se výška pohybuje okolo 250 m n. m. Frýdlantskou pahorkatinu tvoří horniny lužického a jizersko-krkonošského plutonu společně s čediči, znělci a jejich tufy, které v některých místech tvoří i příkrovy. Nejstarší tvary řadíme do paleogénu, kdy byla oblast zaplavena jezery. Během tektonických pohybů došlo k rozlámání a vyzdvižení svrchního oligocénu a jižní kry. V místech tektonických linií došlo k výlevům čedičů a znělců (Demek et al., 1965).

4.1.2.4 Jizerské hory

Severní část je tvořena zlomovým svahem, kterým spadají Jizerské hory k Frýdlantské pahorkatině a svůj vznik má pravděpodobně v pliocénu. Díky intenzivnímu rozčlenění hustou údolní sítí není hranice na jihu území k Liberecké kotlině tak nápadná jako na severu pohoří. Více zřetelné je západní úpatí Liberec-Mníšek-Dětřichov, kde je erozí rozřezaný zlomový svah. Nejvyšší vrcholy Jizerských hor se nacházejí v severovýchodní části a jsou typické nápadně stejnou výškou (Smrk 1124 m nebo Jizera 1122 m). Reliéf pohoří se sklání na jih a jihozápad v souladu se směrem odvodňování. Hlavním prvkem reliéfu jsou plošinné útvary s širokými údolními depresiemi a izolovanými elevacemi plochých kup. Plošiny se rozkládají ve výšce 850–950 m n. m. a sklánějí se k jihu a jihozápadu. Součástí třetihorního reliéfu jsou mělká a široká údolí s rašeliništi. Díky nižší poloze nebyly Jizerské hory v pleistocénu zaledněny. Terén byl modelován pomocí mrazového větrání a soliflukce, díky čemuž vznikly vrcholová skaliska, mrazové sruby a balvanová moře (Demek et al., 1965).

4.1.2.5 Ralská pahorkatina

Nejmenší část území zabírá Ralská pahorkatina, konkrétně na území zasahuje podcelek Zákupská pahorkatina. Jedná se o severní část Ralské pahorkatiny a má charakter členitý. Je tvořena svrchnokřídovými kvádrovými pískovci, slínovci a vápnitými jílovci. Reliéf je pestrý a strukturně denudační s vlivy neotektoniky v okrajových částech. Geomorfologickými dominantami jsou neovulkanické suky a kryogenní tvary. Vývoj reliéfu ovlivnil vstup kontinentálního ledovce v mindelu (Hromek, 2014).

4.1.3 Geologické podloží

Území okresu Liberec je tvořeno regionálně – geologickými jednotkami tří strukturních pater Českého masivu – z předplatformních lugická oblast, dále limnický permokarbon a z platformních jednotek České křídové pánve, terciér a kvartér (Hromek, 2014).

Lugická oblast je zde zastoupena jednotlivými jednotkami krkonoško-jizerského krystalinika a lužickým masivem. Krkonoško-jizerské krystalinikum tvoří slabě až středně metamorfovanou regionálně geologickou jednotku s polyfázovou deformační stavbou. Jedná se o nejvýraznější strukturní elevaci lugické oblasti v severní části Českého masivu. Geologická struktura a horniny krkonoško-jizerského krystalinika zaznamenává nejvýznamnější orogenní etapy geologické historie Českého masivu, jako je orogeneze grenvillská, kadomská, kaledonská a variská. Krkonoško-jizerské krystalinikum lze rozdělit do úseků, jež se odlišují litostratigrafickým obsahem a intenzitou regionální metamorfózy (Chlupáč, 2002).

Jizerský rulový komplex je tvořen souborem hornin ortorulového vzhledu s různými typy rul, migmatitů a slabě usměrněných kataklastických žul s polohami svorů prekambriického stáří. Krkonoško-jizerský granitový pluton tvoří variská posttektonická granitová intruze s výrazným kontaktním svorem, který postupuje centrální částí krkonoško-jizerského krystalinika tvořeného prekambriickými krystalickými břidlicemi. Základní horninový typ zde tvoří biotitický granit s velkými vyrostlicemi draselného živce. Ložiskově důležitými jsou zde liberecká žula krkonoško-jizerského plutonu, jež je hrubozrnná a porfyrická s vyrostlicemi draselného živce. Lužická antiklinální zóna vybíhá do výběžku Frýdlantského, kde se v západní části dotýká křídové pánve a západolužické poruchy, zatímco na východě se stýká s krkonoško-jizerským krystalinikem (Chaloupský et al., 1989).

Limnický permokarbon byl vytvářen šířením limnické sedimentace z Polska směrem na jihozápad. Spojení s limnickou sedimentací bylo vytvořeno počátkem stefanu. Rozhraním karbonu a permu se lužický permokarbon odděluje na samostatný sedimentační prostor s aktivitou až do spodního triasu. Ještědské krystalinikum tvoří kra slabě metamorfovaných fylitických hornin s vložkami sericitických kvarcitů s pestrým stratigrafickým obsahem, jež je tektonicky omezená lužickým a machnínským zlomem. Ještědské krystalinikum zahrnuje i svrchnoproterozoický metadrobový komplex lužického masivu, nejslaběji přeměněné krkonoško-jizerské jednotky s výskyty vulkanitů svrchnodevonského stáří a sedimentů spodnokarbonského stáří (Chlupáč, 2002).

Křídové sedimenty České křídové pánve pokrývají souvisle celé území na jihozápad od lužické poruchy. Stratigraficky je zastoupeno souvrství jizerské ze středního až svrchního turonu ve východní části Podještědí. Z petrologického hlediska dominují pískovce, především v jizerském souvrství. Jedná se o pískovce křemenné, méně pak jílovité, slinité a vápnité s různými zrnitostmi (Chaloupský et al., 1989).

Terciérní sedimenty se na území okresu Liberec dochovaly v pruhu od Žitavské přes Libereckou kotlinu na Železnobrodsko. Tyto sedimenty jsou zakryty kvarténními glaciofluviálními a glacialakustrinními uloženinami, jež jsou hojným zdrojem šterkopísků. Hlavní oblastí výskytu terciérních sedimentů je okolí Hrádku nad Nisou, jenž je součástí žitavské hnědouhelné pánve (Hromek, 2014).

Terciérní vulkanity vystupují v jihozápadní části Frýdlantské pahorkatiny a dominují horniny čedičového, trachytového a foidického typu. Na Frýdlantsku lze najít velká, avšak geomorfologicky méně výrazná tělesa bazaltoidů, jako například olivinický nefelinit či nefelinický bazanit. V oblasti Jizerských hor se neovulkanity nacházejí velmi zřídka, nejznámější je olivinický nefelinit na Bukovci (Chlupáč, 2002).

Kvartérní pokryvy mají menší mocnost než starší horniny, ale jsou přítomné na celém území. Díky své poloze mají klíčový význam pro tvorbu půdy, jako i pro živou přírodu. Na území vybraného okresu jsou zastoupeny sprašové hlíny, které vytvářejí souvislý pokryv v rovinném až mírně svažitém terénu Podještědí, na Turnovsku a Frýdlantské pahorkatině. Na jihu se místy střídají se spraši. Fluviální štěrkopísky nejvíce vystupují u Jizery pod Turnovem, zbytek říční terasy se nachází také na Lužické Nise. Glacifluviální sedimenty, především pak štěrkopísky zaplňují významnou část Frýdlantské pahorkatiny, východního Podještědí a méně pak ve výběžku Liberecké kotliny. Proluviální sedimenty, konkrétně výplavové kužely, se nacházejí u potoků na přechodu svahu do kotliny, v zájmovém území především v Liberecké kotlině. Holocénní náplavy jsou doprovodným jevem vodotečí. Dobře vyvinutou holocénní nivu tvoří Jizera pod Turnovem. Organické sedimenty jako rašeliny a slatiny se v okrese Liberec nacházejí ve vrcholových polohách Jizerských hor, kde dosahují mocnosti až 5 m. Rašelinisté přechodového typu můžeme najít u Lázní Kundratice (Chlupáč, 2002).

4.2 Půdy a údaje z půdních průzkumů

4.2.1 Rankery

Tyto půdy jsou rozšířeny na četných, ale plošně méně rozlehlých lokalitách, především v reliéfově členitých středních a vyšších polohách pahorkatin a hornatin (Němeček, 2011). Klima zde není rozhodujícím prvkem. Půdotvorný substrát zde tvoří kamenitá až balvanitá deluvia nekarbonátových hornin, které kryjí příkřejší svahy a jejich úpatí. Hlavním půdotvorným procesem je výrazná humifikace. Půdní profil je tvořen mocným humusovým horizontem, jenž přechází do substrátu. Jedná se výhradně o lesní stanoviště, vzhledem k vysokému obsahu hrubého skeletu (Tomášek, 2007).

4.2.2 Rendziny

Tento typ půd se vytváří především na silně karbonátových horninách, a to na vápencích a dolomitech. Nacházejí se ve všech klimatických podmínkách, v případě, že je splněn požadavek na vápnitost horniny. Původní porosty zde tvoří šípákové a teplomilné doubravy či skalní stepi. V polohách vyšších to pak jsou vápnomilné bučiny nebo reliktní bory. Terén je v tomto případě značně členitý. Hlavní půdotvorný proces je humifikace, v menším měřítku pak zvětrávání. Jedná se o půdy mělké, kamenité se středním až vyšším obsahem humusu střední kvality. Sorpční vlastnosti těchto půd jsou dobré, naopak fyzikální vlastnosti jsou horší (Tomášek, 2007). V České republice se jedná o půdy málo zastoupené díky nízkému výskytu vápenců (Němeček, 2011).

4.2.3 Pararendziny

Pararendziny jsou obdobou hnědých půd (kambizemí) na zvětralinách vápnitých břidlic, pískovců či karbonátových čedičů. Jsou rozšířeny nezávisle na klimatu a nadmořské výšce, avšak nevyskytují se ve vyšších polohách. Původním pokryvem byly teplomilné rostliny, konkrétně teplomilné doubravy. Hlavním půdotvorným procesem je zde humifikace. Jedná se o mělké skeletovité půdy s nižší kvalitou humusu (Tomášek, 2007). Dle Němečka (2011) jsou díky málo mocné vrstvě hlavního souvrství přechodnými půdami kambizemí.

4.2.4 Fluvizemě

Jedná se o nivní půdy charakterizované pouze fluvickými znaky, jako jsou vrstevnatost a nepravidelné rozložení organických látek (Němeček, 2011). Tento typ půd je rozšířen především v nížinách, kde zaplňuje dna říčních údolí. Vytvářely se pod lužními lesy a druhotnými údolními loukami. Půdotvorný substrát zde tvoří nivní uloženiny. Jedná se o mladé půdy, jejichž půdotvorným procesem je přerušovaná akumulární činnost vodního toku. Obsah humusu těchto půd je střední s hlubokým prohumózněním v hlubších vrstvách (Tomášek, 2007).

4.2.5 Černozemě

Černozemě můžeme v České republice najít v nejsušších a nejteplejších oblastech. V dnešní době je tento typ půd zachován především díky zemědělské kultivaci. Matečný substrát je tvořen spraší, místy lze najít také zvětraliny slínovců, vápnitě terciární jíly či vápnitě písky. Tyto půdy se vyskytují v převážně plochem a rovinném terénu, avšak místy se mohou vyskytovat také v pahorkatinném či vrchovinném terénu. Hlavní půdotvorný proces je intenzivní humifikace, jež probíhala pod stepní vegetací. Půdní profil těchto půd je mocný, tmavě zbarvený a zasahuje až do hloubky 80 cm. Jedná se o půdy středně těžké, bez skeletu, s obsahem kvalitního humusu a dobrými sorpčními vlastnostmi (Tomášek, 2007).

4.2.6 Hnědozemě

Hnědozemě jsou v libereckém okrese zastoupeny v nižším stupni pahorkatin a v okrajových částech nížin. Podle Tomáška (2007) je podnebí těchto oblastí vlhčí, s ročním úhrnem srážek od 500 do 700 mm a průměrnou roční teplotou od 7 do 9 °C. Tyto půdy se tvořily pod doubravami a habrovými doubravami (Němeček, 2011). Půdotvorný substrát zde tvoří spraš, sprašová hlína či smíšená svahovina. Hlavním půdotvorným procesem tohoto typu půd je illimerizace, při níž je svrchní část profilu ochuzována o jílnaté součástky, jež jsou

přemisťovány do hlubších horizontů. Nejčastěji se jedná o půdy středně těžké až těžké. Mají nižší obsah humusu se slabě kyselou půdní reakcí a zhoršenými sorpčními vlastnostmi. Jedná se o hodnotné zemědělské půdy s menší náchylností k vysychání (Tomášek, 2007).

4.2.7 Luvizemě

Luvizemě, neboli illimerizované půdy, se nejčastěji vyskytují v pahorkatinách a vrchovinách s podnebím humidnějším, průměrnou roční teplotou od 6 do 8 °C a nadmořskou výškou mezi 250 a 600 m n. m. Vznikaly pod listnatými lesy tvořenými duby, buky, habry a lípami. Dle Němečka (2011) jsou matečnou horninou sprašové hlíny, středně těžké glaciální sedimenty či zahliněné terasové sedimenty. Hlavním půdotvorným procesem je zde illimerizace. Charakteristickou častou vlastností těchto půd je oglejení, kdy jílem obohacený horizont dočasně zadržuje srážkovou vodu, která způsobuje koncentraci bročků. Jedná se o půdy středně těžké a těžší se středním obsahem humusu s nižší kvalitou (Tomášek, 2007).

4.2.8 Kambizemě

Tento typ půd se vyskytuje především na svažitých pahorkatinách, vrchovinách a hornatinách. V menším měřítku je také lze nalézt na sypkých substrátech v rovinatém terénu. Dle Tomáška (2007) se půdy nacházejí v humidnějších oblastech s úhrnem srážek od 500 do 900 mm a průměrnou teplotou od 4 do 9 °C. Tyto půdy vznikaly pod listnatými a smíšenými lesy, které byly tvořeny duby, buky a jedlemi. Jelikož se tyto půdy nacházejí v tak široké škále klimatických a vegetačních podmínek, jsou určovány rozdílem v akumulaci humusu, jeho kvalitou, vyluhováním půdního profilu a zvětráváním, to vše v interakci s vlastnostmi substrátu. Půdotvorným procesem u těchto půd je hnědnutí a tvorba jílu (Němeček, 2011).

4.2.9 Kryptopodzoly

Tento typ půd se vyskytuje hlavně ve vyšších polohách nad 800 m n. m. Bývají také nazývány jako rezivé půdy z důvodu rezivé až žlutorezivé barvy a vznikaly především pod kyselými horskými bučinami či smrčínami v chladném a vlhkém klimatu (Němeček, 2011). Půdotvorný substrát zde tvoří zvětralinu kyselých hornin, hlavně vyvřelin a metamorfik, ale také sedimentů. Hlavní půdotvorný proces je intenzivní vnitropůdní zvětrávání, které doprovází výrazné uvolňování seskvioxidů (Al, Fe). Kryptopodzoly jsou mělké a ve spodině výrazně skeletovité s poměrně vysokým obsahem humusu. Po zemědělské stránce se jedná o nekvalitní půdy, na nichž jsou pěstovány především pícniny. Vhodnější jsou spíše jako trvalé travní porosty a lesy (Tomášek, 2007).

4.2.10 Podzoly

Tyto půdy jsou v libereckém okrese zastoupeny v nejvyšších horských polohách a vlhkém a chladném klimatu. Roční úhrn srážek se pohybuje okolo 800 mm s průměrnou roční teplotou od 0 do 6 °C. Vznik těchto půd je především pod jehličnatými – smrkovými lesy. Matečnou horninou jsou hlavně zvětraliny minerálně slabších hornin žul, svorů či pískovců (Tomášek, 2007). Dle Němečka (2011) se mimo výskyt v horských polohách podzoly mohou vyskytovat také v nížinách, kde se nacházejí na extrémně chudých písčítých substrátech pod borovými doubravami. Hlavním půdotvorným procesem je intenzivní vyplavování neboli podzolizace. Jedná se o lehčí půdy se skeletem a vysokým obsahem humusu. Půdy jsou charakteristické nízkou úrodností, proto jsou využívány většinou jako lesy (Tomášek, 2007).

4.2.11 Pseudogleje

Tento typ půd je v daném okrese zastoupen ve středním výškovém stupni. Půdotvorný substrát zde tvoří sprašové hlíny, hlinité a jílovité ledovcové uloženiny, smíšené svahoviny, jíly a odvápněné slínovce. Nejčastěji se tyto půdy vyskytují na smíšených písčitojílových terciérních sedimentech, jejichž svrchní část může být písčitá a do hloubky těžší. Hlavním půdotvorným procesem je oglejení s podřízeným půdotvorným pochodem illimerizací, která oglejení předchází. Jedná se o těžší až těžké půdy s poměrně vysokým obsahem organických látek a nepříznivými sorpčními vlastnostmi (Tomášek, 2007). Tyto půdy jsou charakteristické výskytem mramorovaného horizontu, který vzniká transformací luvického či kambického horizontu (Němeček, 2011).

4.2.12 Gleje

Tyto půdy jsou rozšířeny po celé České republice, především pak v nivách vodních toků a zamokřených úpadech. Nejčastěji je můžeme najít v pahorkatinách a vrchovinách. Půdotvorným substrátem jsou nevápnité nivní uloženiny a deluviální splachy. Půdotvorným procesem je glejový pochod. Typickým znakem těchto půd je nepříjemný zápach díky sirovodíku. Ze zemědělského hlediska se jedná o půdy špatné kvality, z tohoto důvodu jsou využívány jako louky (Tomášek, 2007). Podle Němečka (2011) se tento typ půd vyvíjí na extrémních substrátech.

4.2.13 Organozemě

Jiným názvem rašelištní půdy, jsou tvořeny intenzivní akumulací nerozložených rostlinných zbytků v nivním prostředí. Typické je pro tyto půdy prosycení vodou, málo minerálních látek a kyselá půdní reakce. Lze je podle původu rozdělit na vrchovištní, přechodových rašelinišť a slatinné (Tomášek, 2007).

4.3 Existující půdní mapy

Pro porovnání vytvořených map okresu Liberec z programu SoLIM Solutions byly použity existující půdní mapy, které byly zpracovány v programu ArcMap do mapových výstupů (viz Přílohy) a s nimiž byly porovnávány vizuálně. V první řadě se jednalo o mapu České geologické služby v měřítku 1:1 000 000, jež je ve formátu ESRI Shapefile a v souřadnicovém systému S-JTSK. Další mapou, která byla použita pro porovnání, je mapa z programu SOTER. Jedná se o středoevropskou databázi půd v měřítku 1:250 000 a formátu ESRI Shapefile, v níž jsou zobrazeny půdotvorné substráty na základě dat geologické mapy a údajů o reliéfu. Jinou mapou, s níž byly výsledky srovnávány, je půdní mapa z programu PUGIS Katedry pedologie a ochrany půd ČZU. Jedná se o informační systém o půdě, jenž vychází z Komplexního průzkumu půd a navazuje také na mezinárodní programy. V informačním systému jsou zahrnuty údaje o digitalizovaných informacích z půdních map, digitalizovaných informacích o geomorfologii a svažitosti, charakteristiky půdních profilů, data o využití půd a produkci, dále atributy heterogenity půdního pokryvu, také pedotransferové funkce a v neposlední řadě digitalizované klimatologické mapy. Mapa byla použita v měřítku 1:1 000 000 a vznikla digitalizací syntetické půdní mapy na Katedře pedologie a ochrany půd ČZU. Jiným mapovým zdrojem k porovnání byla půdní mapa z Atlasu půd České republiky v měřítku 1:250 000 (Kozák et al., 2009). Dále byla použita mapa Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, která je poskytnuta online na webové stránce mapy.vumop.cz. Byla použita mapová vrstva „Skupiny půdních typů“. Poslední mapou, jež byla použita pro porovnání výsledků, byla tištěná mapa České geologické služby v měřítku 1:50 000. Konkrétně se jedná o mapový list 03-14 Liberec. Další listy nejsou v elektronické podobě pro okres Liberec k dispozici.

4.4 Model SoLIM

Praktická část diplomové práce byla vytvářena v programu SoLIM Solutions verze 2015. Jedná se o nejnovější verzi softwaru, který pracuje s modelem SoLIM a obsahuje sadu nástrojů pro prediktivní digitální mapování půd s využitím modelu SoLIM a je dostupný pro nekomerční využití. Software funguje jako spustitelný soubor v prostředí Microsoft Windows.

Program podporuje dva typy projektů půdního mapování: rule-based (projekt založený na pravidlech) a sample-based (projekt založený na vzorcích). Oba typy jsou založeny na myšlence, že půdní typy a/nebo půdní vlastnosti mohou být odvozeny z podmínek půdně-environmentálních. Z této myšlenky vyplývá, že oba projekty vyžadují sadu environmentálních vrstev (či proměnných), které vyobrazují environmentální podmínky, jež jsou indikátorem půd. Rozdíl mezi rule-based a sample-based projektem tkví v tom, že u rule-based projektu musí uživatel výslovně definovat sadu pravidel pro vyjádření půdně-environmentálních vztahů, zatímco u sample-based projektu uživatelé pouze explicitně poskytnou tabulku vzorkovacích bodů pro vyjádření půdně-environmentálních vztahů. Vzorkovací body mohou být ty, které byly sesbírány pomocí dobře navržené vzorkovací strategie, či z činností pro tento konkrétní případ (SoLIM Solutions Help, 2015).

Program pracuje s dvanácti typy formátů, mezi něž patří .sip. Tento formát je používán k nahrání konfigurací a znalostní báze (Knowledge Base). Dalším formátem je .3dm, jedná se o 3dMapper formát dat používaný pro ortofoto a digitální model reliéfu a je používán k vizualizaci a výpočet terénních atributů. Třetím formátem je .3dr, tento formát je rastrový a je používán jako základní formát rastrových dat. Jeho alternativou je GeoTIFF, neboť i v něm lze vkládat vstupní data. Veškerá environmentální vstupní data musí být v těchto formátech a veškeré mapy, které jsou v tomto programu vytvořeny, mohou být také v těchto formátech. Dalším používaným formátem je .csv, neboli formát hodnot oddělených čárkou. Tento typ souboru může být editován v MS Excel či jakémkoli jiném editoru. Používá se jako formát základních vzorkovacích polí v sample-based projektu. Jiný soubor, s nímž se v SoLIM Solutions pracuje, je .asc. Tento typ ASCII je určen pro Arc/Info Grid. Používá se na převod rastrových dat mezi 3drMapper či SoLIM Solutions a ArcGIS. Dále je používán _chk.3dr soubor, který slouží jako kontrolní soubor vytvořený programem SoLIM Solutions. Jiným typem je .pal, čili soubor palet barev používán v Color. Dalším formátem dat je .ply, neboli polygonový soubor, jedná se o textový soubor generovaný z ArcGIS krytí polygonu. Odlišný je formát .lkt, čili Look-up souborové tabulky, které se používají v ověřování typů, vytváření map půdních vlastností či při reklasifikaci. Předposledním používaným typem formátu je .lab, neboli značkový soubor pro půdy, který se používá při validaci typů na pnt/lab vs. Map.

Posledním druhem formátu je .pnt, čili bodový soubor pro půdy, který je používán u validace typů na pnt/lab vs. Map.

4.4.1 Vstupní údaje

Zdrojem vstupních údajů pro kalibraci je soubor ve formátu MS Excel, který obsahuje data týkající se zájmového území – okresu Liberec v síti 1 x 1 km. Následně byla data převedena do formátu GeoTIFF, který lze nahrát do programu. V softwaru SoLIM Solution byl jako výstupní údaj využit sloupec s názvem PUD_TYP, jehož zkratka určuje půdní typy.

Jako údaj vstupní byl využit sloupec PF_SUBS, který značí číselný kód půdotvorného substrátu. Dalším vstupním údajem do softwaru byl sloupec TRIDA_COR, jehož význam je číselná třída v CORINE Land Cover 2012. Jedná se o databázi informací o krajinném pokryvu a jeho změnách pro Evropu. Třetí použitý vstupní údaj je dem_saga [nmv]. Jedná se o data digitálního modelu reliéfu s použitím softwaru SAGA v jednotkách metrů nadmořské výšky. Dalším vstupním údajem je Slope, neboli sklon. Následně jsou použity sloupce sin (Aspect) a cos (Aspect), pomocí nichž lze určit orientaci k určité světové straně. Dále Cross-Sectional Curvature, které určuje zakřivení v příčném řezu (vertikální zakřivení). Jiný sloupec, Longitudinal Curvature, značí podélné (horizontální) zakřivení. Odlišným použitým vstupním údajem je Convergence Index, neboli index sbíhavosti. Následuje sloupec s označením Catchment Area, čili sběrná plocha povodí. Také byl využit sloupec Topographic Wetness Index, neboli Topografický index vlhkosti. Dále je použit sloupec LS Factor, který vyjadřuje faktor sklonu, délky a strmosti. Jako vstupní data byla použita data sloupce Channel Network Base Level, který značí základní úroveň sítě údolnic. Dále Vertical Distance to Channel Network, čili vertikální vzdálenosti k síti údolnic. Posledním použitým sloupcem je Relative Slope Position, neboli relativní pozice na svahu. Výpočet uvedených parametrů reliéfu byl proveden v softwaru SAGA GIS.

4.4.2 Predikční modely

Odhad půdních jednotek je prováděn na základě matematických analýz. Jedná se o kombinaci pravidel, mezi něž patří pravidlo rozsahu a pravidlo výčtu.

4.4.2.1 Pravidlo rozsahu

Pravidlo rozsahu je aplikovatelné na environmentální proměnné s intervalovými či poměrovými hodnotami (spojité veličiny), jako například teplota či svažitost. Základní myšlenkou je, že pokud je splněna určitá podmínka, je optimální hodnota rovna jedné.

Pokud se hodnota odchyluje od optimální hodnoty, hodnota klesá. Tato myšlenka je vyjádřena následující funkcí:

$$f(x) = e^{\left(\frac{x-b}{d}\right)^2} \ln(0.5)$$

$f(x)$ = optimální hodnota

x = hodnota environmentální proměnné v poloze, v níž má být půda odvozena

b = hodnota environmentální proměnné, v níž je optimum daného půdního typu nejvyšší (ideální)

d = rozdíl mezi b a hodnotou environmentální proměnné, v níž je optimální hodnota rovna 0,5 (půda je méně typická pro specifický půdní typ)

Toto pravidlo bylo aplikováno na veškeré proměnné s výjimkou číselného kódu půdotvorného substrátu a číselné třídy v CORINE Land Cover. Z výše uvedené funkce mohou být odvozeny další koncepce, jako průměr hodnot a průměr \pm směrodatná odchylka. Hodnoty environmentálních proměnných vyjádřených průměrem a směrodatnou odchylkou jsou ve stavu, kdy jejich optimum se snížilo na hodnotu 0,5. Jejich průměr s přičtenou směrodatnou odchylkou je pak logicky vyšší než průměr s odečtenou směrodatnou odchylkou.

Ze základní funkce je pak možné odvodit tři typy křivek. Jedná se o křivku zvonového tvaru, křivku tvaru písmene S a písmene Z. V práci byla použita křivka zvonového tvaru, neboli Gaussova křivka normálního rozdělení.

4.4.2.2 Pravidlo výčtu

U tohoto typu pravidla jsou předem kategorizované environmentální proměnné. Toto pravidlo bylo použito na číselnou třídu v CORINE Land Cover a číselný kód půdotvorného substrátu. V pravidle jsou uvedeny veškeré podmínky, které mohou nastat. Tyto podmínky jsou uvedeny jako celočíselné položky. Pokud aktuální environmentální proměnné odpovídají některé z uvedených položek v seznamu, optimální hodnota vyplývající z daného pravidla bude rovna jedné, v opačném případě bude rovna nule. Při definování pravidla výčtu by měla být splněna podmínka, kdy položky, které budou nahrávány, mají optimální hodnotu rovnu jedné.

4.4.2.3 Rule-based project

Data byla zpracovávána pomocí Rule-based projektu, kdy byla data z programu MS Excel převedena do formátu GeoTIFF, aby bylo možné data nahrát a následně s nimi pracovat.

U tohoto typu projektu je předpoklad, že pokud jsou přesně definované půdně-environmentální podmínky, mohou pak být vyjádřeny pomocí pravidel. Tvorba se skládá z několika dílčích kroků, které jsou popsány v kapitole „Tvorba výstupů v prostředí SoLIM Solutions“.

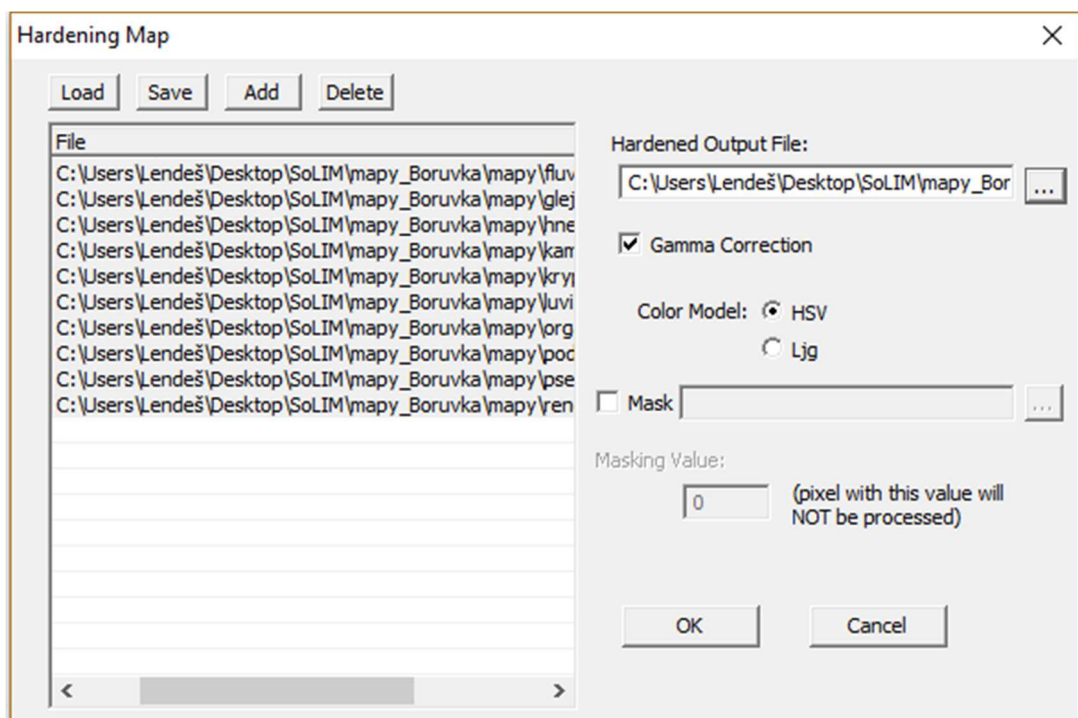
Základním formátem používaným v SoLIM Solutions je .3dr, avšak je možné použít i jiné používané rastrové formáty, jako TIFF či ERDAS IMAGE. Program také umí rasterizovat běžně používané vektorové formáty jako Shapefile na .3dr formát.

4.4.2.4 Sample-based project

Stejně jako u Rule-based projektu, i Sample-based projekt má základní formát .3dr, avšak je možné použít i jiné běžně používané rastrové formáty, jako TIFF či ERDAS IMAGE. Program však umí rasterizovat běžně používané vektorové formáty jako Shapefile na .3dr formát.

4.4.3 Ověření výsledků

Pro ověření map vytvořených v SoLIM Solutions bylo použito tzv. validace výsledků. Prvním krokem bylo vytvoření Hardened Map, neboli „ztvrdlé“ mapy. Tato mapa zobrazuje příslušnosti k půdním typům v každém bodu (pixelu), ve výsledku přiřadí k bodu půdu s nejvyšší příslušností. Položka se nachází v horní výběrové liště pod položkou „Product Derivation“. V novém okně se zadají položky, konkrétně vytvořené mapy jednotlivých půdních typů a zvolí se složka do níž chceme „ztvrdlou“ mapu uložit, viz Obr. 4. Součástí mapy jsou také dvě další mapy, na nichž můžeme vidět nejistoty výskytu půd.



Obrázek 4 Dialogové okno k vytvoření Hardened Map (zdroj: SoLIM Solutions)

Další krok představuje již samotnou validaci výsledků. Pod položkou „Validation“ v horní výběrové liště zvolíme možnost „Type Validation“ → „Point List vs. Map“, viz Obr. 5. V dialogovém okně volíme položky, z nichž chceme validaci map provést. Do políčka „Observed Point List File“ volíme soubor v textovém souboru, který obsahuje informace o 30 vzorcích náhodně vybraných půd v okrese Liberec s jejich souřadnicemi. Body byly vybírány z Komplexního průzkumu půd ze stránky kpp.vumop.cz, konkrétně prvky „Sondy KPP“. Další položkou je „Lookup Table File“. Tato položka zahrnuje informace o ID půdy a názvu půdy. Tato položka je nahrána ve formátu .csv. Předposledním krokem je vložení „Hardened Map File“, který byl vytvořen v prvním kroku jako „ztvrdlá“ mapa. Poslední krok se týká „Output Error Matrix File“, kde se vybere složka, do níž chceme výsledek uložit. Konečným výstupem je textový soubor ve formátu .txt, v němž jsou výsledky samotné validace.

Point List vs. Map

Observed Point List File: C:\Users\Lendeš\Desktop\body_porovnani.txt

Look-up Table File: C:\Users\Lendeš\Desktop\LUT.csv

Hardened Map File: C:\Users\Lendeš\Desktop\SoLIM\mapy_Boruvka\mapy

Output Error Matrix File: C:\Users\Lendeš\Desktop\SoLIM\mapy_Boruvka\mapy

Output Accuracy Report File: C:\Users\Lendeš\Desktop\SoLIM\mapy_Boruvka\mapy

Output Mismatch List File: C:\Users\Lendeš\Desktop\SoLIM\mapy_Boruvka\mapy

Neighborhood: 1 (should be an odd number)

Mask

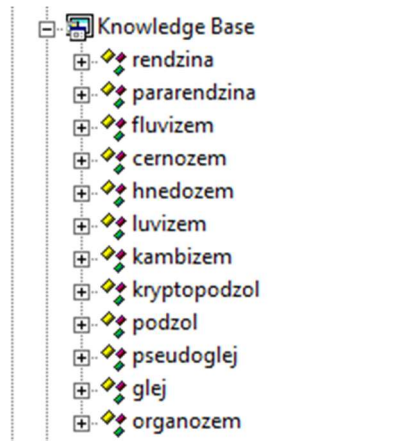
Masking Value: 0 (pixel with this value will NOT be processed)

OK Cancel

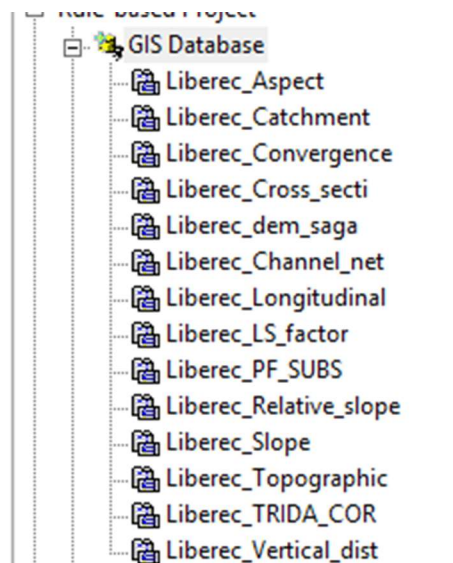
Obrázek 5 Point List vs. Map (zdroj: SoLIM Solutions)

4.4.4 Tvorba výstupů v prostředí SoLIM Solutions

Prvním krokem bylo založení rule-based projektu, do jehož GIS databáze byly nahrány vstupní položky. Veškeré proměnné jsou v rozlišení 1 x 1 km (930 bodů). Vstupními položkami bylo čtrnáct environmentálních proměnných ve formátu GeoTIFF, viz Obr. 7. Následně bylo ve znalostní databázi (Knowledge Base) vytvořeno dvanáct položek, jimiž byly jednotlivé půdní typy, viz Obr. 6.

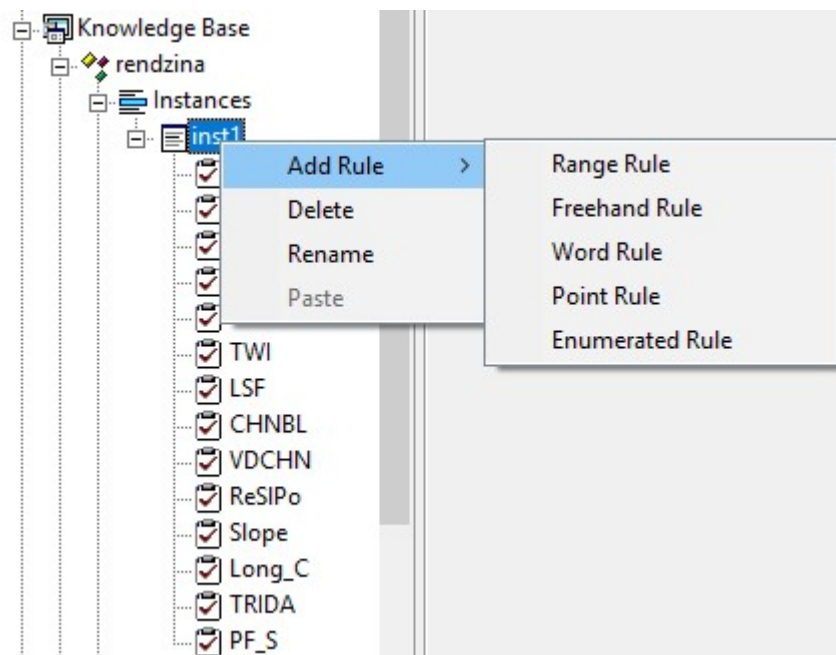


Obrázek 6 Znalostní databáze s vytvořenými půdními typy (zdroj: SoLIM Solutions)



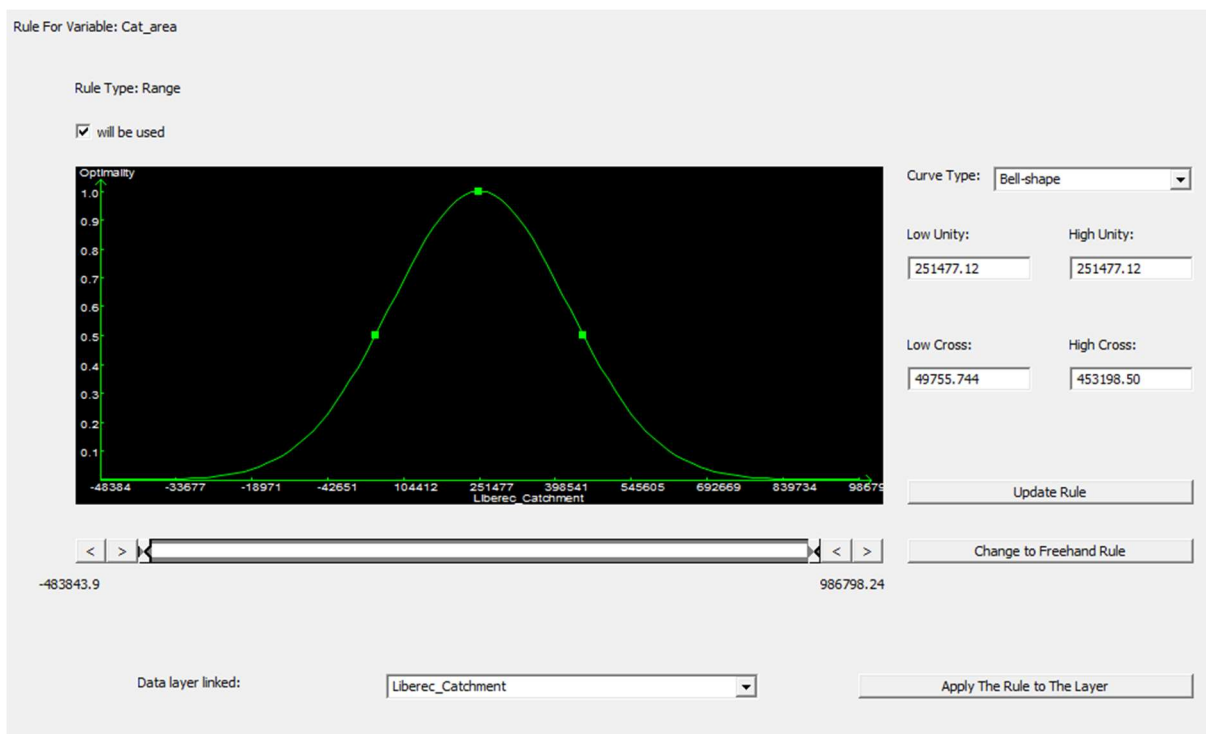
Obrázek 7 GIS databáze s jednotlivými environmentálními proměnnými (zdroj: SoLIM Solutions)

Dále byla pod jednotlivé půdní typy, pod položku Instances (viz Obr. 8), vytvořena pravidla, podle nichž je vygenerován graf, jehož hodnoty musí uživatel ručně vyplnit. Vhodnými pravidly bylo pravidlo rozsahu (Range Rule) a pravidlo výčtu (Enumerated Rule).



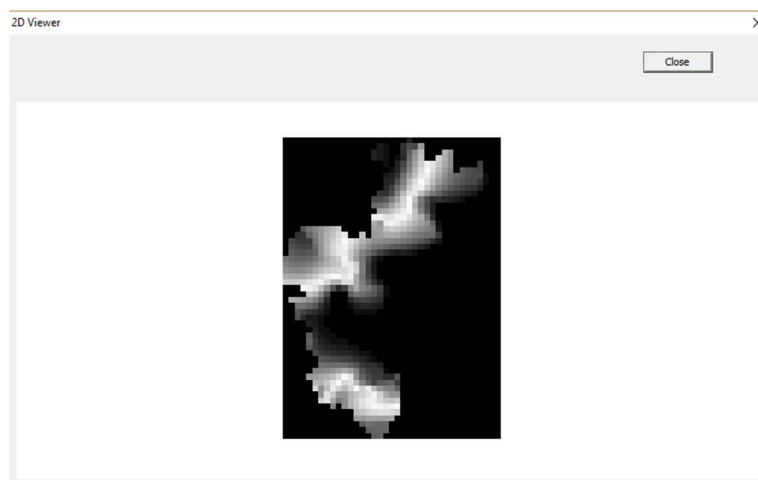
Obrázek 8 Výběr pravidel v prostředí SoLIM Solutions (zdroj: SoLIM Solutions)

Následující postup platí pro pravidlo rozsahu, kdy po zvolení příslušného pravidla se vyplní název, příslušná environmentální proměnná, s níž chceme pracovat a tvar grafu, který chceme vytvořit. V nabídce jsou možnosti zvonovitého tvaru, křivka tvaru S či Z. Poté do dialogového okna uživatel vypisuje hodnoty. Hodnoty byly vypočítány v programu MS Excel. Jednalo se o průměr, směrodatnou odchylku a průměr \pm směrodatná odchylka. Jednotlivé hodnoty pak byly vypisovány do programu SoLIM Solutions, viz Obr. 9.



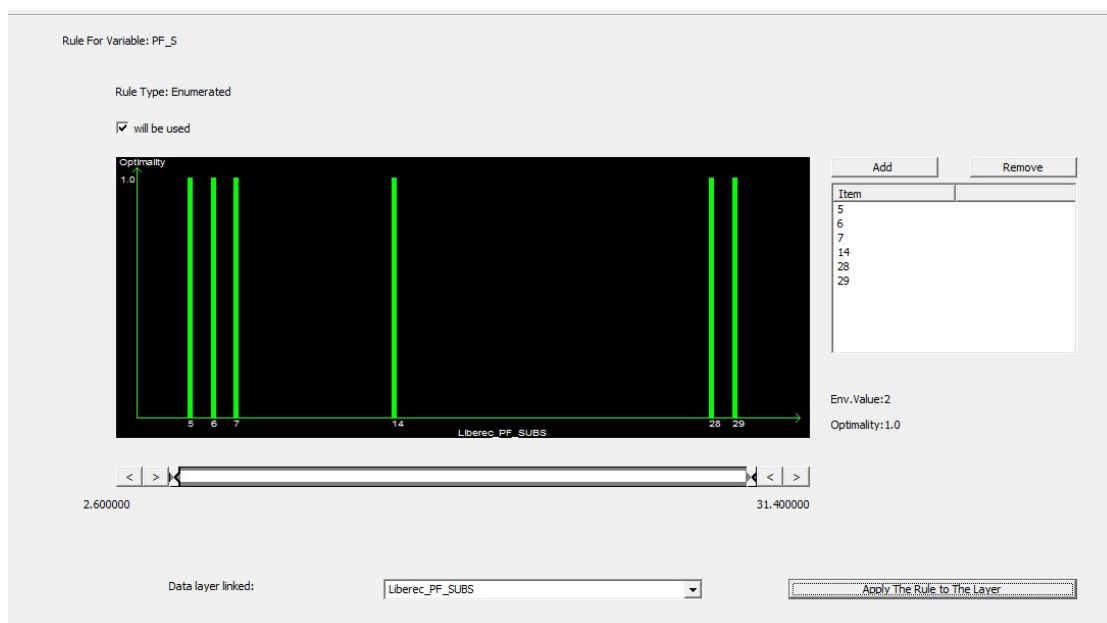
Obrázek 9 Tabulka hodnot pro vytvoření grafu pravidla rozsahu (zdroj: SoLIM Solutions)

Vypočítaný průměr se zadává do okna položky Low a High Unity. Průměr mínus směrodatná odchylka je v okně Low Cross a průměr plus směrodatná odchylka je v okně High Cross. Po zadání těchto hodnot je vytvořen graf, jehož grafickou podobu lze zobrazit pomocí tlačítka „Apply the Rule to the Layer“ ve 2D, viz Obr. 10.



Obrázek 10 Ukázka grafického výstupu (zdroj: SoLIM Solutions)

U pravidla výčtu je postup jiný. Otevře se okno, kde zvolíme environmentální proměnnou, s níž chceme pracovat a poté již vypisujeme hodnoty (číselné kódy) do příslušných oken, viz Obr. 11. Pravidlo výčtu bylo použito na proměnné TRIDA_COR a PF_SUBS, jelikož se jedná o výčet číselných kódů, které se u půdních typů opakují. Stejnými způsoby se pokračuje se všemi půdními typy a všemi environmentálními proměnnými. Vytvořené modely byly použity na údaje v síti 100 x 100 m pro získání podrobnějších map.



Obrázek 11 Pravidlo výčtu s číselnými kódy půdotvorného substrátu (zdroj: SoLIM Solutions)

5 Výsledky

Vliv jednotlivých environmentálních proměnných na výskyt daných půdních typů v okrese Liberec je zobrazen pomocí mapových výstupů, které jsou v rozlišení 1 x 1 km. Výsledná mapa je v černobílém provedení, kde černé plochy zobrazují nulový výskyt dané půdy, naopak bílé plochy reprezentují vysoké, až stoprocentní zastoupení dané půdy. Šedé plochy pak znázorňují menší výskyt určitého půdního typu. Veškeré výsledky byly zpracovány v programu SoLIM Solutions 2015.

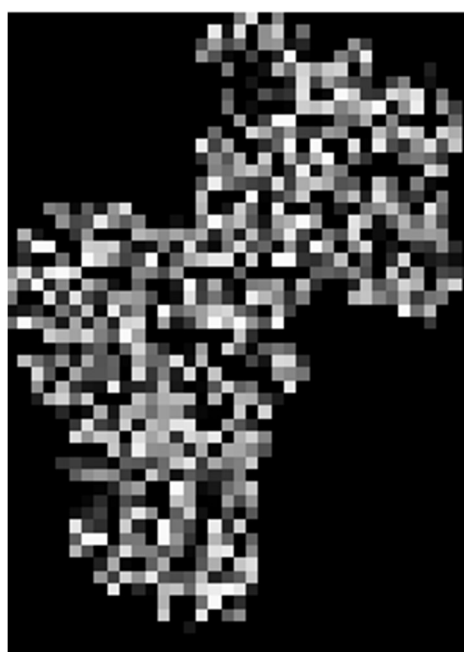
5.1 Rendzina

Tabulka 2 Environmentální proměnné, které ovlivňují výskyt rendziny

Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



Obrázek 12 Předpoklad výskytu rendziny podle orientace ke světové straně



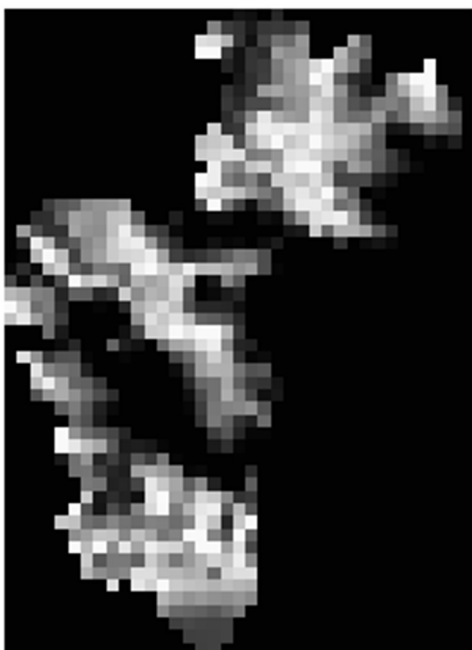
Obrázek 13 Předpoklad výskytu rendziny podle sběrné plochy povodí



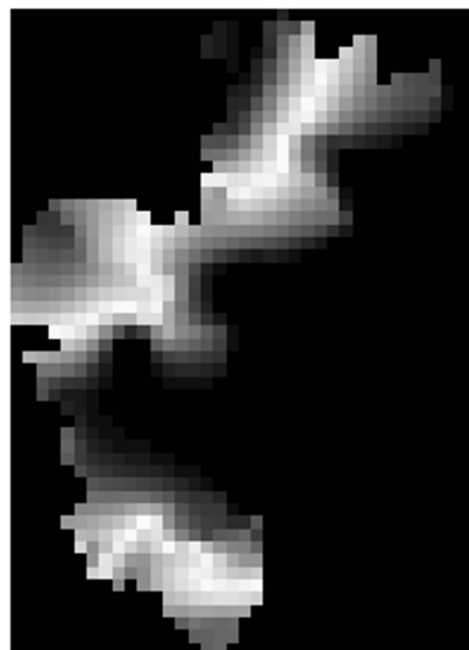
Obrázek 14 Předpoklad výskytu rendziny podle indexu sbíhavosti



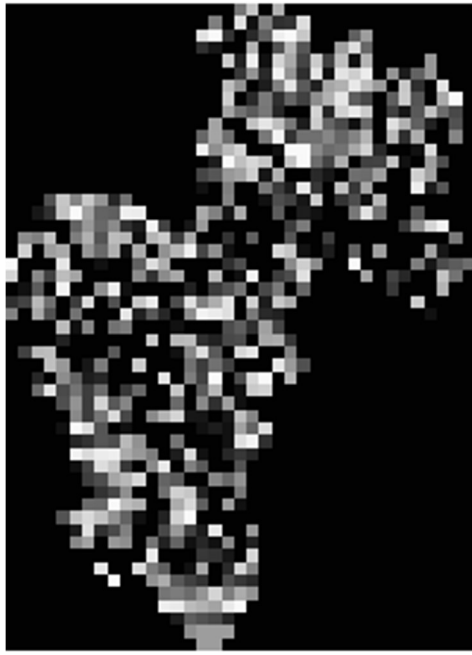
Obrázek 15 Předpoklad výskytu rendziny podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 16 Předpoklad výskytu rendziny podle nadmořské výšky



Obrázek 17 Předpoklad výskytu rendziny podle základní úrovně sítě údolnic



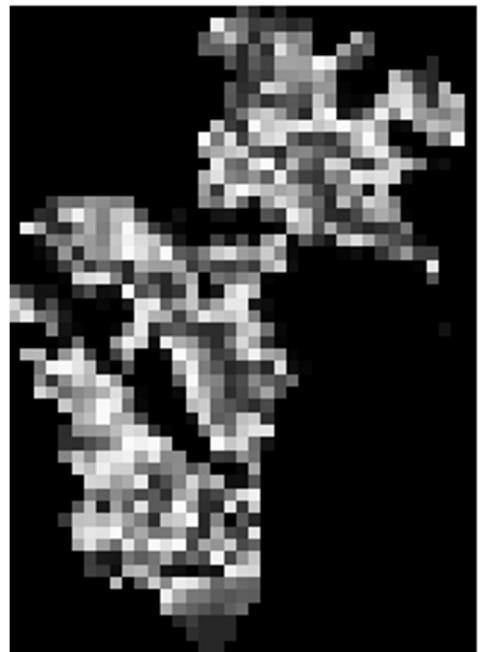
Obrázek 18 Předpoklad výskytu rendziny podle podélného zakřivení



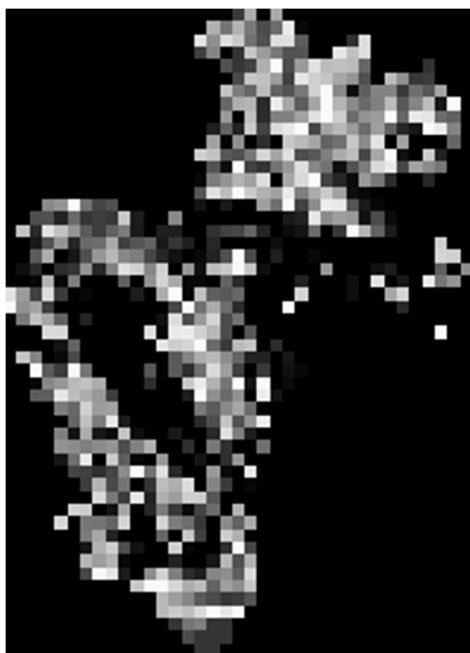
Obrázek 19 Předpoklad výskytu rendziny podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 20 Předpoklad výskytu rendziny podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 21 Předpoklad výskytu rendziny podle relativní pozice na svahu



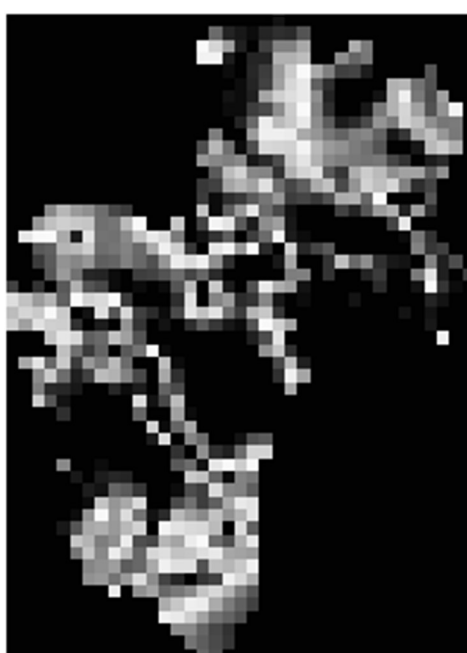
Obrázek 22 Předpoklad výskytu rendziny podle
svažitosti



Obrázek 23 Předpoklad výskytu rendziny podle
číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 24 Předpoklad výskytu rendziny podle
topografického indexu vlhkosti



Obrázek 25 Předpoklad výskytu rendziny podle
vertikální vzdálenosti k síti údolnic

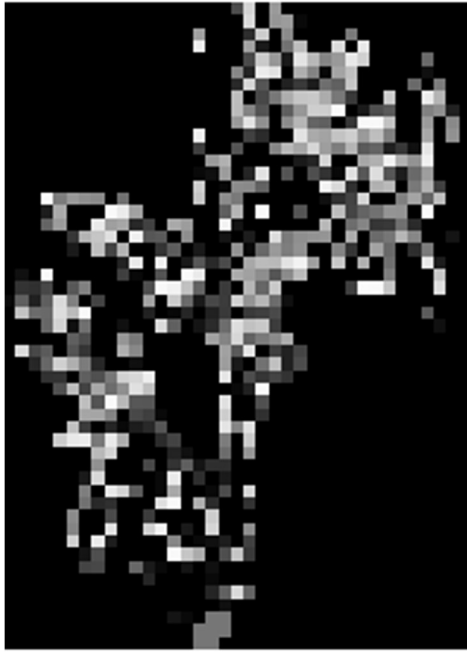


Obrázek 26 Odhadovaný výskyt rendziny v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

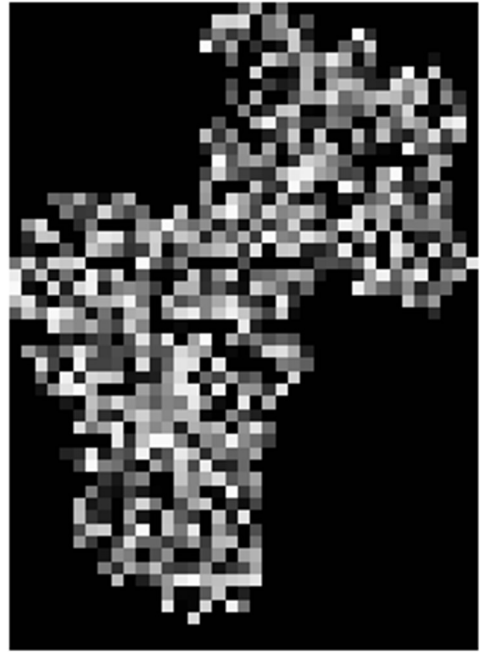
5.2 Pararendzina

Tabulka 3 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt pararendziny

Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Podélné zakřivení	
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



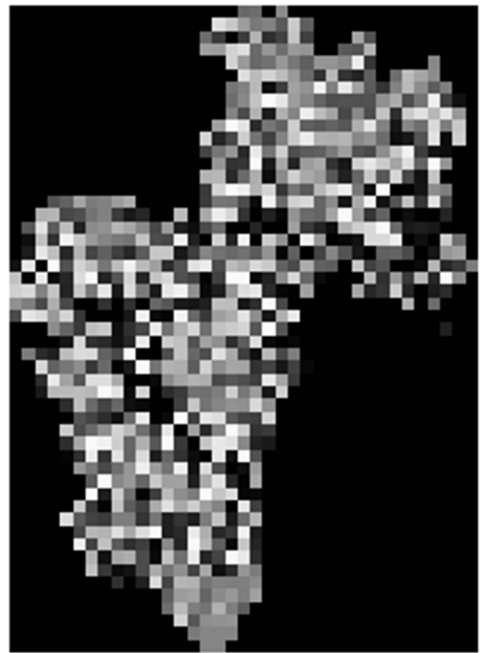
Obrázek 27 Předpoklad výskytu pararendziny podle orientace ke světové straně



Obrázek 28 Předpoklad výskytu pararendziny podle sběrné plochy povodí



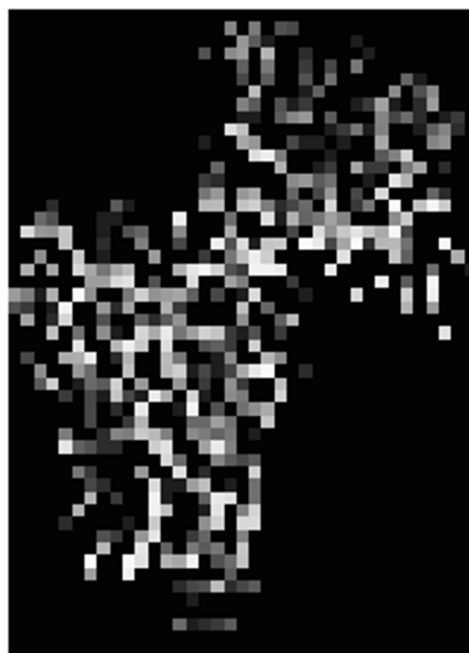
Obrázek 29 Předpoklad výskytu pararendziny podle indexu sbíhavosti



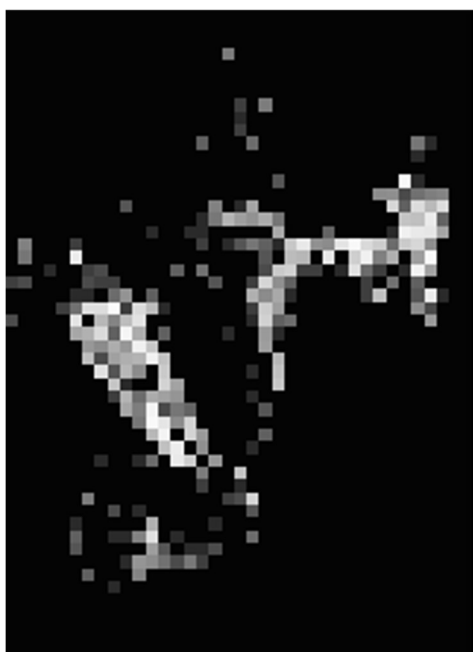
Obrázek 30 Předpoklad výskytu pararendziny podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 31 Předpoklad výskytu pararendziny podle nadmořské výšky



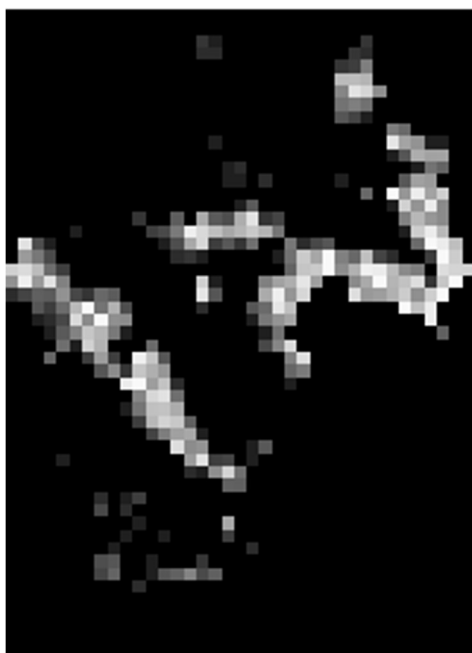
Obrázek 32 Předpoklad výskytu pararendziny podle podélného zakřivení



Obrázek 33 Předpoklad výskytu pararendziny podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 34 Předpoklad výskytu pararendziny podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 35 Předpoklad výskytu pararendziny podle relativní pozice na svahu



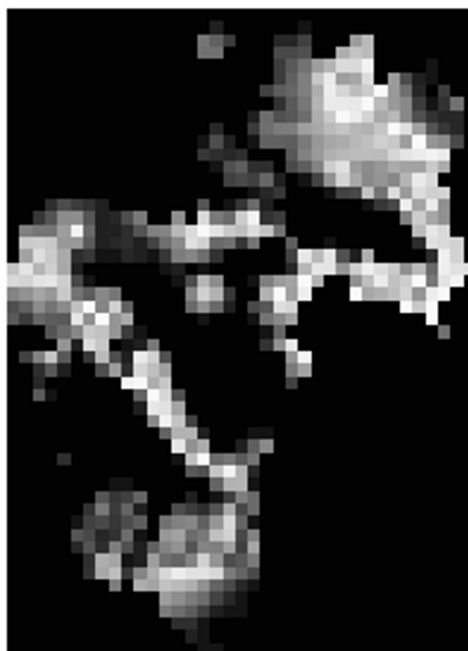
Obrázek 36 Předpoklad výskytu pararendziny podle svazitosti



Obrázek 37 Předpoklad výskytu pararendziny podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 38 Předpoklad výskytu pararendziny podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 39 Předpoklad výskytu pararendziny podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic

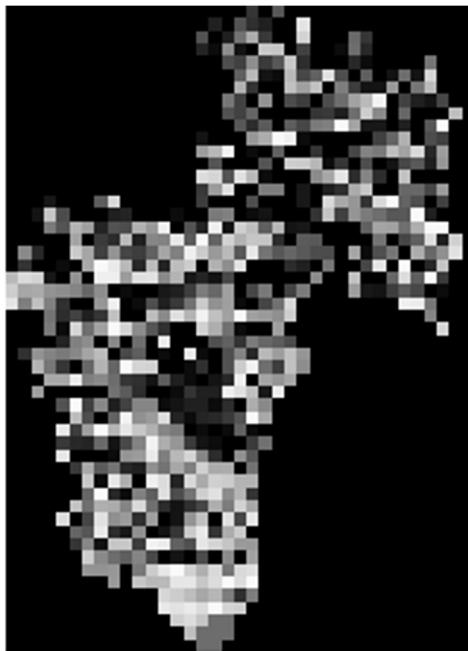


Obrázek 40 Odhadovaný výskyt pararendziny v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.3 Fluvizem

Tabulka 4 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt fluvizemě

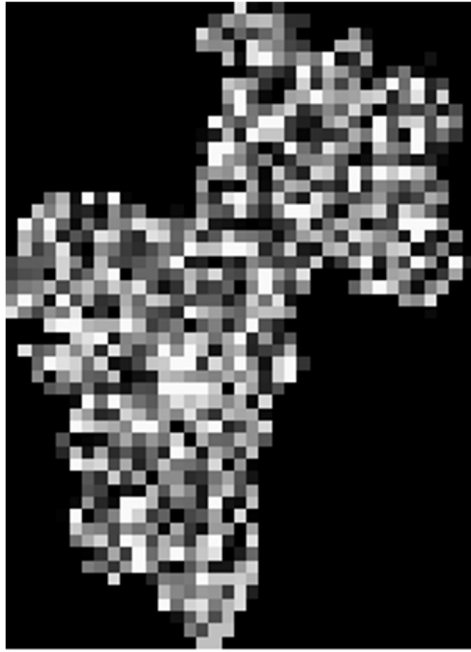
Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



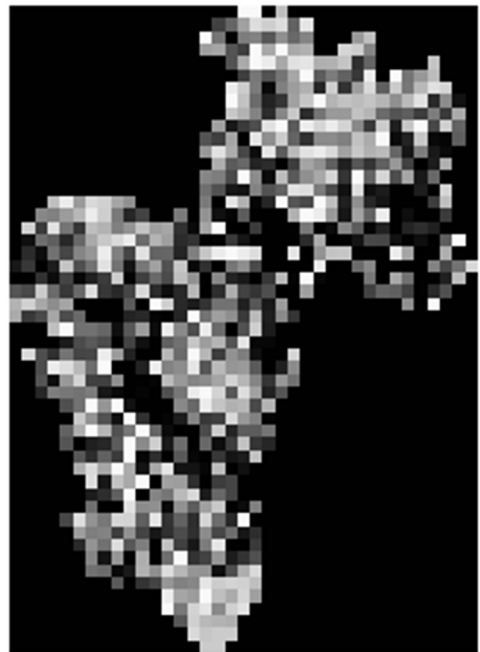
Obrázek 41 Předpoklad výskytu fluvizemě podle orientace ke světové straně



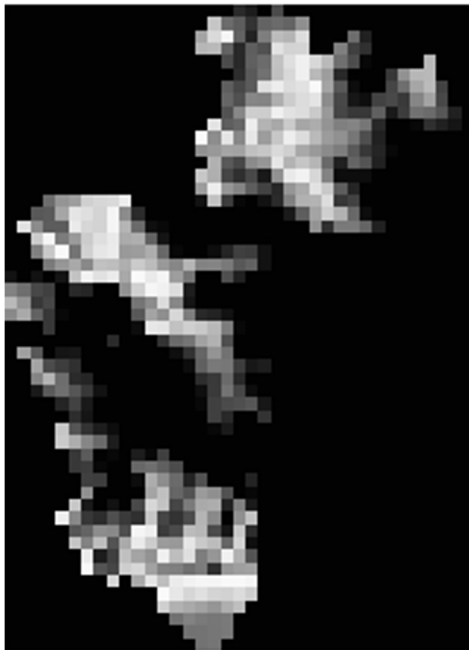
Obrázek 42 Předpoklad výskytu fluvizemě podle sběrné plochy povodí



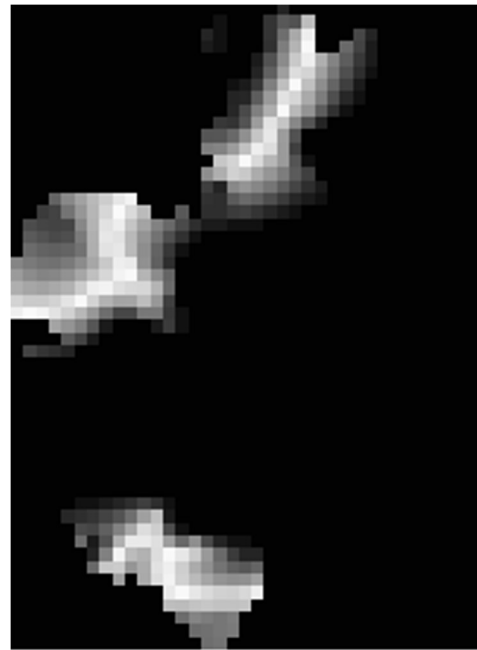
Obrázek 43 Předpoklad výskytu fluvizemě podle indexu sblhavosti



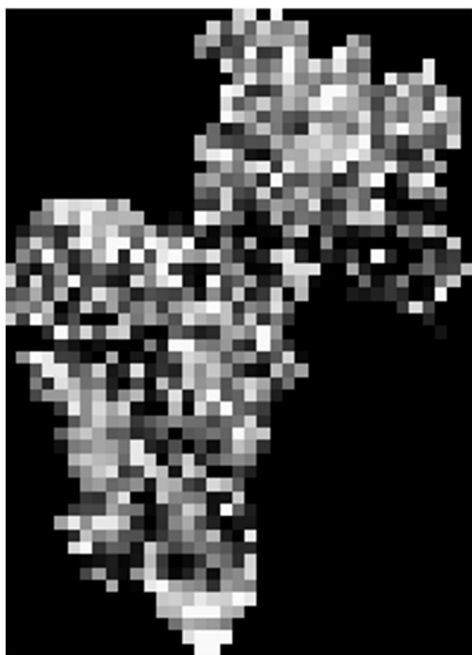
Obrázek 44 Předpoklad výskytu fluvizemě podle zakřivení v příčném řezu



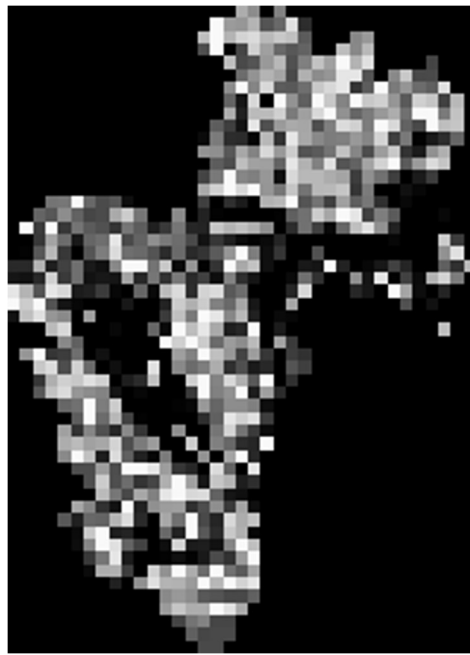
Obrázek 45 Předpoklad výskytu fluvizemě podle nadmořské výšky



Obrázek 46 Předpoklad výskytu fluvizemě podle základní úrovně sítě údolnic



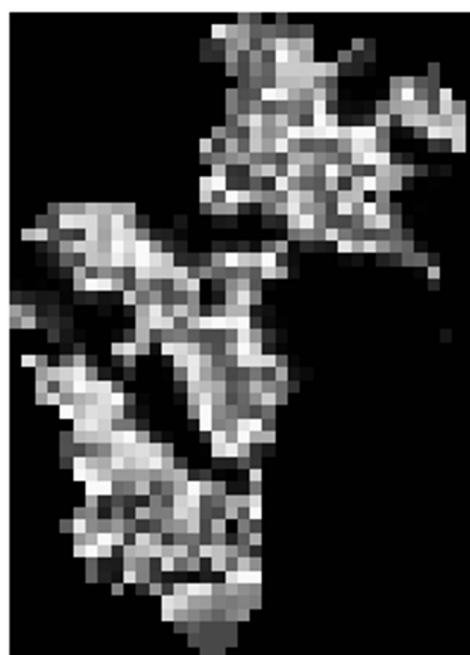
Obrázek 47 Předpoklad výskytu fluvizemě podle podélného zakřivení



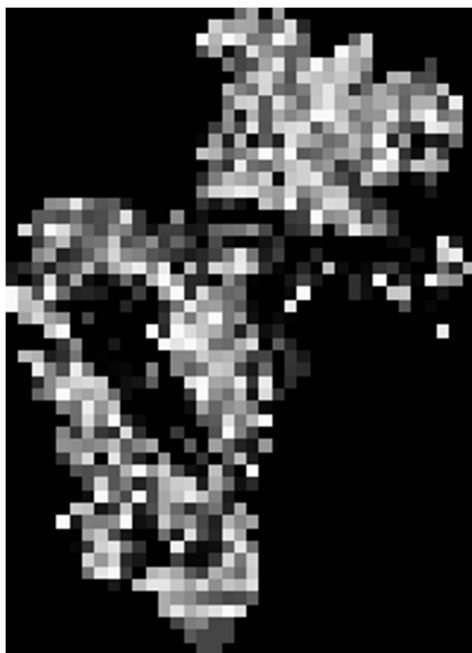
Obrázek 48 Předpoklad výskytu fluvizemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 49 Předpoklad výskytu fluvizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



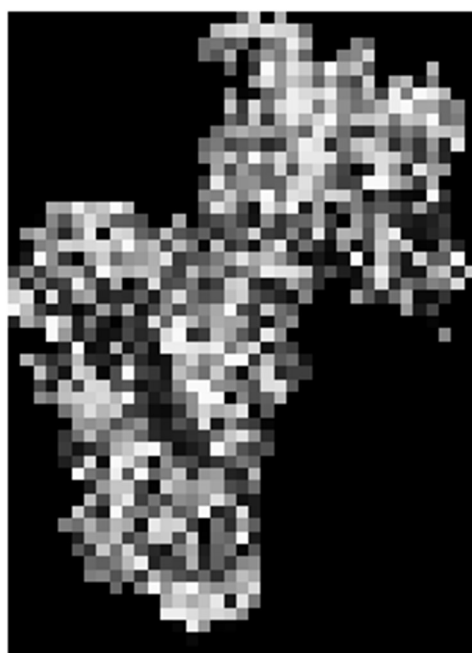
Obrázek 50 Předpoklad výskytu fluvizemě podle relativní pozice na svahu



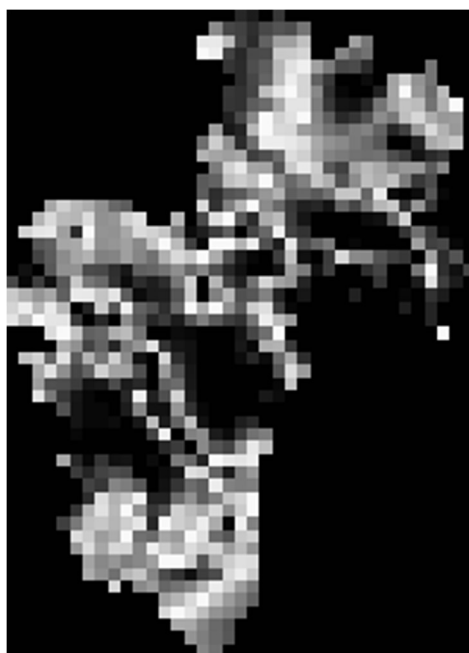
Obrázek 51 Předpoklad výskytu fluvizemě podle
svažitosti



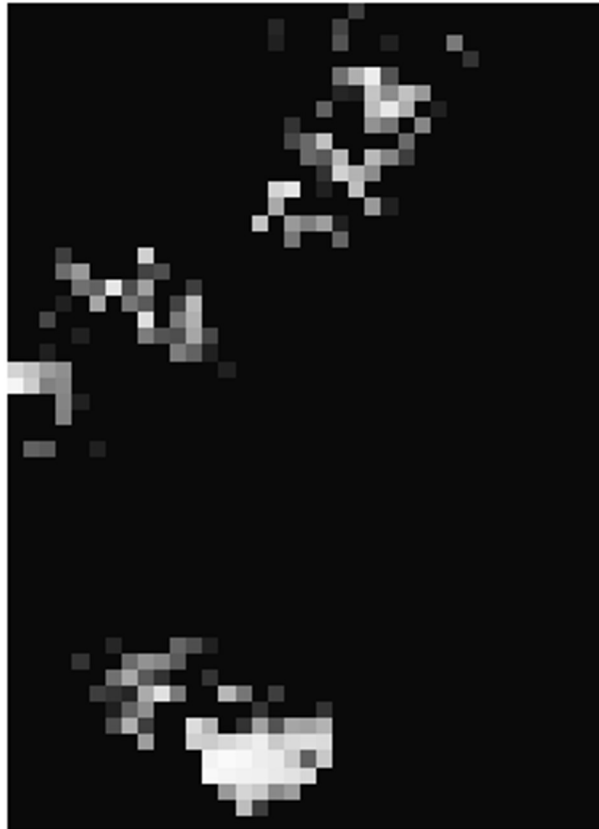
Obrázek 52 Předpoklad výskytu fluvizemě podle
číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 53 Předpoklad výskytu fluvizemě podle
topografického indexu vlhkosti



Obrázek 54 Předpoklad výskytu fluvizemě podle
vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 55 Odhadovaný výskyt fluvizemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.4 Černozem

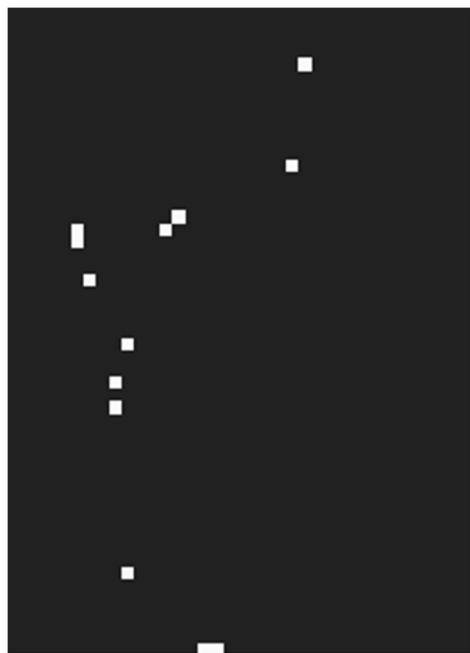
U černozemě nebylo možné vytvořit spolehlivý model s výslednou mapou výskytu, neboť se tento půdní typ ve vstupních datech vyskytuje pouze ve dvou bodech, což není možné tímto modelem zaznamenat. K dispozici jsou pouze půdní mapy zobrazující vliv environmentálních proměnných.

Tabulka 5 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt černozemě

Číselný kód půdotvorného substrátu	Číselná třída v CORINE Land Cover	Vertikální vzdálenost k síti údolnic
--	---	---



Obrázek 56 Předpoklad výskytu černozemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 57 Předpoklad výskytu černozemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover

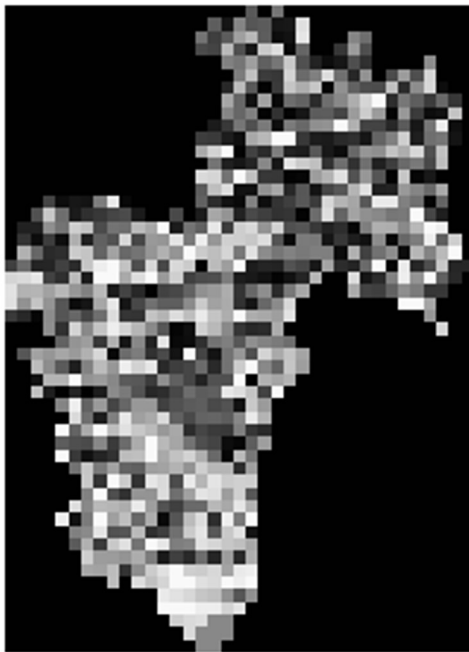


Obrázek 58 Předpoklad výskytu černozemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic

5.5 Hnědozem

Tabulka 6 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt hnědozemě

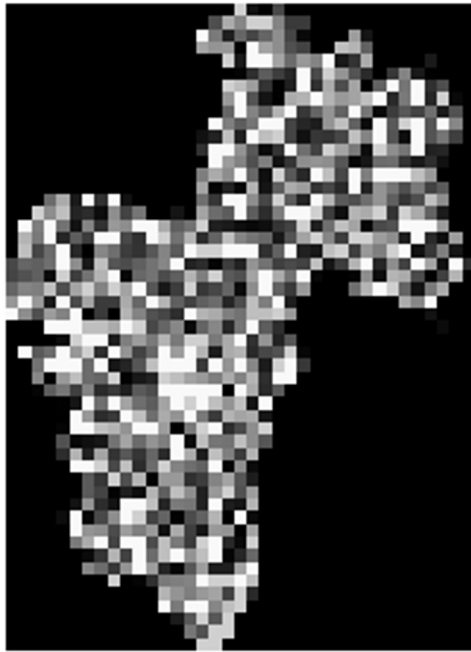
Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



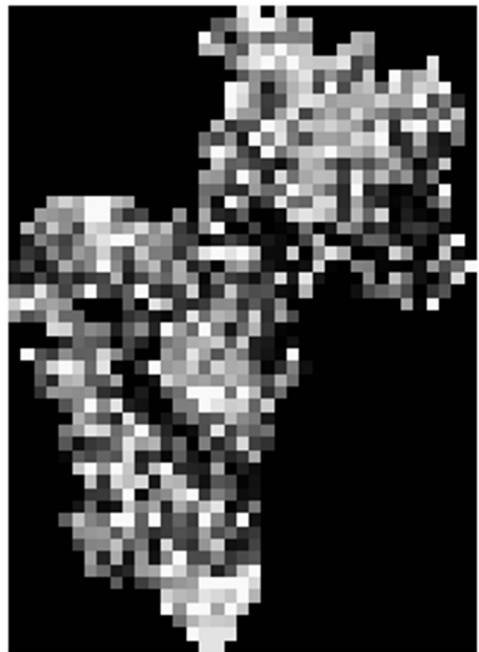
Obrázek 59 Předpoklad výskytu hnědozemě podle orientace ke světové straně



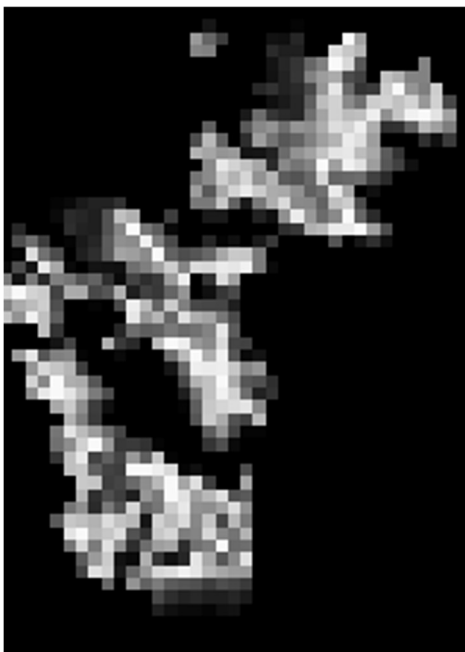
Obrázek 60 Předpoklad výskytu hnědozemě podle sběrné plochy povodí



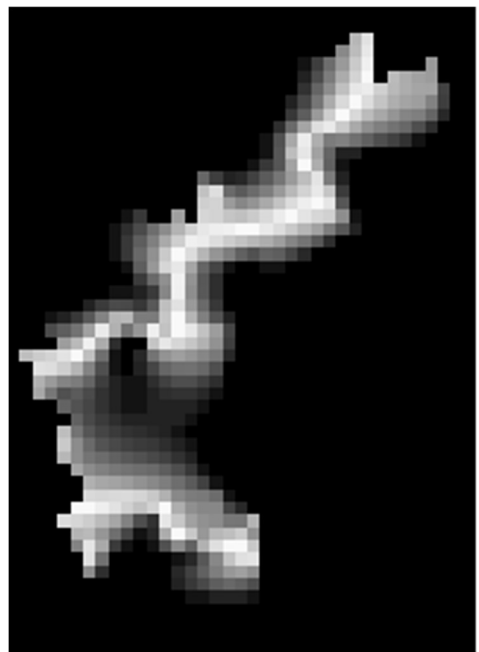
Obrázek 61 Předpoklad výskytu hnědozemě podle indexu sbíhavosti



Obrázek 62 Předpoklad výskytu hnědozemě podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 63 Předpoklad výskytu hnědozemě podle nadmořské výšky



Obrázek 64 Předpoklad výskytu hnědozemě podle základní úrovně sítě údolnic



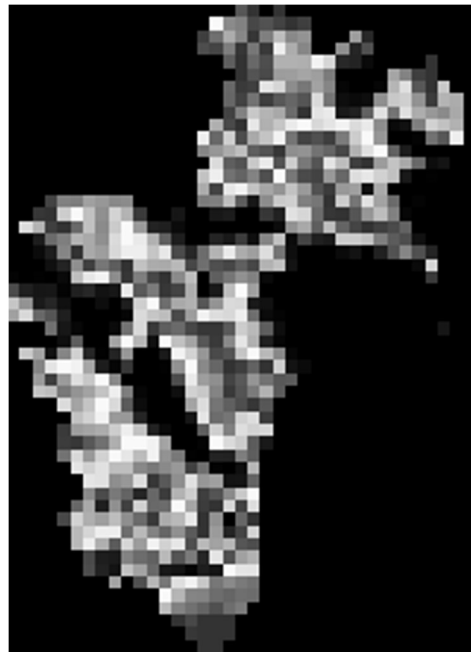
Obrázek 65 Předpoklad výskytu hnědozemě podle podélného zakřivení



Obrázek 66 Předpoklad výskytu hnědozemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 67 Předpoklad výskytu hnědozemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 68 Předpoklad výskytu hnědozemě podle relativní pozice na svahu



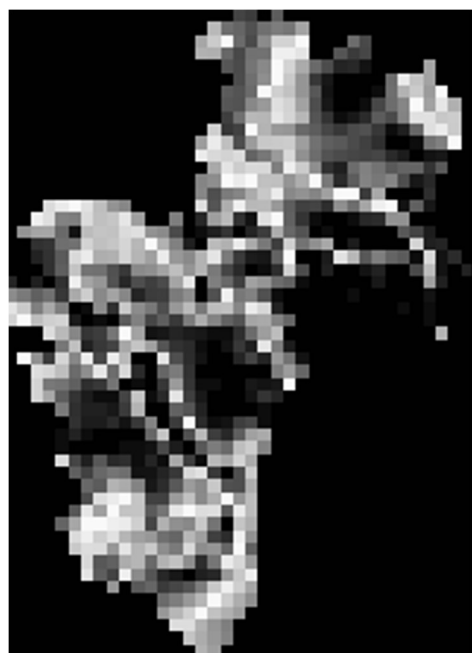
Obrázek 69 Předpoklad výskytu hnědozemě podle svažitosti



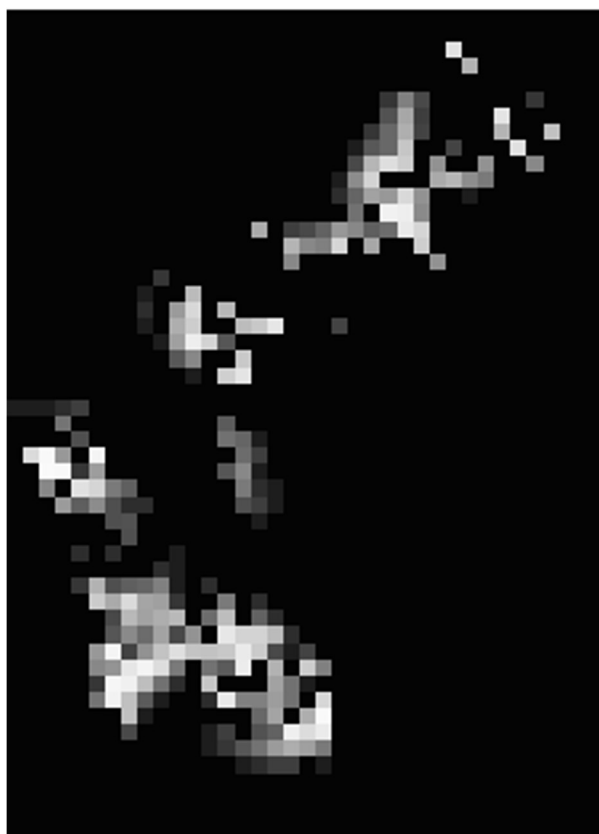
Obrázek 70 Předpoklad výskytu hnědozemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 71 Předpoklad výskytu hnědozemě podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 72 Předpoklad výskytu hnědozemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 73 Odhadovaný výskyt hnědozemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

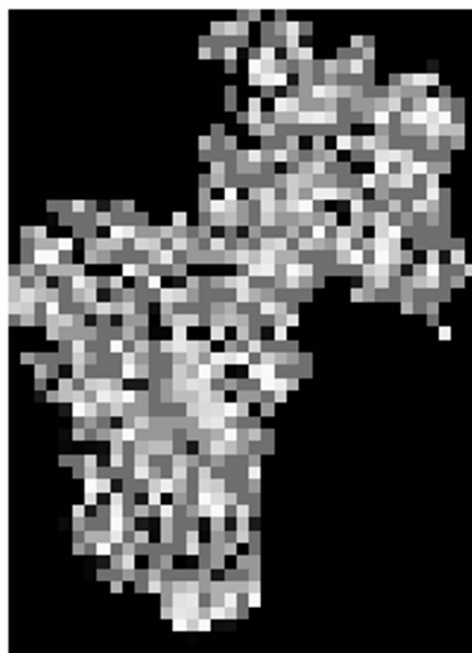
5.6 Luvizem

Tabulka 7 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt luvizemě

Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



Obrázek 74 Předpoklad výskytu luvizemě podle orientace ke světové straně



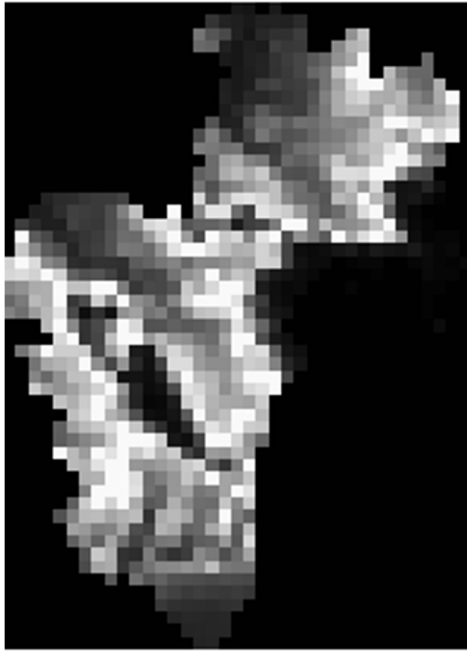
Obrázek 75 Předpoklad výskytu luvizemě podle sběrné plochy povodí



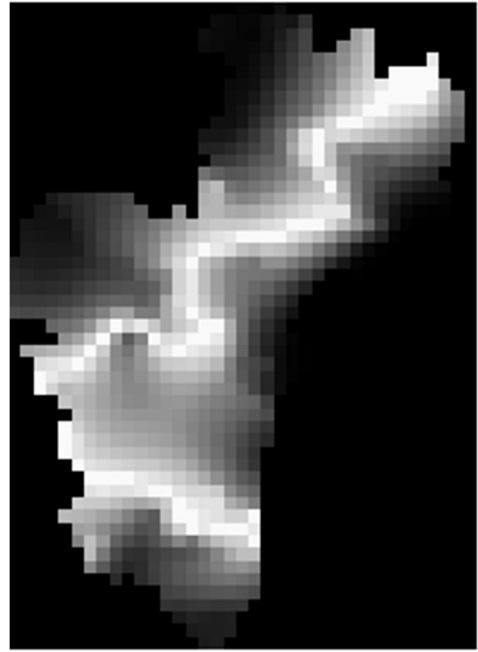
Obrázek 76 Předpoklad výskytu luvizemě podle indexu sbíhavosti



Obrázek 77 Předpoklad výskytu luvizemě podle zakřivení v příčném řezu



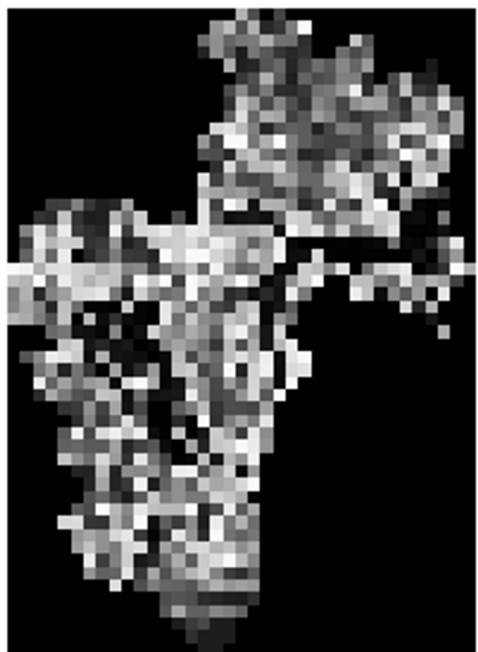
Obrázek 78 Předpoklad výskytu luvizemě podle nadmořské výšky



Obrázek 79 Předpoklad výskytu luvizemě podle základní úrovně sítě údolnic



Obrázek 80 Předpoklad výskytu luvizemě podle podélného zakřivení



Obrázek 81 Předpoklad výskytu luvizemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 82 Předpoklad výskytu luvizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



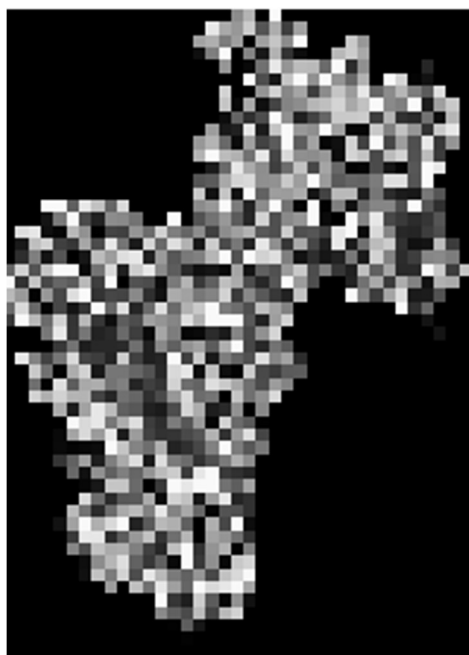
Obrázek 83 Předpoklad výskytu luvizemě podle relativní pozice na svahu



Obrázek 84 Předpoklad výskytu luvizemě podle svažitosti



Obrázek 85 Předpoklad výskytu luvizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 86 Předpoklad výskytu luvizemě podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 87 Předpoklad výskytu luvizemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 88 Odhadovaný výskyt luvizemě v závislosti na environmentálních proměnných v okrese Liberec

5.7 Kambizem

Tabulka 8 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt kambizemě

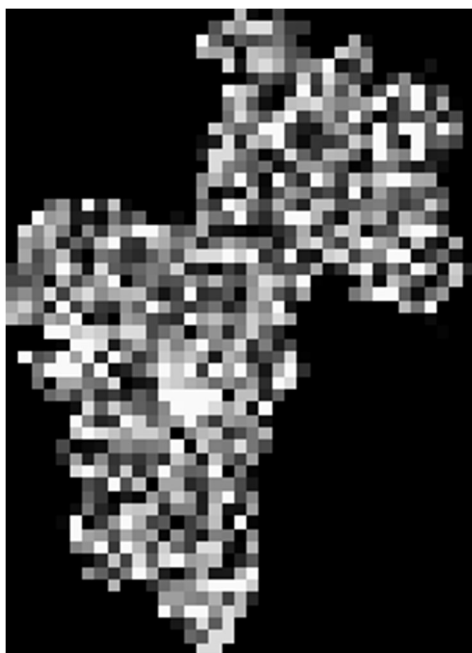
Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



Obrázek 89 Předpoklad výskytu kambizemě podle orientace ke světové straně



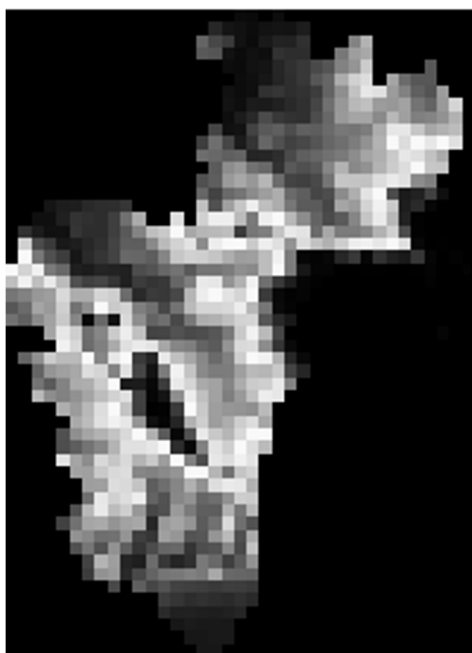
Obrázek 90 Předpoklad výskytu kambizemě podle sběrné plochy povodí



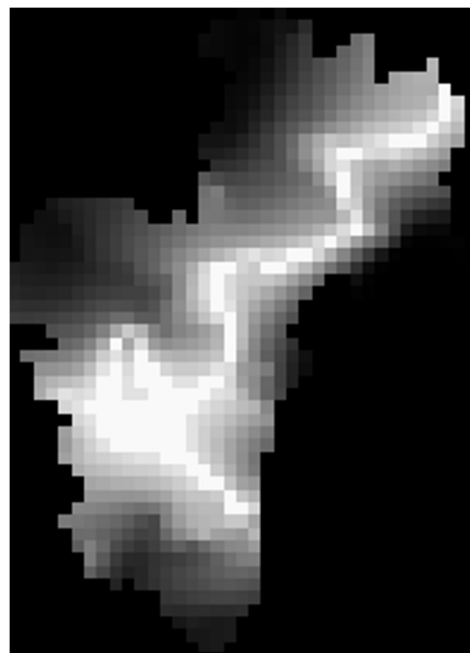
Obrázek 91 Předpoklad výskytu kambizemě podle indexu sbíhavosti



Obrázek 92 Předpoklad výskytu kambizemě podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 93 Předpoklad výskytu kambizemě podle nadmořské výšky



Obrázek 94 Předpoklad výskytu kambizemě podle základní úrovně sítě údolnic



Obrázek 95 Předpoklad výskytu kambizemě podle podélného zakřivení



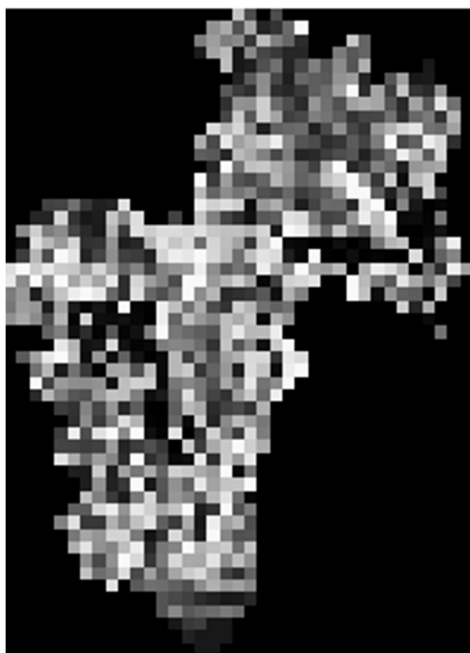
Obrázek 96 Předpoklad výskytu kambizemě podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 97 Předpoklad výskytu kambizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 98 Předpoklad výskytu kambizemě podle relativní pozice na svahu



Obrázek 99 Předpoklad výskytu kambizemě podle svažitosti



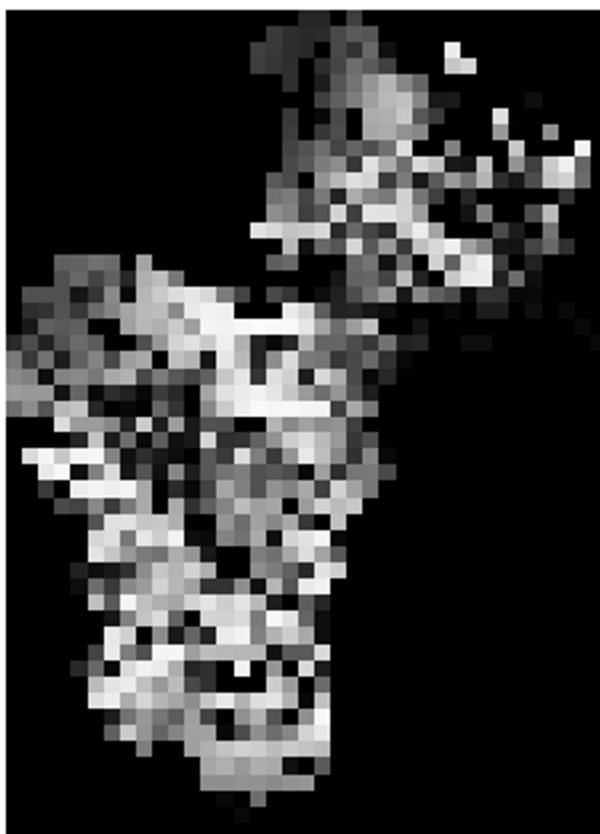
Obrázek 100 Předpoklad výskytu kambizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 101 Předpoklad výskytu kambizemě podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 102 Předpoklad výskytu kambizemě podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 103 Odhadovaný výskyt kambizemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.8 Kryptopodzol

Tabulka 9 Environmentální proměnné, které ovlivňují výskyt kryptopodzolu

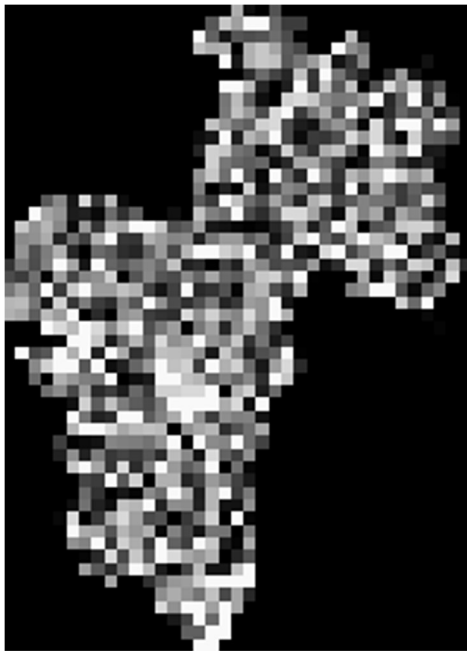
Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



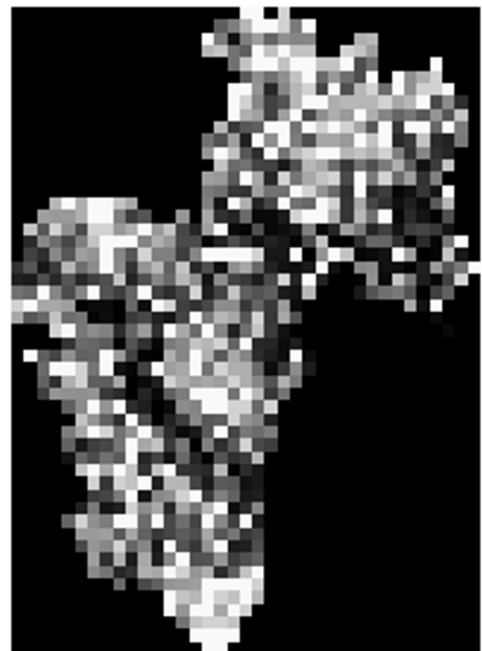
Obrázek 104 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle orientace ke světové straně



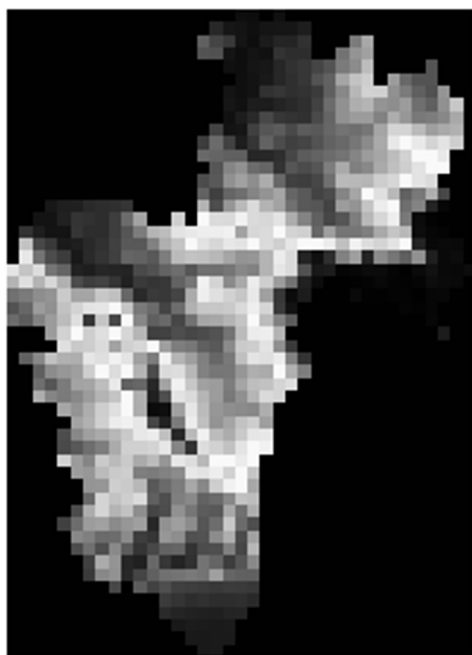
Obrázek 105 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle sběrné plochy povodí



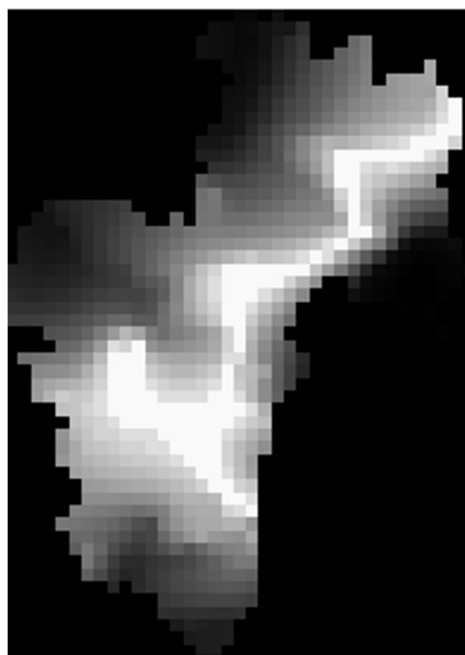
Obrázek 106 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle indexu sbíhavosti



Obrázek 107 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle zakřivení v příčném řezu



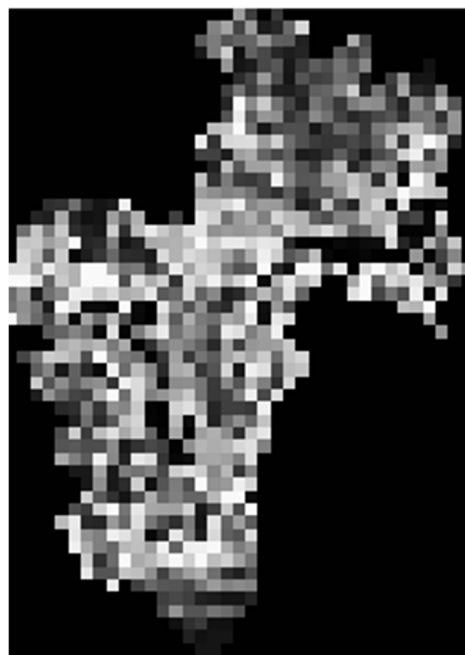
Obrázek 108 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle nadmořské výšky



Obrázek 109 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle základní úrovně sítě údolnic



Obrázek 110 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle podélného zakřivení



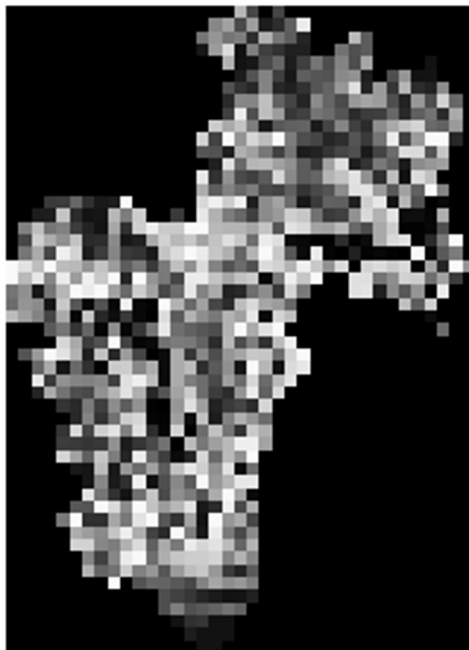
Obrázek 111 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 112 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 113 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle relativní pozice na svahu



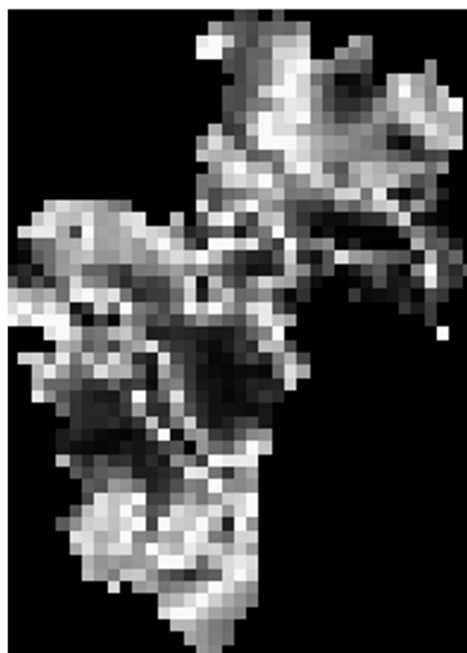
Obrázek 114 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle svažitosti



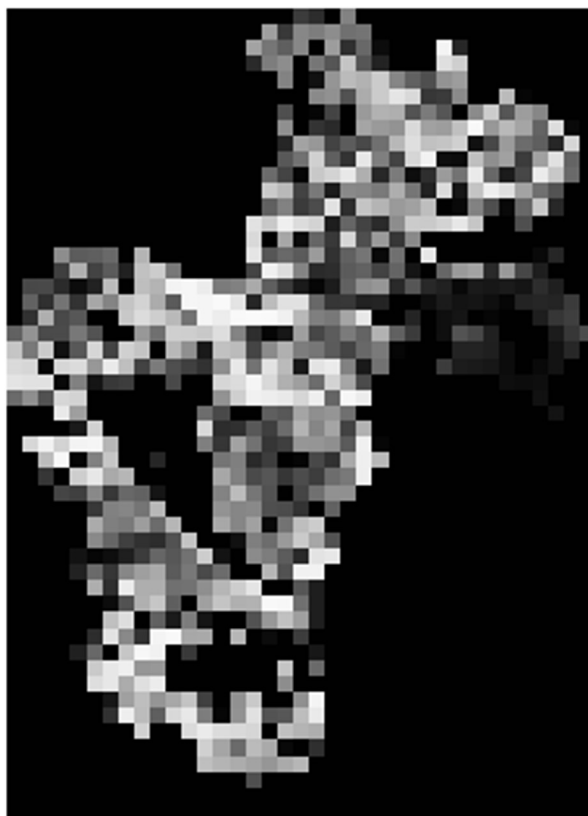
Obrázek 115 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 116 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 117 Předpoklad výskytu kryptopodzolu podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 118 Odhadovaný výskyt kryptopodzolu v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

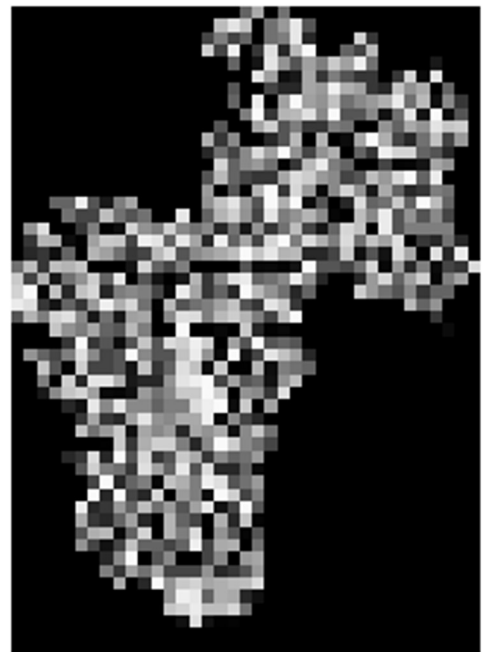
5.9 Podzol

Tabulka 10 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt podzolu

Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



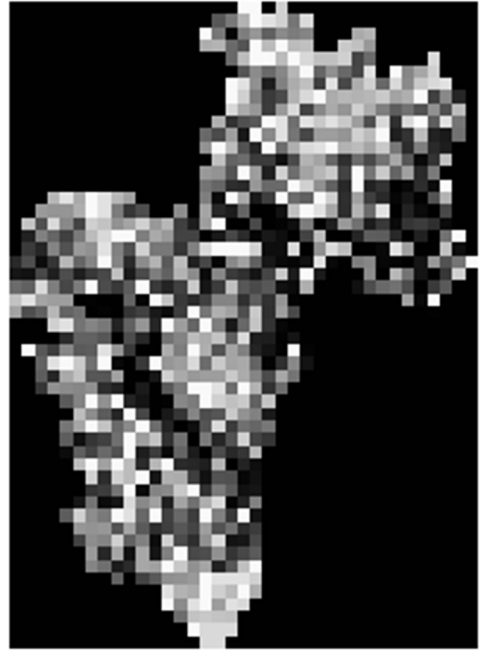
Obrázek 119 Předpoklad výskytu podzolu podle orientace ke světové straně



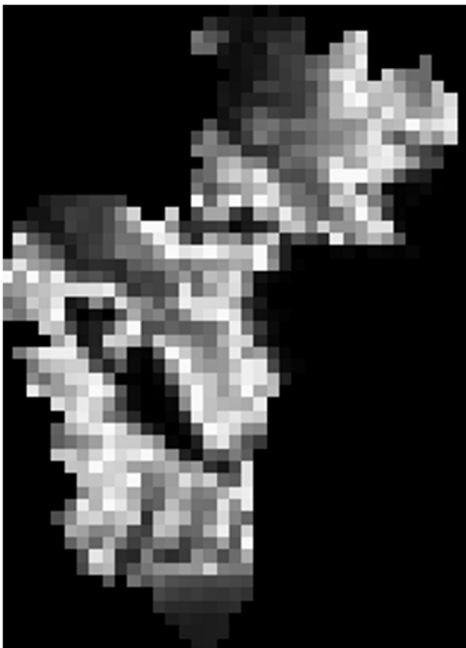
Obrázek 120 Předpoklad výskytu podzolu podle sběrné plochy povodí



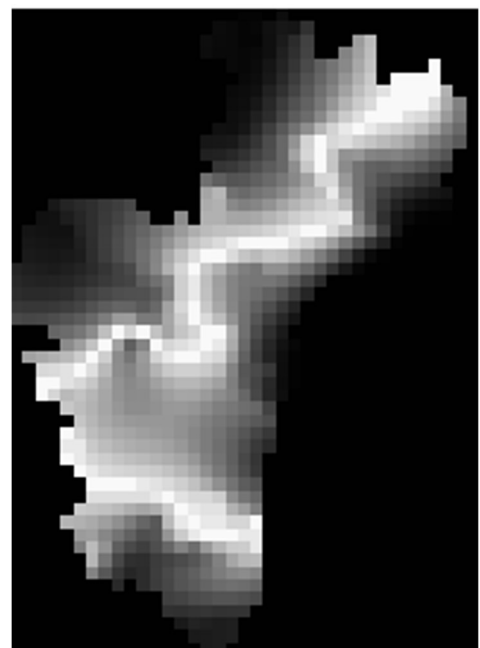
Obrázek 121 Předpoklad výskytu podzolu podle indexu sbíhavosti



Obrázek 122 Předpoklad výskytu podzolu podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 123 Předpoklad výskytu podzolu podle nadmořské výšky



Obrázek 124 Předpoklad výskytu podzolu podle základní úrovně sítě údolnic



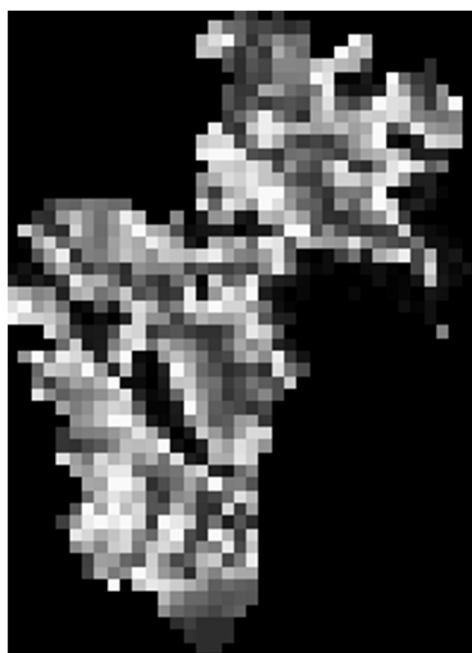
Obrázek 125 Předpoklad výskytu podzolu podle podélného zakřivení



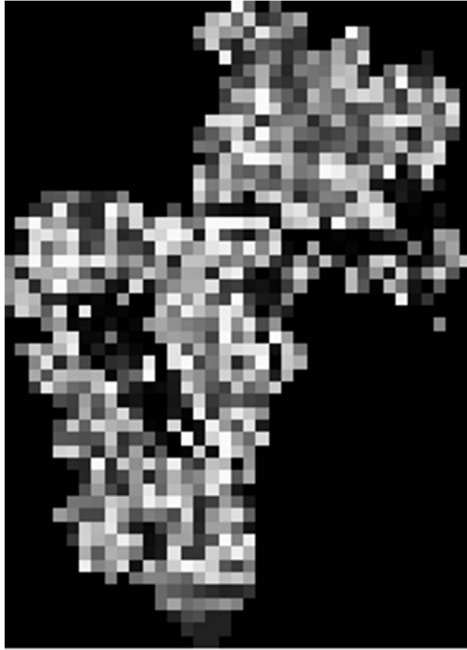
Obrázek 126 Předpoklad výskytu podzolu podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 127 Předpoklad výskytu podzolu podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 128 Předpoklad výskytu podzolu podle relativní pozice na svahu



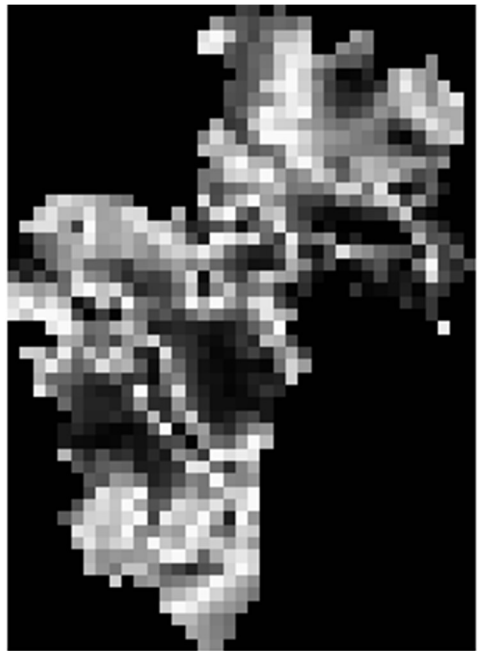
Obrázek 129 Předpoklad výskytu podzolu podle
svažitosti



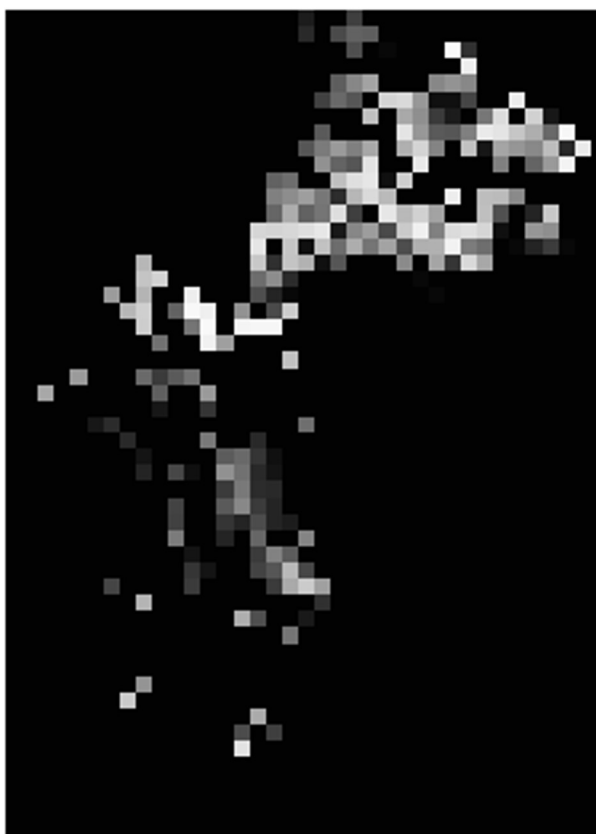
Obrázek 130 Předpoklad výskytu podzolu podle
číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 131 Předpoklad výskytu podzolu podle
topografického indexu vlhkosti



Obrázek 132 Předpoklad výskytu podzolu podle
vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 133 Odhadovaný výskyt podzolu v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.10 Pseudoglej

Tabulka 11 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt pseudogleje

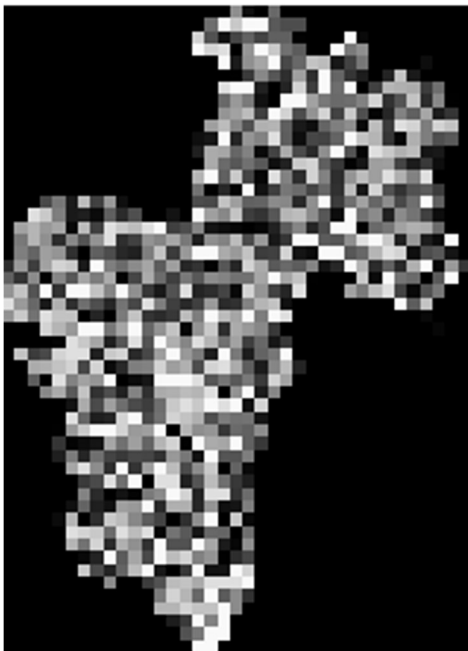
Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



Obrázek 134 Předpoklad výskytu pseudogleje podle orientace ke světové straně



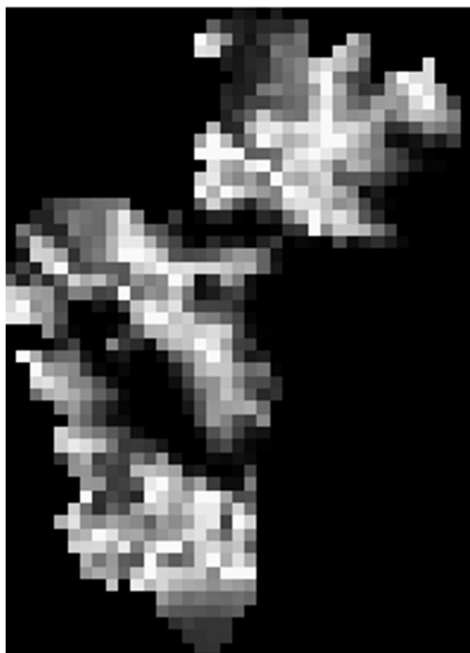
Obrázek 135 Předpoklad výskytu pseudogleje podle sběrné plochy povodí



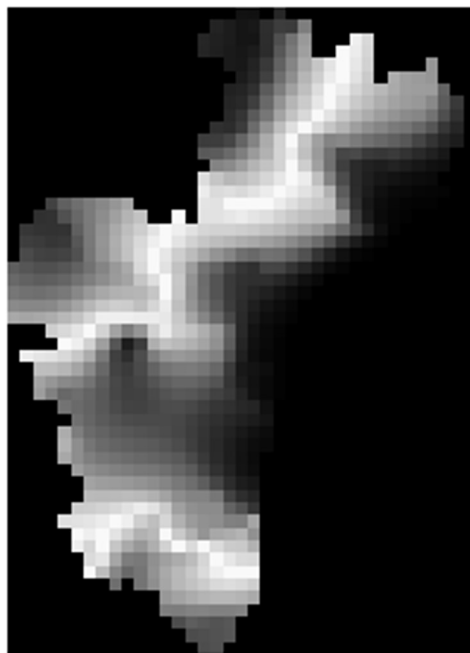
Obrázek 136 Předpoklad výskytu pseudogleje podle indexu sbíhavosti



Obrázek 137 Předpoklad výskytu pseudogleje podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 138 Předpoklad výskytu pseudogleje podle nadmořské výšky



Obrázek 139 Předpoklad výskytu pseudogleje podle základní úrovně sítě údolnic



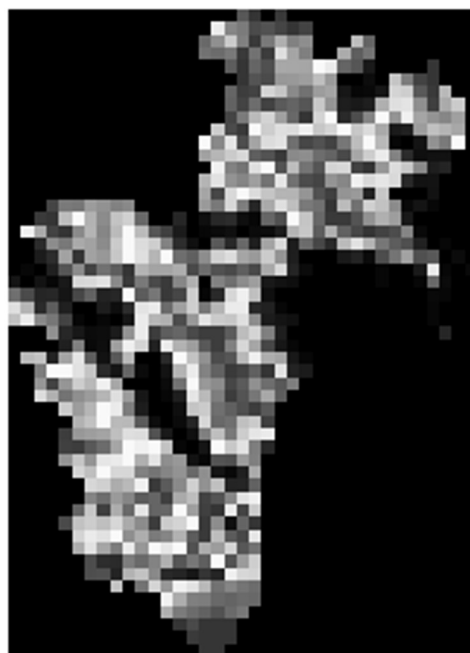
Obrázek 140 Předpoklad výskytu pseudogleje podle podélného zakřivení



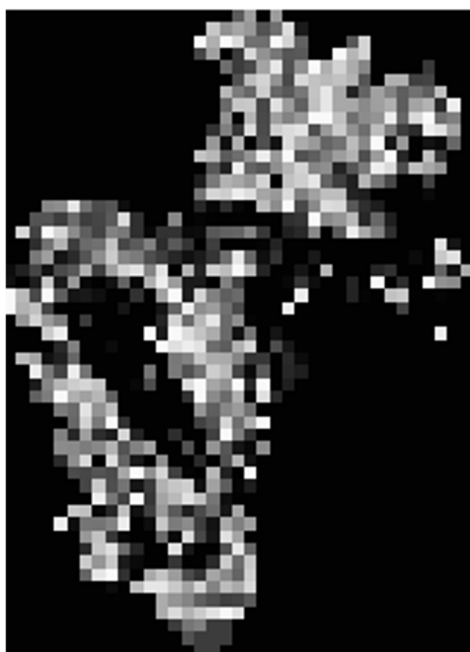
Obrázek 141 Předpoklad výskytu pseudogleje podle faktorů sklonu, délky a strmosti



Obrázek 142 Předpoklad výskytu pseudogleje podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 143 Předpoklad výskytu pseudogleje podle relativní pozice na svahu



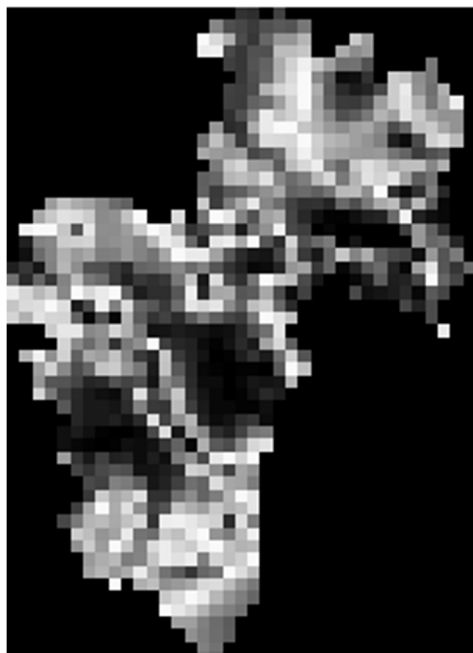
Obrázek 144 Předpoklad výskytu pseudogleje podle svažitosti



Obrázek 145 Předpoklad výskytu pseudogleje podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 146 Předpoklad výskytu pseudogleje podle topografického indexu vlhkosti



Obrázek 147 Předpoklad výskytu pseudogleje podle vertikální vzdálenosti k síti údolnic



Obrázek 148 Odhadovaný výskyt pseudogleje v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.11 Glej

Tabulka 12 Environmetální proměnné, které ovlivňují výskyt gleje

Orientace ke světové straně	Sběrná plocha povodí	Index sbíhavosti	Zakřivení v příčném řezu	Nadmořská výška	Základní úroveň sítě údolnic	Podélné zakřivení
Faktor sklonu, délky a strmosti	Číselný kód půdotvorného substrátu	Relativní pozice na svahu	Svažitost	Číselná třída v CORINE Land Cover	Topografický index vlhkosti	Vertikální vzdálenost k síti údolnic



Obrázek 149 Předpoklad výskytu gleje podle orientace ke světové straně



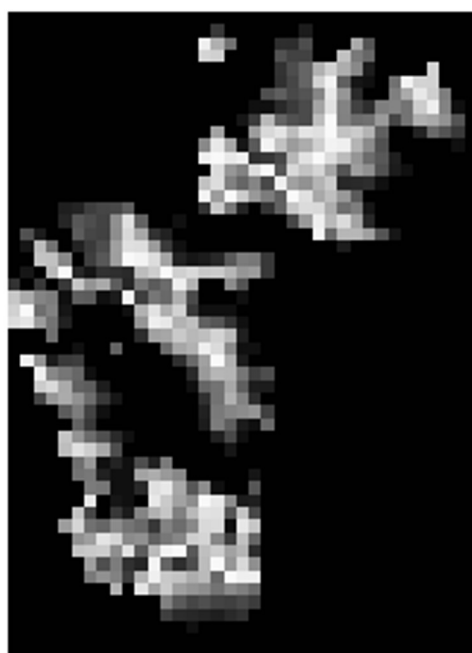
Obrázek 150 Předpoklad výskytu gleje podle sběrné plochy povodí



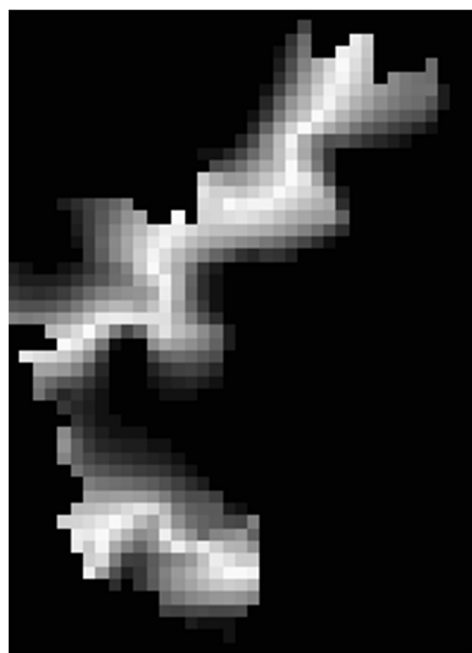
Obrázek 151 Předpoklad výskytu gleje podle indexu sbíhavosti



Obrázek 152 Předpoklad výskytu gleje podle zakřivení v příčném řezu



Obrázek 153 Předpoklad výskytu gleje podle nadmořské výšky



Obrázek 154 Předpoklad výskytu gleje podle základní úrovně sítě údolnic



Obrázek 155 Předpoklad výskytu gleje podle podélného zakřivení



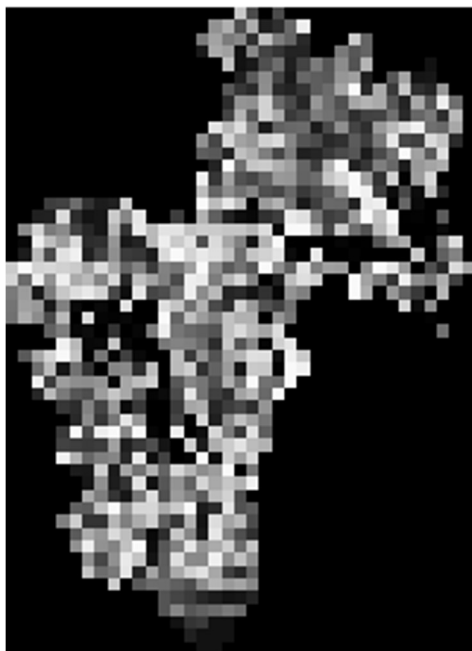
Obrázek 156 Předpoklad výskytu gleje podle faktoru sklonu, délky a strmosti



Obrázek 157 Předpoklad výskytu gleje podle číselného kódu půdotvorného substrátu



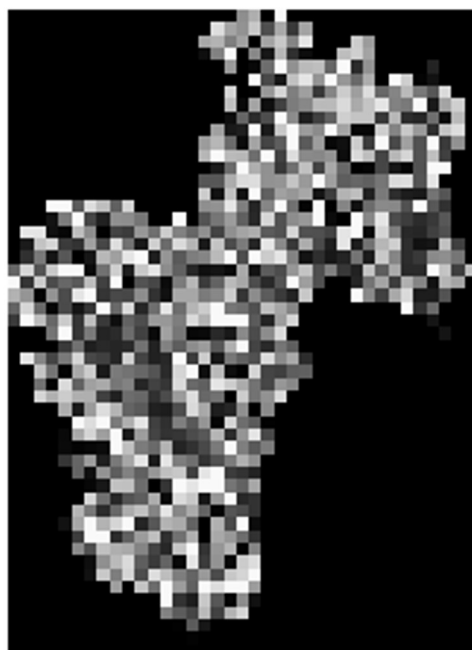
Obrázek 158 Předpoklad výskytu gleje podle relativní pozice na svahu



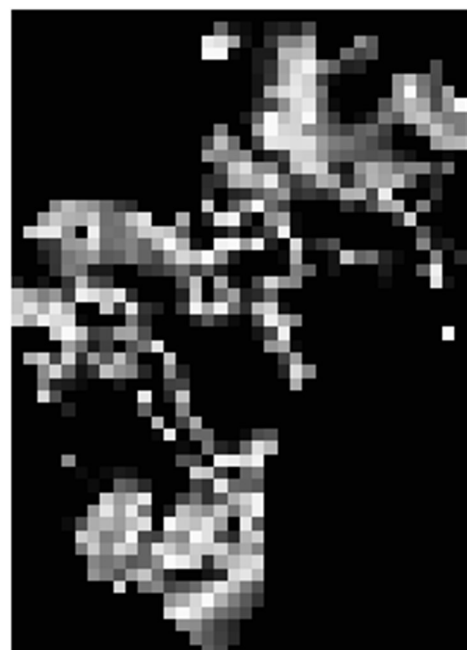
Obrázek 159 Předpoklad výskytu gleje podle
svažitosti



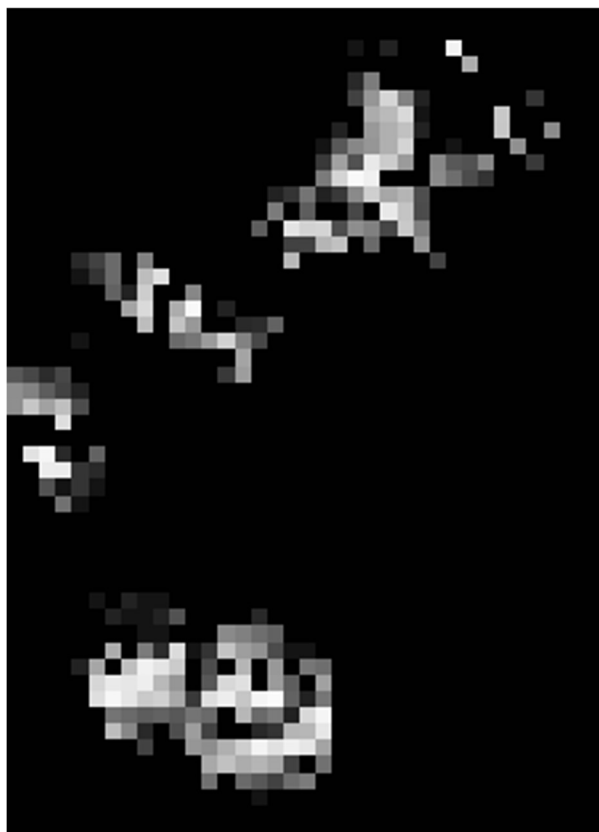
Obrázek 160 Předpoklad výskytu gleje podle
číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 161 Předpoklad výskytu gleje podle
topografického indexu vlhkosti



Obrázek 162 Předpoklad výskytu gleje podle
vertikální vzdálenosti k síti údolnic

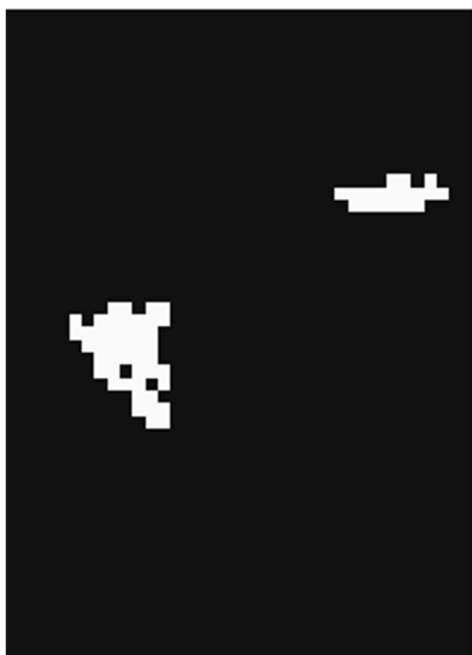


Obrázek 163 Odhadovaný výskyt gleje v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

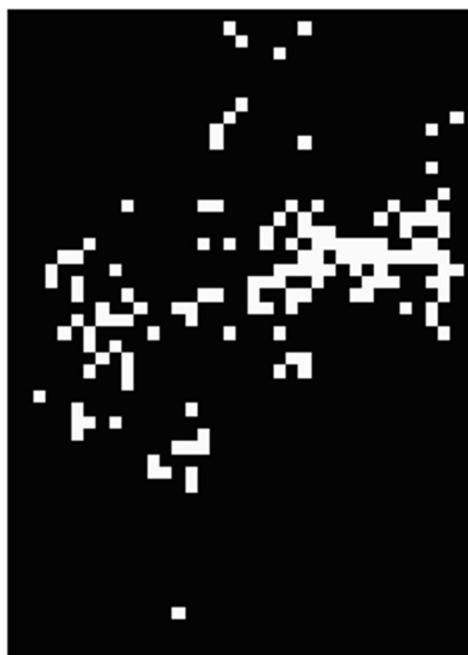
5.12 Organozem

Tabulka 13 Environmentální proměnné, které ovlivňují výskyt organozemě

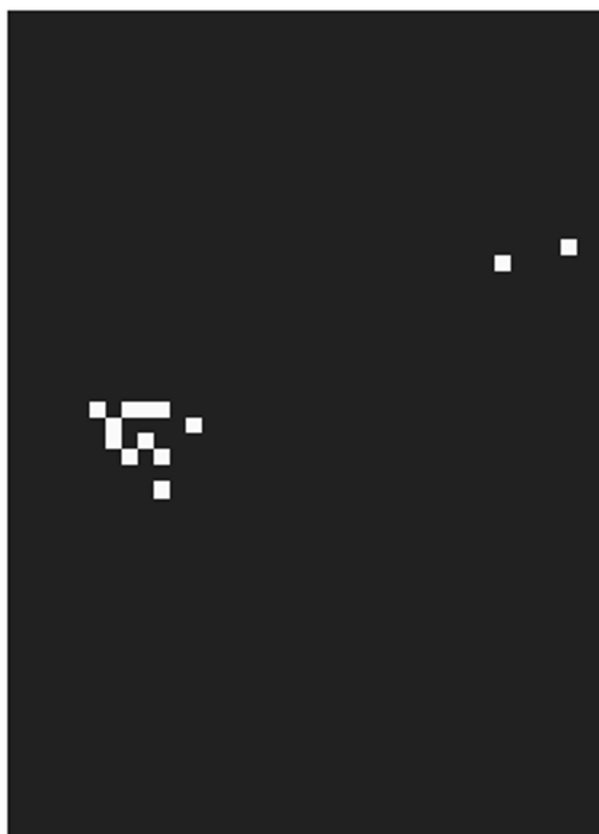
Číselný kód půdotvorného substrátu	Číselná třída v CORINE Land Cover
--	---



Obrázek 164 Předpoklad výskytu organizemě podle číselného kódu půdotvorného substrátu



Obrázek 165 Předpoklad výskytu organizemě podle číselné třídy v CORINE Land Cover



Obrázek 166 Odhadovaný výskyt organizemě v závislosti na environmentálních faktorech v okrese Liberec

5.13 Půdní mapy v rozlišení 100 x 100 m

Po vytvoření půdního modelu v programu SoLIM Solutions 2015 byl model aplikován na síť bodů v rozlišení 100 x 100 m. Vytvořené půdní mapy (viz Obr. 167-177) vykazují vyšší podrobnost, avšak u některých půd, v důsledku nedostatečného množství dat, nelze půdní mapu vytvořit. Tento problém se týká půdního typu organozemě. Naopak půdní mapu černozemě lze, v důsledku vyššího rozlišení, vytvořit. U ostatních půdních typů vykazuje podrobnější rozložení půd.

Stejně jako u půdních map s rozlišením 1 x 1 km je škála totožná. Bílou barvou jsou zobrazena místa vysoké pravděpodobnosti výskytu, naopak místa černá vykazují nulový výskyt daného půdního typu.



Obrázek 167 Výskyt rendziny v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 168 Výskyt pararendziny v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 169 Výskyt fluvizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 170 Výskyt černozemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 171 Výskyt hnědozemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 172 Výskyt lhuizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 173 Výskyt kambizemě v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 174 Výskyt kryptopodzolu v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 175 Výskyt podzolu v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 176 Výskyt pseudogleje v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)



Obrázek 177 Výskyt gleje v závislosti na environmentálních proměnných v zájmovém území (rozlišení 100 x 100 m)

6 Diskuse

6.1 Rozsah dat a spolehlivost mapových výstupů

Model SoLIM Solutions se ukázal jako málo spolehlivý u těch půdních typů, které jsou na zájmovém území zastoupeny v menší míře. Jelikož veškeré mapy byly vytvářeny z dat z půdních průzkumů, které jsou zobrazeny v malém měřítku, tak i ty půdy (příkladem je ranker, organozem či černozem), které se v menší míře vyskytují v zájmovém okrese, nejsou v mapě. Níže uvedené informace platí pro mapové výstupy v rozlišení 1 x 1 km. Na území okresu Liberec se vyskytují také rankery, ale v dostupných datech, ani v existujících půdních mapách, není tento půdní typ zobrazen, jelikož je plošně méně zastoupen. Mezi méně zastoupené půdní typy patří také černozem a pararendzina. Pro černozem bylo možné vytvořit pouze fuzzy mapy pro třídu v CORINE Land Cover a vertikální vzdálenosti k síti údolnic. Stejný problém se vyskytl také u pararendziny, u níž nebylo možné vytvořit jen fuzzy mapu podle základní úrovně sítě údolnic. Podobný problém byl i u organozemě, která je v poskytnutých datech pouze v jednom vzorku, avšak u tohoto typu bylo možné vytvořit výslednou mapu zastoupení, jelikož byla vytvořena z fuzzy map číselného kódu půdotvorného substrátu (organické uložení) a třídy v CORINE Land Cover (smíšené lesy).

Poté, co byl půdní model aplikován na data v rozlišení 100 x 100 m, byly výsledky odlišné. Nebylo možné vytvořit fuzzy mapu výskytu organozemě, jelikož nebyly v tomto rozlišení dostupné environmentální proměnné pro půdotvorný substrát a třídu CORINE Land Cover, které byly jediným zdrojem k tvorbě mapy výskytu organozemě. Naopak bylo možné, díky jemnějšímu rozlišení, vytvořit fuzzy mapu výskytu černozemě i pararendziny. Výhodou vytvořeného modelu podle Zhu et al. (2007) je skutečnost, že nově vzniklé mapy mohou být podrobnější a jsou zachovány vztahy mezi půdou a prostředím pro další využití.

6.2 Ověření výsledků

Nebylo možné provést ověření výsledků vytvořených v modelu SoLIM. Při aplikaci na síť 1 x 1 km i 100 x 100 m nastal stejný problém, a to u tvorby „ztvrdlé“ mapy. Výstupem měla být mapa, v níž jsou zastoupeny všechny půdní typy současně, výsledkem byl však pouze „černý obdélník“, v němž není zobrazena ani jedna z půd. Tento problém je způsoben špatnou funkcí softwaru a podle Zhu et al. (2007) také přesností podmínek prostředí charakterizovaných v GIS. Tyto podmínky jsou vztaženy ke kvalitě a rozlišení vstupních dat. Z tohoto důvodu není možné ani zjistit, z kolika procent se vytvořené mapy shodují s již existujícími mapami.

6.3 Porovnávání s existujícími půdními mapami

Jelikož mapové výstupy z modelu jsou exportovány ve formátu .3dr, neobsahují informace o souřadnicovém systému. Z tohoto důvodu bylo nutné mapové výstupy převést do formátu Shapefile, aby bylo možno je porovnat s existujícími půdními mapami v prostředí programu ArcGIS. Online mapa VÚMOP a mapový list ČGS v měřítku 1:50 000 byly porovnávány pouze vizuálně.

6.3.1 VÚMOP

Při vizuálním porovnávání jednotlivých půdních map bylo zjištěno, že fluvizemě (viz Obr. 169) se vyskytují především na severu okresu, kde kopírují koryto Smědé, ačkoli nově vytvořená půdní mapa je podrobnější, neboť zobrazuje také menší přítoky jako Bulovský potok, řeky Řasnici či Lomnici. Dále se fluvizemě v obou mapách vyskytují v korytu řeky Lužické Nisy (severozápad území), kde opět fuzzy mapa zobrazuje i menší přítoky. Mapa VÚMOP se liší, neboť fluvizemě zobrazuje také směrem na sever od Liberce. Podle Tomáška (2007) je rozdílnost zobrazení způsobena environmentální proměnnou, která zobrazuje výskyt podle třídy v CORINE Land Cover, neboť tato území jsou využívána nejvíce jako orné půdy. Posledním místem výskytu fluvizemí je jih zájmového okresu, kde se obě mapy shodují v zobrazení půdního typu a kopírují koryta řek Jizery a Mohelky. Mapa VÚMOP je dále podrobnější na severovýchodě území, kde zobrazuje fluvizemě v korytě řeky Kamenice. U pseudogleje (viz Obr. 176) je opět podrobnější vytvořená fuzzy mapa. Obě mapy shodně zobrazují půdní typ na severu území, kde se jedná o mírně sklonitý až rovinatý terén. Největší výskyt pseudogleje je ve středu zájmového území, kde obklopuje koryto Lužické Nisy a tvoří většinu území Liberce. Dalším místem výskytu je jihovýchod území, kde opět fuzzy mapy vykazují větší výskyt, zatímco VÚMOP zobrazuje pseudoglej spíše útržkovitě. Obě mapy se neshodují na jihu území, kde fuzzy mapa vyazuje téměř stoprocentní výskyt, zatímco v mapě VÚMOP jsou pseudogleje minimálně. Podle Tomáška (2007) je rozdílnost způsobena opět environmentální proměnnou, jež zobrazuje výskyt podle CORINE Land Cover, jelikož jsou tyto půdy nejvíce využívané jako orné. Velká odlišnost nastává u kambizemí (viz Obr. 173), kdy ve fuzzy mapě pokrývají většinu území, v mapě VÚMOP jsou útržkovitě rozprostřeny v malých plochách po celém území. Odlišnost je způsobena vstupní environmentální proměnnou číselný kód půdotvorného substrátu (převládají svahoviny kyselých žul a blízkých hornin lehké) a opět třídou v CORINE Land Cover, jelikož jsou půdy nejvíce využívány jako orné půdy, jehličnaté, listnaté a smíšené lesy, městská nesouvislá zástavba, komplexní systém kultur a parcel a střídající se lesy a křoviny. Stejný problém je u luvizemí (viz Obr. 172), které

ve fuzzy mapě mají četný výskyt, ale v mapě VÚMOP jsou nejvíce jen na jihu okresu. Výskyt hnědozemí (viz Obr. 171) má podobné rozložení v obou mapách. Glej (viz Obr. 177) se v obou mapách vyskytuje na stejných místech, jen mapa VÚMOP jej zobrazuje i na severu území. Podzoly (viz Obr. 175) a kryptopodzoly (viz Obr. 174) jsou jak v mapě VÚMOP, tak i ve fuzzy mapě, zobrazovány společně a jejich výskyt je hlavně v okolí Liberce. Ostatní půdní typy (rendzina, pararendzina, černozem a organozem) nejsou v mapě VÚMOP zobrazeny, proto není možné je vzájemně porovnat.

6.3.2 ČGS 1:50 000

Jelikož je k dispozici pouze mapový list 03-14 Liberec, který zobrazuje jen výsek zájmového okresu, byla srovnávána pouze část (viz Přílohy). Interpretace této půdní mapy je ztížena, neboť má již vybledlejší barvy a některé půdní typy jsou od sebe téměř k nerozeznání z důvodu velmi podobné barvy (př. podzol). Výskyt fluvizemí (viz Obr. 169) odpovídá v obou mapách, jelikož se nacházejí v korytech řek Lužické Nisy a Smědé a jejich přítoků. Luvizemě (viz Obr. 172) se v mapě ČGS nacházejí jen severozápadně od Liberce, zatímco ve fuzzy mapě mají výskyt mnohem četnější. Rozdílnost lze přikládat vyššímu rozlišení mapy ČGS a faktu, že na tvorbu fuzzy mapy měla největší vliv environmentální proměnná třída v CORINE Land Cover. Dle Tomáška (2007) jsou tyto půdy nejvíce využívány jako orné půdy a smíšené lesy. V celé mapě ČGS převládají kambizemě (viz Obr. 173), jejichž výskyt koresponduje s výskytem ve fuzzy mapě. Výskyt hnědozemí (viz Obr. 171) odpovídá rozvržením v obou mapách, ačkoli fuzzy mapa opět vykazuje vyšší výskyt tohoto půdního typu, jelikož na její tvorbu měla největší vliv proměnná třída v CORINE Land Cover (orná půda a jehličnaté lesy). V severní části mapy ČGS převládá půdní typ ranker, ačkoli ve fuzzy mapě vůbec zastoupen není. Důsledek je přikládán rozlišení mapového listu 1:50 000 a skutečnosti, že ve vstupním souboru s rozlišením 1 x 1 km nebyl ranker zastoupen, takže s ním vytvořený predikční model vůbec nepracuje. Pseudoglej (viz Obr. 176) se v mapě ČGS nachází východně a severovýchodně od Liberce, což koresponduje s fuzzy mapou. Glej (Obr. 177) se v mapě ČGS vyskytuje na severu území a jihovýchodně od Liberce, avšak fuzzy mapa jej zobrazuje v jiných místech (hlavně na jihu a severu území). Odlišnost lze přikládat faktu, že na tvorbu fuzzy mapy měla dominantní vliv proměnná sběrná plocha povodí, jelikož se dle Tomáška (2007) tento půdní typ nachází v nivách vodních toků a zamokřených úpadech. Ostatní půdní typy (rendzina, pararendzina, černozem, kryptopodzol a organozem) se v mapovém listu ČGS nevyskytují, tudíž nelze mapy vzájemně porovnat.

6.3.3 SOTER

Vytvořené půdní fuzzy mapy byly porovnávány s mapou SOTER, která je dostupná měřítku 1:250 000. Porovnávání proběhlo v programu ArcMap. Výskyt fluvizemí (viz Obr. 169) odpovídá rozložení v obou porovnávaných mapách. Tento půdní typ se nachází v korytech řek Lužické Nisy, Smědé a Mohelky. U gleje (viz Obr. 177) se výskyt shoduje v jihozápadní části území v obou mapách, ale mapa SOTER glej zobrazuje také na severu území, kde podle Tomáška (2007) vyplňuje nivy vodních toků a zamokřené úpady. Rozdílnost lze také spatřit u hnědozemě (viz Obr. 171), která se v mapě SOTER vyskytuje na severozápadě okresu a na malé ploše také na jihu území, zatímco fuzzy mapa tuto půdu zobrazuje na severu území a ve středu zájmového okresu. Odlišnost lze přikládat faktu, že na tvorbu fuzzy mapy měla významný vliv proměnná vertikální vzdálenost k síti údolnic, kde se podle Tomáška (2007) tyto půdy nacházejí v okrajových částech nížin a nižším stupni pahorkatin. Výskyt kambizemí (viz Obr. 173) odpovídá zobrazením v obou porovnávaných mapách, jelikož se tento půdní typ podle Tomáška (2007) nachází především na svažitých pahorkatinách, vrchovinách a hornatinách. Kryptopodzol (viz Obr. 174) lze najít v obou mapách na severovýchodě území v Jizerských horách, avšak mapa SOTER jej zobrazuje také na severu Ještědsko-kozákovského hřbetu. Fuzzy mapa vykazuje výskyt na menší ploše, ale polohou odpovídá. U luvizemí (viz Obr. 172) panuje shoda v zobrazení na jihu, severu a severovýchodě území v obou mapách. Jen fuzzy mapa tento půdní typ ukazuje na větší ploše, kde již podle mapy SOTER tyto půdy nejsou. Rozdílnost je způsobena dle Němečka (2011) rozmístěním tohoto půdního typu ve středních výškových polohách, především pak vrchovinách a pahorkatinách, jelikož na tvorbu fuzzy mapy měla hlavní vliv proměnná nadmořská výška. Je zde podstatné, že fuzzy mapa zobrazuje také plochy s příslušností menší jak 1 (tj. než 100 %), proto se ve skutečnosti může jednat o půdy, které odpovídají dle stávající klasifikace luvickým subtypům jiných půdních typů, nikoliv jen o luvizemě. Pararendzina (viz Obr. 168) je v obou mapách zobrazena v jiných místech. V mapě SOTER se tento půdní typ nachází na jihu okresu ve třech izolovaných ostrůvcích, ve fuzzy mapě se nachází ve středu území a ve východními cípu okresu. Rozdílnost lze přikládat faktu, že na tvorbu fuzzy mapy měla dominantní vliv proměnná vertikální vzdálenost k síti údolnic, protože se tyto půdy podle Tomáška (2007) nevyskytují ve vyšších polohách a jsou přechodnými půdami kambizemí. Podzol (viz Obr. 175) se v obou mapách neshoduje, jelikož v mapě SOTER se nachází v nejvyšších polohách, kterými jsou Jizerské hory a Ještědsko-kozákovský hřbet, a ve fuzzy mapě se nachází na úpatích těchto hor. Rozdílnost může být způsobena skutečností, že na tvorbu fuzzy mapy měla dominantní vliv proměnná

relativní pozice na svahu. Výskyt pseudogleje (viz Obr. 176) odpovídá v obou porovnávaných mapách, jelikož se nachází ve středním výškovém stupni s výjimkou horských poloh. Renzdiny (viz Obr. 167) se v mapě SOTER nacházejí ve střední části zájmového okresu ve čtyřech malých ostrůvcích, což se shoduje s výskytem ve fuzzy mapě, ale fuzzy mapa tyto půdy zobrazuje také částečně na jihu a severu okresu. Odlišnost lze přičíst skutečnosti, že se dle Tomáška (2007) tyto půdy vyskytují ve všech klimatických podmínkách, jestliže je splněna vápnitost horniny. Černozeň (viz Obr. 170) v mapě SOTER můžeme najít na jihu území, kde jsou obklopeny hnědozeměmi, avšak ve fuzzy mapě je můžeme najít na okrajích Jizerských hor a Ještědsko-kozákovského hřbetu. Dle Tomáška (2007) se tento půdní typ může vyskytovat místy v pahorkatinném až vrchovinném terénu, což odpovídá významnému vlivu proměnné vertikální vzdálenosti k síti údolnic.

6.3.4 PUGIS

Výsledné fuzzy mapy byly porovnávány s mapou PUGIS v měřítku 1:1 000 000 v prostředí ArcMap. Z důvodu malé velikosti měřítka je v mapě PUGIS zobrazeno pouze 6 půdních typů. Jedná se o fluvizemě (viz Obr. 169), které jsou v mapě PUGIS vyobrazeny pouze v jižním cípu okresu, zatímco ve fuzzy mapě se vyskytují i na severovýchodě a severozápadě území. Rozdílnost, či spíše nepřesnost, je způsobena, jak již bylo zmíněno, malým měřítkem mapy PUGIS. Dalším půdním typem jsou hnědozemě (viz Obr. 171), které se v mapě PUGIS nacházejí opět na jižním cípu zájmového okresu, ale ve fuzzy mapě se na této části území nevyskytují. V tomto případě je fuzzy mapa přesnější, neboť zobrazuje hnědozemě především v jihozápadní části okresu a v severní části. Vyšší přesnost fuzzy mapy je podle Tomáška (2007) způsobena faktem, že se hnědozemě vyskytují v nižším stupni pahorkatin a okrajových částech nížin, což odpovídá rozložení výskytu ve fuzzy mapě. Naopak výskyt kambizemí (viz Obr. 173) odpovídá v obou porovnávaných mapách. Důvodem je dle Tomáška (2007) fakt, že se jedná o nejrozšířenější půdní typ, který se uplatňuje v pahorkatinách, vrchovinách, horách, ale také v malém zastoupení v nížinách. U luvizemí (viz Obr. 172) můžeme opět spatřit rozdíly v zobrazení. Fuzzy mapa vykazuje výskyt téměř po celém území (s výjimkou severovýchodního cípu a střední části území), zatímco mapa PUGIS zobrazuje luvizemě v malých ostrůvcích v severní a jižní části okresu. Rozdílnost je způsobena dle Němečka (2011) rozmístěním tohoto půdního typu ve středních výškových polohách, především pak vrchovinách a pahorkatinách a faktem, že mapa PUGIS je v důsledku měřítka méně podrobná. Úplnou odlišnost můžeme spatřit v případě podzolů (viz Obr. 175), které jsou v mapě PUGIS vyobrazeny na severovýchodě a západě území, zatímco ve fuzzy mapě se

v těchto místech vůbec nevyskytují. Na fuzzy mapu měla největší vliv proměnná třída v CORINE Land Cover, která vykazuje, že je tento půdní typ nejvíce využíván jako orná půda. Posledním srovnávaným půdním typem je pseudoglej (viz Obr. 176), jehož výskyt odpovídá v obou srovnávaných mapách. Ostatní půdní typy (rendzina, pararendzina, černozem, kryptopodzol, glej a organozem) nebylo možné porovnat, neboť se v mapě PUGIS nevyskytují.

6.3.5 ČGS 1:1 000 000

Porovnávání fuzzy mapy s mapou ČGS opět bylo provedeno v ArcMap, kdy bylo zjištěno, že výskyt hnědozemí (viz Obr. 171) v mapě ČGS absolutně neodpovídá výskytu ve fuzzy mapě. V mapě ČGS se hnědozemě nacházejí v jižním cípu okresu, zatímco ve fuzzy mapě jsou hlavně na severu a jihozápadě území. Rozdílnost výskytu je způsobena malým měřítkem mapy ČGS, tudíž není příliš přesná v tak malém zájmovém území. Výskyt kambizemí (viz Obr. 173) je v obou mapách téměř totožný, rozdíly lze spatřit ve východní části okresu, kde fuzzy mapa předpovídá jejich výskyt, zatímco v mapě ČGS se na tomto místě nacházejí již podzoly. U kryptopodzolu (viz Obr. 174) lze opět spatřit velké rozdíly, neboť na východním cípu území mapa ČGS ukazuje výskyt kryptopodzolu s podzoly, avšak ani v jedné z fuzzy map se v těchto místech tyto půdní typy nevyskytují. Na vině je opět malé měřítko mapy ČGS, čili dochází k menší přesnosti zobrazení. Fuzzy mapa předpovídá výskyt kryptopodzolu na severovýchodní straně a také západní straně území. Podzol (viz Obr. 175) se pak vyskytuje především ve střední části zájmového okresu. Výskyt luvizemí (viz Obr. 172) se shoduje v obou mapách v západní, střední a jižní části území. Naopak v severní části je výskyt luvizemí vyšší v mapě ČGS, ale fuzzy mapa výskyt nezobrazuje. U podzolu (viz Obr. 175) výskyt odpovídá v obou mapách v západní a jižní části území, avšak se liší v severní části, kde fuzzy mapa ukazuje výskyt, zatímco mapa ČGS nikoli. Mapa ČGS vykazuje výskyt tohoto půdního typu ve východní části území ve dvou ostrůvcích. Poslední půdní typ, který zobrazuje mapa ČGS je pseudoglej, jehož výskyt odpovídá v obou mapách. Zbylé půdní typy (rendzina, pararendzina, černozem a glej) opět nelze porovnat, neboť se v mapě ČGS nevyskytují.

6.3.6 Atlas půd ČR

Vytvořené fuzzy mapy půdních typů byly porovnávány s půdní mapou z Atlasu půd ČR v měřítku 1:250 000 v prostředí ArcMap. U fluvizemě (viz Obr. 169) se výskyt zásadně liší, neboť v mapě Atlasu půd se nacházejí na jižním cípu a na severozápadě území dva úzké pásy, zatímco ve fuzzy mapě se fluvizemě nacházejí na severozápadě a jihu území. Odlišnost může být způsobena faktem, že na tvorbu fuzzy mapy měla dominantní vliv proměnná sběrná plocha

povodí, kde dominují koryta řek Lužické Nisy a Smědé. Dalším půdním typem je glej (viz Obr. 177), kde lze spatřit také neshodu, jelikož v mapě Atlasu je glej zobrazen na severovýchodě území jako jedna malá plocha, ve fuzzy mapě je glej především na jihu území a místy také na severu okresu. Rozdílnost výsledku je dána tím, že výrazný vliv na tvorbu fuzzy mapy měla proměnná základní úroveň sítě údolnic, neboť glej se vyskytuje podle Tomáška (2007) především v nivách vodních toků a zamokřených úpadech. U hnědozemě se výskyt opět neshoduje, jelikož v mapě Atlasu jsou hnědozemě (viz Obr. 171) zobrazeny na severozápadě a jihu území, fuzzy mapa je zobrazuje na severu a také na jihu, avšak více na západ. Výskyt kambizemí (viz Obr. 173) vypadá v obou mapách podobně. Nacházejí se téměř na celém území s výjimkou severovýchodního cípu okresu. U luvizemí (viz Obr. 172) panuje neshoda, jelikož v mapě Atlasu se tento půdní typ nachází na jižním cípu nad fluvizeměmi a na severovýchodě území, fuzzy mapa tyto půdy zobrazuje především na severu a západě zájmového okresu. Dominantní roli při tvorbě fuzzy mapy měla proměnná třída v CORINE Land Cover a základní úroveň sítě údolnic, jelikož jsou tyto půdy nejvíce využívány jako orná půda a smíšené lesy a nacházejí se v humidnějších oblastech v blízkosti fluvizemí. Půdní typ pararendzina (viz Obr. 168) je v obou mapách zobrazen v jiných místech. V mapě Atlasu se tato půda nachází na jihu okresu ve třech izolovaných ostrůvcích, ve fuzzy mapě se nachází ve středu území a ve východním cípu okresu. Rozdílnost lze přikládat skutečnosti, že na tvorbu fuzzy mapy měla vliv proměnná vertikální vzdálenost k síti údolnic, jelikož se tyto půdy nevyskytují ve vyšších polohách a jsou přechodnými půdami kambizemí. Podzol (viz Obr. 175) se v obou mapách příliš neshoduje, neboť v mapě Atlasu se nachází v nejvyšších polohách, jimiž jsou Jizerské hory a Ještědsko-kozákovský hřbet, a ve fuzzy mapě ho můžeme najít na úpatích těchto hor. Rozdílnost lze přikládat k faktu, že na tvorbu fuzzy mapy měla dominantní vliv proměnná relativní pozice na svahu. U pseudogleje (viz Obr. 176) je shledána shoda zobrazení v obou porovnávaných mapách. Tyto půdy se nacházejí především ve střední části území, dále na západě, severovýchodě a z části také na jihu území. Rendziny (viz Obr. 167) se v mapě Atlasu nacházejí ve střední části zájmového okresu, což koresponduje s výskytem ve fuzzy mapě, ačkoli fuzzy mapa tento půdní typ zobrazuje také částečně v jižním cípu a severu okresu. Rozdíl lze přičítat skutečnosti, že se dle Tomáška (2007) tyto půdy vyskytují ve všech klimatických podmínkách, pokud je splněna vápnitost horniny. Černozemě (viz Obr. 170) se v mapě Atlasu vyskytují na jihu území obklopeny hnědozeměmi, ale ve fuzzy mapě je můžeme najít na okrajích Jizerských hor a Ještědsko-kozákovského hřbetu. Dle tvaru plochy výskytu černozemě ve fuzzy mapě lze ale usuzovat, že se jedná spíše o chybný odhad. Podle Tomáška (2007) se tento půdní typ může vyskytovat místy v pahorkatinném až

vrchovinném terénu, což odpovídá významnému vlivu proměnné vertikální vzdálenost k síti údolnic.

6.4 Environmentální proměnné

Kromě nadmořské výšky, která je reprezentována pomocí digitálního modelu reliéfu, ovlivňují vývoj půd také vlastnosti od ní odvozené, jako je orientace ke světové straně, zakřivení v příčném a podélném řezu, či svažítost. Čím je svažítost půdy vyšší, tím více dochází k nárůstu povrchového odtoku, čímž se zmenšuje infiltrace srážkové vody do půdy. Dochází tak ke zmenšení obsahu vody v půdě, proto je na svazích menší obsah vody v půdě oproti rovinám. Tuto vlastnost vyjadřuje topografický index vlhkosti. S topografickým indexem vlhkosti souvisí také sběrná plocha povodí, neboť ta nejvlhčí místa vykazují vždy největší sběrné plochy povodí (Tomášek, 2007).

V rámci půdotvorného substrátu jsou půdy poměrně rozmanité. Uplatňujícími se typy půdotvorných substrátů jsou obecně holocénní sedimenty, na nichž se jako hlavní skupiny půd tvoří fluvizemě a gleje, dále pleistocénní sedimenty, kde hlavní skupinou půd jsou černozemě, hnědozemě a pseudogleje. Jinou skupinou substrátů jsou zvětraliny karbonátových hornin, na nichž se tvoří rendziny. Následně zvětraliny karbonátově-silikátových hornin, na nichž nacházíme rankery, pararendziny, kambizemě, kryptopodzoly a podzoly. V poslední řadě dělíme hlavní skupinu substrátů na zvětraliny silikátových hornin, na nichž se vyskytují rankery, kambizemě, kryptopodzoly a podzoly (Tomášek, 2007).

Půdní typy se v zájmovém okrese vyskytují na území, které je využíváno rozličnými způsoby. Můžeme rozlišit 12 různých způsobů využití území, mezi něž řadíme těžbu hornin, střídající se lesy a křoviny, smíšené lesy, ovocné sady a keře, ornou půdu mimo zavlažovaných ploch, městskou souvislou zástavbu, městskou nesouvislou zástavbu, louky, listnaté lesy, komplexní systém kultur a parcel, jehličnaté lesy a území převážně zemědělská s příměsí přirozené vegetace. Veškeré půdní typy, kromě černozemí a organozemí, se vyskytují pod jehličnatými lesy. Dále jsou hojně zastoupeny pod městskou nesouvislou zástavbou, ornou půdou mimo zavlažovaných ploch, územím převážně zemědělským s příměsí přirozené vegetace. Méně zastoupeny jsou ostatní způsoby využití území.

6.5 Další projekty

Model SoLIM byl již aplikován na oblast Lubrecht, kde Zhu et al. (1996) prokázali, že model vykazuje vyšší podrobnost než konvenční půdní mapa, s níž byl porovnáván. Další oblastí byla Redhill, kde opět Zhu et al. (1997) dokázali, že model SoLIM se ukázal jako méně spolehlivý v porovnání s existující půdní mapou. V tomto případě se ukázalo, že pochopení vzájemných vztahů mezi půdními typy a jejich proměnnými je limitováno malým počtem environmentálních proměnných. Jinou zkoumanou oblastí byla Raffelson, kdy Zhu et al. (2001) prokázali, že SoLIM ruší omezení, která byla spojena s konvenčním mapováním půd a reprezentuje půdy jako kontinua. Nevýhodou však je, že přesnost informací zpracovaná pomocí SoLIM velmi záleží na kvalitě vstupních environmentálních proměnných a půdně-krajinném modelu.

7 Závěr

V rámci diplomové práce byla ověřena použitelnost modelu SoLIM pro digitální mapování půd na území okresu Liberec. S využitím modelu SoLIM byly vytvořeny, na základě údajů o reliéfu, geologickém podloží, využití půdy a vegetaci, modely pro odhad výskytu půdních jednotek pro zájmové území v rozlišení 1 x 1 km, které byly následně aplikovány na data v rozlišení 100 x 100 m. Vytvořené fuzzy mapy byly porovnány s existujícími půdními mapami, jimiž byla mapa ČGS v měřítku 1:1 000 000, mapa SOTER v měřítku 1:250 000, mapa PUGIS v měřítku 1:1 000 000, mapa Atlasu půd České republiky v měřítku 1:250 000, digitální mapa VÚMOP a tištěná mapa ČGS v měřítku 1:50 000.

Bylo zjištěno, že v porovnání s mapou ČGS 1:1 000 000 se vytvořené fuzzy mapy ukázaly jako podrobnější. Na vině je malé měřítko mapy ČGS pro menší zájmové území. Půdní fuzzy mapy byly dále porovnány s mapou SOTER, která se ukázala jako přesnější díky větší podrobnosti. Porovnávání fuzzy map s mapou PUGIS ukázalo na vyšší podrobnost vytvořených fuzzy map. Opět je na vině malé měřítko mapy PUGIS pro zvolené zájmové území. Porovnáním vytvořených map s mapou Atlasu půd ČR se ukázalo, že mapa Atlasu je podrobnější a vykazuje přesnější rozmístění půdních typů. Ukázalo se, že jsou opět podrobnější vytvořené fuzzy mapy oproti online mapě VÚMOP, ačkoli má pohyblivé měřítko. V poslední řadě byly fuzzy mapy porovnány s papírovou mapou ČGS v měřítku 1:50 000. Ukázalo se, že i v tomto případě jsou fuzzy mapy z modelu SoLIM podrobnější. Problémem je, že mapový list zobrazuje jen část zájmového okresu, tudíž výsledek není plně vypovídající.

Zároveň bylo prokázáno, že existuje vztah mezi stanovištními podmínkami a půdními vlastnostmi. Byla také potvrzena hypotéza, že lze model SoLIM použít v podmínkách České republiky pro odhad prostorového rozložení půd.

Silnou stránkou modelu SoLIM je, že vychází z integrace půdně-krajinných znalostí a principů, současně za použití GIS a fuzzy logiky. Model zároveň překonává omezení konvenčního diskrétního modelu a umožňuje zobrazení půd jako kontinua. Tento typ digitálního mapování půd má potenciál významně ovlivnit budoucí způsoby provádění půdních průzkumů, ačkoli, jak již bylo zmíněno, velice záleží na kvalitě vstupních dat, která jsou vkládána do půdně-krajinného modelu.

Nabízí se možnost použití modelu s využitím dalších vstupních údajů, nebo také hledání příčin špatného fungování modelu SoLIM v některých případech (např. u tvorby ztvrdlé mapy) či důkladnější ověření spolehlivosti a správnosti odhadu výskytu půdních jednotek.

8 Seznam literatury

- Borůvka, L., Mládková, L., Drábek, O., Vašát, R. 2005. *Factors of spatial distribution of forest floor properties in the Jizerské Mountains*. Plant, Soil and Environment, 51 (10), 447-455.
- Demek, J. a kol., 1965. *Geomorfologie českých zemí*, Praha: Nakladatelství Československé akademie věd. 335 s.
- Hromek, J., 2014. *Koncepce ochrany přírody a krajiny Libereckého kraje*, Charakteristika současného stavu přírodního prostředí, 27-59.
- Chaloupský J., Červenka J., Jetel J., Králík F., Líbalová J., Píchová E, Pokorný J., Pošmourný K., Sekyra J., Shrbený O., Šalanský K., Šrámek J., Václ J. 1989. *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. – ČGÚ v nakladatelství Academia, Praha. 288 stran.
- Chlupáč, I., 2002. *Geologická minulost České republiky*. 1. vyd. Academia: Praha, 436 s., ISBN 80-200-0914-0.
- Jiang J., Zhu, A.X., Qin, C.Z., Zhu, T., Liu, J., Du, F., Liu, J., Zhang, G., An, Y. 2016. *CyberSoLIM: A cyber platform for digital soil mapping*. Geoderma, 263, 234-243.
- Kozák, J., a kol. 2009. *Atlas půd České republiky 2.*, upr. vyd., Praha: ČZU Praha.
- McBratney, A.B., Mendonça-Santos, M.L., Minasny, B. 2003. *On digital soil mapping*. Geoderma, 117, 3-52.
- Němeček, J., 2002. *Jednotná klasifikace půd*. Rostlinná výroba, 48 (7), 327-328.
- Němeček, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České Republiky*. ČZU Praha.
- Qi, F., Zhu, A.X. 2003. *Knowledge discovery from soil maps using inductive learning*. International Journal of Geographical Information Science, 17 (8), 771-795.
- Qi, F., Zhu, A.X., Harrower, M., Burt, J.E. 2006. *Fuzzy soil mapping based on prototype category theory*. Geoderma, 136, 774-787.
- Sanchez, P.A., Ahamed, S., Carré, F., Hartemink, A.E., Hempel, J., Huising, J., Lagacherie, P., McBratney, A.B., McKenzie, N.J., Mendonça-Santos, M.L., Minasny, B., Montanarella, L., Okoth, P., Palm, C.A., Sachs, J.D., Shepherd, K.D., Vågen, T.G., Vanlauwe, B., Walsh, M.G., Winowiecki, L.A., Zhang, G.L. 2009. *Digital soil map of the World*. Science, 325, 680-681.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. United States Department of Agriculture.

SoLIM Solutions, 2015. Version 5.0.0.0. [software].

SoLIM Solutions Help, 2015. [online]. [cit. 1. 4. 2017]. Dostupné z: <http://solim.geography.wisc.edu/software/solimsolutions5/help_html/index.html?getting_help.htm>.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: stav ke dni 31. prosince 2015 [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2016 [cit. 2017-03-03]. ISBN 978-80-86918-90-7. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka_pudniho_fondu_2016.aspx>.

Tomášek, M. 2007. *Půdy České republiky*. Český geologický ústav. Praha.

Tomášek, M. Půdní mapa ČR 1:50 000. List 03-14 Liberec. 1:50 000. Český geologický ústav Praha, ©1997.

Zhu, A.X. 2000. *Mapping soil landscape as spatial continua: The neural network approach*. Water Resources Research. 36,663–677.

Zhu, A.X., 1999. *A personal construct-based knowledge acquisition process for natural resource mapping*. Geographical information science, vol. 13, no. 2, 119-141.

Zhu, A.X., 1997. *A similarity model for representing soil spatial information*. Geoderma, 77. 217-242.

Zhu, A.X., Band, L., Dutton, B., Nimlos, T. 1996. *Automated soil inference under fuzzy logic*. Ecological modelling, 90, 123-145.

Zhu, A.X., Band, L., Vertessy, R., Dutton, B. 1997. *Derivation of soil properties using a soil land inference model (SoLIM)*. Soil Science Society of America Journal, 61 (2), 523-533.

Zhu, A.X., Burt, J.E., Moore, A.C., Smith, M.P., Liu, J., Feng, Q. Du, F., Liu, J., Zhang, G., An, Y. 2007. *SoLIM: A New Technology For Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge & Fuzzy Logic*. Overview. University of Wisconsin-Madison. 25 pp.

Zhu, A.X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D. 2001. *Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic*. Soil Science Society of America Journal, 65, 1463-1472.

Zhu, A.X., Liu, J., Du, F., Zhang, S.J., Qin, C.Z., Burt, J., Berens, T., Scholten, T. 2015. *Predictive soil mapping with limited sample data*. European Journal of Soil Science, 66, 535-547.

Zhu, A.X., Moore, A., Burt, J.E., 2006. *Prediction of soil properties using fuzzy membership*. Proceedings of the 2nd Global Workshop on Digital Soil Mapping, July 4-7, 2006, Rio de Janeiro, Brazil, 6 pages.

9 Seznam použitých internetových mapových zdrojů

Půdní mapa 1:1 000 000. Česká geologická služba. WMS služba [online]. [cit. 8. 4. 2017].

Dostupné z:

<http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/Pudni_typy/MapServer/WMSServer>.

Souhrnné mapy VÚMOP. *Geoportál SOWAC-GIS* [online]. Zbraslav: VÚMOP, ©2016 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <<http://mapy.vumop.cz/>>.

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

CORINE	COoRdination of INformation on the Environment (koordinace informací o životním prostředí)
ČGS	Česká geologická služba
ČZU	Česká zemědělská univerzita v Praze
GIS	Geografické informační systémy
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (zobrazovací spektrometr se středním rozlišením)
PUGIS	Půdní geografický informační systém
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses (Systém pro automatizované geovědní analýzy)
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, v. v. i.

11 Seznam příloh

Příloha 1: Půdní mapa ČR v měřítku 1:50 000

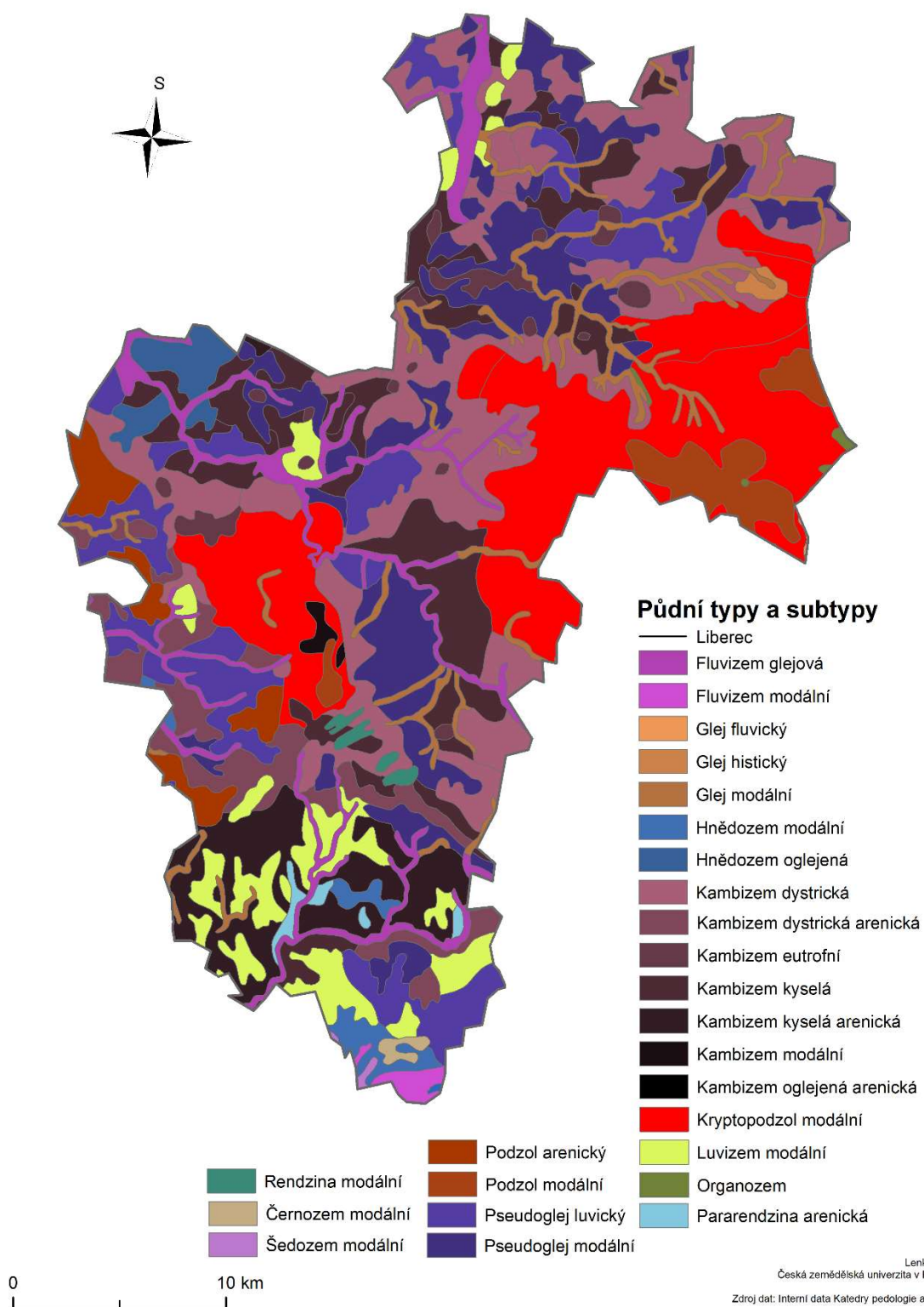
Příloha 2: Půdní mapa SOTER v měřítku 1:250 000

Příloha 3: Půdní mapa PUGIS v měřítku 1:1 000 000

Příloha 4: Půdní mapa v měřítku 1:1 000 000 podle ČGS

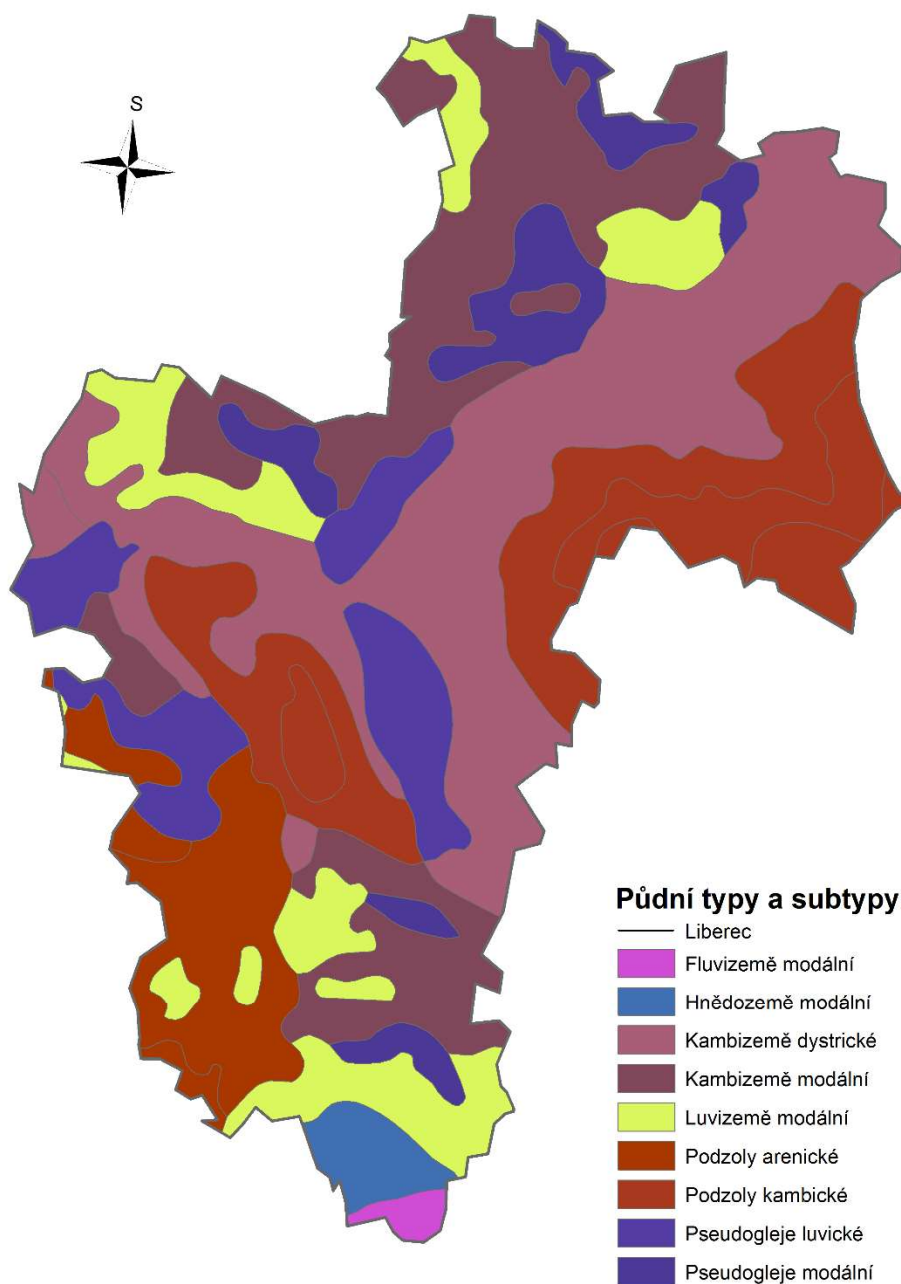
Příloha 5: Půdní mapa z Atlasu půd ČR v měřítku 1:250 000

Půdní mapa SOTER 1:250 000



Příloha 2: Půdní mapa SOTER v měřítku 1:250 000

Půdní mapa PUGIS 1:1 000 000

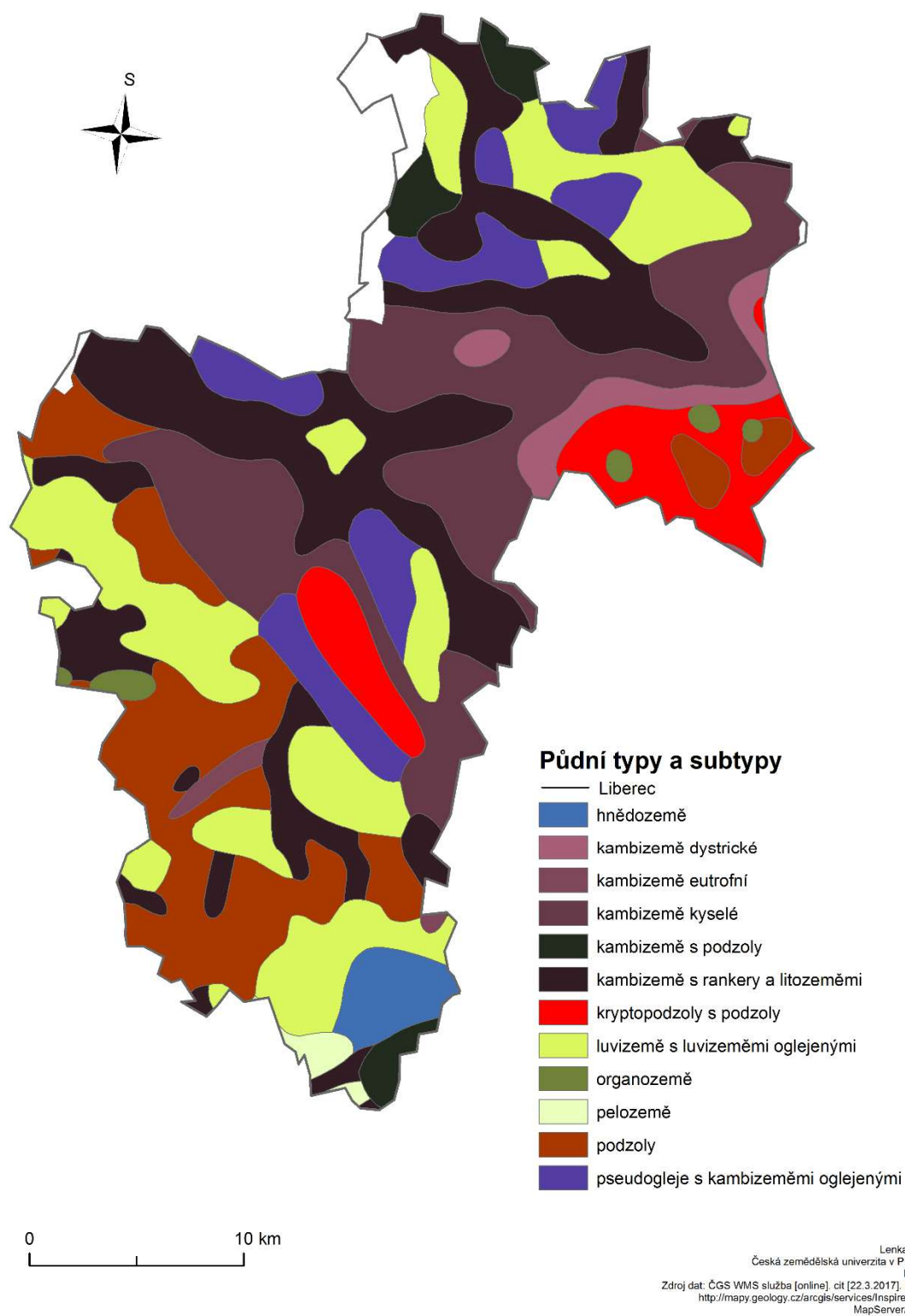


0 10 km

Lenka TURZOVÁ
Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPPZ
Praha, 2017
Zdroj dat: Interní data Katedry pedologie a ochrany půd

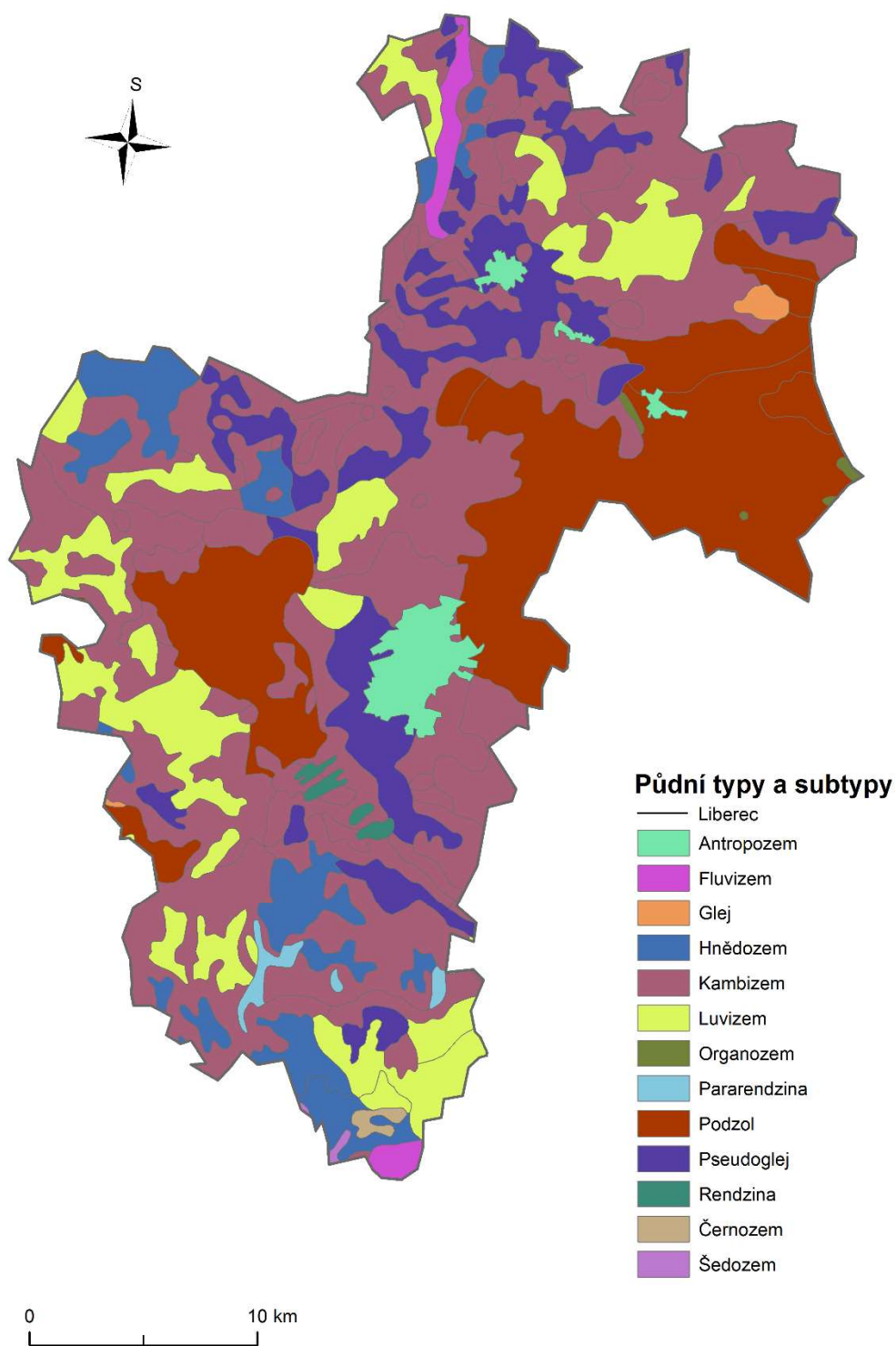
Příloha 3: Půdní mapa PUGIS v měřítku 1:1 000 000

Půdní mapa podle ČGS 1:1 000 000



Příloha 4: Půdní mapa podle České geologické služby v měřítku 1:1 000 000

Půdní mapa z Atlasu půd ČR 1:250 000



Lenka TURZOVÁ
Česká zemědělská univerzita v Praze, FAPZ
Praha, 2017
Zdroj dat: Atlas půd České republiky

Příloha 5: Půdní mapa z Atlasu půd ČR v měřítku 1:250 000