

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Geografické informační systémy
a jejich využití v biologických vědách

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146072628

Liberec 2004

Ladislav Hronek

Studijní program: M2612– Elektrotechnika a informatika

Obor: 3902TOO5 – Automatické řízení a inženýrská informatika

Geografické informační systémy a jejich využití v biologických vědách

Geographical Information Systems
And Their Applications In Biological Sciences

Řešitel: Ladislav Hronek

Vedoucí práce: Ing. Július Štuller, CSc.

Konzultant: RNDr. Jiří Gabriel, DrSc.

Datum 19.5.2004

Rozsah práce:

Počet stran textu: 66

Počet obrázků: 35

Počet tabulek: 1

Počet vzorců: 6

Počet příloh: 2 (včetně CD-ROM)

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra: Softwarového inženýrství

Akademický rok: 2003/2004

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro: Ladislav H R O N E K

studijní program: M 2612 – Elektrotechnika a informatika

obor: 3902T005 – Automatické řízení a inženýrská informatika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: *Geografické informační systémy a jejich využití v biologických vědách.*

Zásady pro vypracování:

1. Nastudovat doporučenou literaturu.
2. Vyhledat další aktuální literární prameny, zejména časopisecké a konferenční.
3. Vypracovat krátký přehled o obecné problematice GIS-ů.
4. Zpracovat stručný přehled o problematice měření výskytu těžkých kovů pomocí hub.
5. Zobecnit bod 4. na problematiku obecných biologických dat a dalších, například ekologických, měření a dat.
6. Na základě předchozího bodu navrhnout vhodný, dostatečně obecný model GIS-u, zpřístupňujícího uživateli data biologických, ekologických a dalších oblastí.
7. Implementovat prototypový systém zobrazující výskyt těžkých kovů na základě měření provedených MBÚ AV ČR jako internetovou aplikaci přístupnou široké veřejnosti, poskytující kromě vlastních měření také základní statistické přehledy (například ve formě grafů).

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo ukázat možné aplikace GIS-ů v oblasti biologických věd a realizovat pilotní implementaci ve vybrané oblasti.

V realizační části byl hlavní důraz kladen na webovou aplikaci, která přehlednou formou pomocí map, tabulek a grafů prezentuje výsledky biologických měření. Aplikace je dynamicky vytvářená a při její implementaci byla použita databáze MS Access. Reálná databáze, která byla použita, obsahuje cca 300 lokalit, na kterých byly prováděny odběry hub Mikrobiologickým ústavem Akademie věd České republiky v Praze. Zkoumal se obsah šesti kovů (hliník, berylium, kadmium, měď, olovo a zinek).

Diplomová práce prezentuje několikaletou práci, na téma obsahu těžkých kovů v dřevokazných houbách, Mikrobiologického ústavu a zpřístupňuje ji široké veřejnosti na internetu.

Abstract

The aim of the diploma thesis was to show possible applications of GIS in the area of biological sciences as well as to carry out a pilot implementation in this field.

During the realization the main emphasis was given on a web application, which clearly shows (through a help of maps, tables and diagrams) the results of biological measurings. This application has been created dynamically and it use database in implementation MS Access. The real database contains approx. 300 locations where different mushrooms by Institute Of Microbiology Of Academy Of Sciences Of Czech Republic were collected. Afterwards , content of aluminium, beryllium, cadmium, copper, lead and zinc was examined.

This thesis presents a several-year effort of The Institute of Microbiology in the research of the Concentrations of the heavy metals in wood-rotting fungi and offers its results to wide public via internet.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Júliu Štullerovi, CSc. za jeho rady a připomínky, kterými přispěl ke zdárnému vytvoření předkládané práce. Také bych rád poděkoval konzultantovi RNDr. Jiřímu Gabrielovi, DrSc. za uvedení do oblasti biologických věd, konkrétně do měření obsahu těžkých kovů pomocí dřevokazných hub. V neposlední řadě děkuji panu RNDr. Pavlu Piskačovi za mnoho podnětných informací týkajících se technického zpracování, přesněji ASP.

PROHLÁŠENÍ

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména §60 (školní dílo) a §35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo od mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 19.5.2004

Podpis:

L. Hroneš

Obsah

1	Úvod	12
1.1	Cíl diplomové práce	12
2	Geografické informační systémy	14
2.1	Úvod do GIS	14
2.2	Vymezení pojmu „GIS“	15
2.3	Historie geografických informačních systémů	17
2.3.1	První mapy	17
2.3.2	Canada Land Inventory a CGIS	17
2.3.3	GIS na univerzitách	18
2.3.4	Dálkový průzkum Země	18
2.3.5	Komerční produkty	18
2.3.6	Historie GISů v České Republice	19
2.4	GIS a jeho vztahy k jiným systémům	20
2.5	Geografická data	22
2.5.1	Typy geografických dat	22
2.5.2	Rozdělení datových typů	24
2.6	Datové modely v GISech	25
2.6.1	Vektorový model	25
2.6.2	Rastrový model	31
2.6.3	Porovnání rastrového a vektorového modelu prostorových dat	32
2.7	Způsoby získávání geografických dat a jejich zdroje	35
2.7.1	Zdroje dat	35
2.8	Vyžití GIS	36
2.9	Příklady GIS software	37
2.10	Závěr o GIS	40

3	Obsah těžkých kovů v dřevok. houbách	43
3.1	Úvod	43
3.2	Měření obsahu kovů v houbách	44
3.3	Využití experimentů	46
3.4	Stručný popis hub použitých při měření	47
3.5	Vliv těžkých kovů na životní prostředí a na člověka	52
3.5.1	Berylium	52
3.5.2	Kadmium	53
3.5.3	Měď	53
3.5.4	Olovo	54
4	Další biologická měření	55
4.1	Atmosferická depozice pomocí mečů	55
4.2	Transfer těžkých kovů z půdy do energetických rostlin	56
4.3	Kritické zátěže těžkých kovů na území České republiky	56
4.4	Rychle rostoucí dřeviny	58
4.5	Obsah těžkých kovů a biogenních prvků v jehlicích kleče a blatky	59
4.6	Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí	60
4.7	Shrnutí	60
5	Aplikace	61
5.1	Úvod	61
5.2	Definice souřadnic	61
5.3	Převod mezi systémy souřadnic	64
5.4	Webová prezentace	65
5.5	Grafy	72
5.6	Shrnutí	76
6	Závěr	77
7	Slovník, použité zkratky	78
8	Literatura	81

Seznam obrázků

2.1	Schéma GIS a ostatní počítačové systémy.	20
2.2	Typy geografických dat (podle Voženílek 1998).	23
2.3	Příklad rastrové a vektorové reprezentace.	25
2.4	Špagetový datový model.	26
2.5	Topologický datový model.	28
2.6	Hierarchický model: topologie čára - průsečík.	29
2.7	Hierarchický model: topologie plochy nalevo a napravo.	30
2.8	Hierarchický model: topologie plocha - čára.	30
2.9	Prostorové elementy uložené ve čtvercové mřížce.	32
3.1	Schéma jednopaprskového atomového absorpčního spektrometru.	45
3.2	Březovník obecný.	47
3.3	Sítkovec dubový.	48
3.4	Pevník obecný.	48
3.5	Klanolístka obecná.	49
3.6	Ucho Jidášovo.	49
3.7	Troudinatec pásovaný.	50
3.8	Lesklokorka obecná.	51
3.9	Outkovka chlupatá.	51
4.1	Vstup mědi do atmosféry zvětráváním hornin.	57
4.2	Vstup olova do atmosféry zvětráváním hornin.	57
5.1	Zeměpisné souřadnice	63
5.2	Převod souřadnice ze systému WGS-84 do S-JTSK.	64
5.3	Schéma úvodní webové stránky.	65
5.4	Rozdělení webové stránky.	66
5.5	Detail části ČR.	67

5.6	Schéma webové stránky po spojení s databází.	68
5.7	Tabulka sběrů vybraná podle konkrétního prvku.	68
5.8	Tabulka sběrů vybraná podle místa sběru.	70
5.9	Mapa ČR s vyznačenými místy sběru dřevokazných hub.	71
5.10	Průměrné obsahy hliníku v plodnicích ve vybraných lokalitách.	72
5.11	Průměrné obsahy berylia v plodnicích ve vybraných lokalitách.	73
5.12	Průměrné obsahy kadmia v plodnicích ve vybraných lokalitách.	73
5.13	Průměrné obsahy mědi v plodnicích ve vybraných lokalitách.	74
5.14	Průměrné obsahy olova v plodnicích ve vybraných lokalitách.	75
5.15	Průměrné obsahy zinek v plodnicích ve vybraných lokalitách.	75

Seznam tabulek

2.1 Výhody a nevýhody vektorového a rastrového modelu.	32
--	----

Přílohy

Příloha č.1: Hodnocení aplikace od zadavatele

Příloha č.2: Přiložené CD-ROM

Kapitola 1

Úvod

Staré přísloví praví: „Lepší informace vedou k lepším rozhodnutím.“

GIS samozřejmě není systém na přijímání rozhodnutí, ale nástroj pro dotazování a analýzu dat, který je významnou podporou pro rozhodující proces.

1.1 Cíl diplomové práce

Dnes, kdy žijeme v informační společnosti, nemůžou tuto skutečnost pominout ani biologické vědy. S rozvojem počítačové techniky se objevují nové nástroje, které mají široké uplatnění ve vědě i v běžném životě.

Cílem diplomové práce bylo ukázat možnosti využití geografických informačních systémů (GIS) v biologických vědách. Předkládaná práce může posloužit nejen botanikům, přírodovědcům, ale zejména pracovníkům zabývajícím se ochranou přírody, za účelem jejich seznámení se s touto technologií a jejími možnostmi.

Mou snahou je přístupnou formou, seznámit odborníky pracující s biologickými údaji s možnostmi prezentace, syntézy a analýzy biologických dat lokalizovaných v terénu.

Členění diplomové práce

Diplomová práce je rozdělena na několik částí, kapitol. Po úvodu je seznámení s geografickými informačními systémy (GIS), jejich členěním a historií. Jsou zde popsány geografická data, datové modely, dále využití GIS a příklady používaného softwaru. V další kapitole je přiblížena problematika výskytu těžkých kovů v dře-

vokazných houbách (a tím i v atmosféře) a metodika jejich měření. Na ni navazuje samostatná podkapitola vlivu těžkých kovů na člověka a životní prostředí. Díky možným následkům poškození lidského těla a okolní krajiny je důležité si uvědomit měření, pokusy a experimenty na dané téma. Data z předchozí kapitoly byla použita pro pilotní aplikaci zahrnující také webovou prezentaci. Ve čtvrté části je stručný přehled několika dalších měření, která se také zabývají obsahem těžkých kovů v ovzduší. V poslední kapitole je uvedena aplikace webové prezentace, včetně skriptu na převod geografických souřadnic mezi formáty WGS-84 a S-JTSK.

Použité softwarové vybavení

Diplomová práce je vysázena v L^AT_EXu. Tento profesionální sazecí systém zajistí odpovídající kvalitu a formátování požadavků kladených na publikaci typu diplomová práce.

Pilotní aplikace byla naprogramována na osobním počítači s konfigurací AMD Athlon XP 2400+, 512 MB DDR RAM, rozlišení 1024*768. Webové stránky byly odladěny pod operačním systémem Windows XP¹ se zabudovaným prohlížečem Microsoft Internet Explorer 6.0 (MIE). S ostatními prohlížeči je zajištěná kompatibilita, neboť stránky jsou napsané v ASP, což je skriptovací jazyk a ten zpracovává dotaz na straně serveru a nikoliv na straně klienta.

Jako textový editor byl použit WinEdt 5.3 s českým slovníkem (spellingem), pro tvorbu a úpravu obrázků, program od firmy Adobe, Photoshop 7.0 CZ. Dále T_EX-live 7.0 a několik programů v něm obsažených (cslatex, vlna, jpeg2ps, dvips, atd.).

¹Windows XP jsou produktem firmy Microsoft Corporation (<http://www.microsoft.com>)

Kapitola 2

Geografické informační systémy

2.1 Úvod do GIS

Geografické informační systémy (GIS) se v posledních letech staly integrovanou součástí nejen podnikových informačních systémů, ale pronikly také na Internet, a lze se s nimi setkat i na mobilních zařízeních. Vedle GIS specialistů, kteří pro svoji práci používají „stolní“ nebo „enterprise“ GIS, využívají služeb a možností GIS stále více i běžní laičtí uživatelé, kteří se s GIS mohou setkat na webu, případně stále častěji i na mobilních zařízeních, jako jsou notebooky, PDA či mobilní telefony.

Výsledkem činnosti GISů totiž nemusí být vždy nutně mapa. I slovní popis v mnoha případech stačí. Na mobilním telefonu s podporou WAPu se těžko zobrazí mapa, ale slovní popis, jak se dostat z jednoho místa na druhé, bude stačit. Na webu také při hledání nejvhodnějšího vlakového či autobusového spojení není potřeba náčrt. Většina informací obsahuje prostorovou složku, podle některých pramenů dokonce až 85 procent (např. „Kde najdu lékárnu, která má právě otevřeno?“ nebo „Ke které čerpací stanici dokáží ještě dojet?“, „Jak velkou oblast pokryje signálem?“). Geografické informační systémy jsou zvláštním druhem informačních systémů, které umožňují pracovat s geodaty a získávat z nich geoinformace.

Důkazem uvědomění si důležitosti geodat¹ a geoinformací² v České republice je například to, že projekt Národní geoinformační infrastruktury (NGII) byl v květnu roku 2000 zařazen mezi projekty informačních systémů státní správy a samosprávy Akčního plánu realizace státní informační politiky vlády ČR pro období 2002 - 2005. Výrazem NGII je v tomto případě vyjádřen „celek zahrnující geoinformační politiku

¹prostorová data

²získané prostorové informace

státu, geografická data, potřebné nástroje informačních a komunikačních technologií, technické normy, komunikační protokoly a specifikace, organizační a institucionální nástroje a rovněž zainteresované osoby“.

2.2 Vymezení pojmu „GIS“

GIS (Geographical Information System)

Jednoznačná a všeobecně přijatelná definice pojmu GIS zatím neexistuje. Nejčastěji používaná a obecně použitelná je definice firmy ESRI: „GIS je organizovaný soubor počítačového hardwaru, softwaru a geografických údajů (báze dat) navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací.“

Pro ilustraci je zde uvedeno ještě několik jiných definic:

T-MAPY spol. s r.o. (10/2003): „Geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací.“

Česká asociace pro geoinformace (10/2001): „Funkční celek, kterým se s využitím geoinformačních technologií získávají, uchovávají, zpracovávají a zpřístupňují geodata a geoinformace nebo který automatizovaně podporuje výkon určitých činností.“

Podle *Beckmannovy* (2000) definice je GIS nástrojem (např. ve společnosti, politice, správě, právu nebo hospodářství) pro dokumentaci, plánování a rozhodování ve vztahu vazby na pozemek a půdu (prostor). Sestává z banky geografických dat, postupů a metod, kterými jsou vytvářena aktualizována a analyzována modelová data, a rozhraní pro integraci a komunikaci s ostatními systémy. Základ tvoří jednotný prostorový vztažný systém.

Rapant (1999): „GIS je funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů a organizačního

kontextu zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy, modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa.“

Streit (1997) definuje GIS takto: „GIS je na počítačích založený informační systém na získávání, obhospodařování, analýzu, modelování a vizualizaci geoinformací. Geodata, která využívá, popisují geometrii, topologii, tematiku (atributy) a dynamiku (změny v čase) geoobjektů.“

Aronoff (1989): „Jakýkoliv soubor manuálních nebo počítačových procedur používaných k ukládání a manipulaci geograficky definovaných údajů.“

Parker (1989): „Informační technologie, která ukládá, analyzuje a zobrazuje prostorové a neprostorové údaje.“

Burrough (1986): „Soubor prostředků pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analyzování a zobrazování prostorových údajů z reálného světa ze tří hledisek:“

- jejich polohy vzhledem k definovanému souřadnicovému systému
- jejich popisných - atributových vlastností
- jejich prostorových vztahů k jiným objektům

Poznámka

Pro více specializované aplikace či softwarové produkty je někdy užito také specifických názvů, např.:

- *informační systémy o území* - **LIS** (Land Information Systems)
- *městské informační systémy* - **MIS** (Municipal Information Systems)
- *informační systémy o přírodních zdrojích* - **NRIS** (Natural Resources Information Systems)
- *informační systémy pro správu sítí* - **AM/FM** (Automated Mapping and Facility Management)

2.3 Historie geografických informačních systémů

2.3.1 První mapy

Každé odvětví má svoji historii a své pionýry, kteří objevovali nové a budovali základy dnešních oborů. Stejně je tomu u geoinformatiky, která je pozoruhodná svojí schopností propojování rozličných oborů.

První kreslené mapy jsou známy již v 13.stol. př.n.l. ze starověkého Egypta.

Člověk nejprve zvládl postupy grafického záznamu, teprve později si osvojil i postupy textové. Oba tyto způsoby záznamu informací se však po velmi dlouhou dobu vyvíjeli odděleně. Jako první případ užšího propojení grafických a textových postupů je uváděn katastr nemovitostí, který je tvořen dvěma částmi:

- *katastrálními mapami* (grafická část)
- *písemným aparátem* (část textová)

Lze jej tedy označit za „první reálný GIS“.

Počítačové GISy v dnešním pojetí začaly být využívány v 60. letech tohoto století. Většina významných řešení v oblasti GIS byla uskutečněna v severní Americe. Mimořádnou úlohu ve vývoji těchto systémů sehrály zejména následující organizace:

- US Bureau of the Census
- US Geological Survey
- Harvard Laboratory for Computer Graphics
- Experimental Cartography Unit

2.3.2 Canada Land Inventory a CGIS

Úplně první GIS vznikl v polovině šedesátých let 20.století v Kanadě. Kanadská federální vláda společně s provinčními vládami chtěla identifikovat národní územní zdroje a jejich využitelný potenciál. Prvotním výsledkem projektu Canada Land Inventory (CLI), zahájeného v roce 1963, byla možnost určení výměr ploch, což je úloha, která je nad papírovou mapou proveditelná velmi nepřesně. Nástroj pro účely měření ploch a generování přehledových tabulek nazvaný CGIS (Canada Geographic Information System) byl vyvinut týmem vedeným Foyerem Tomlinsonem. V roce 1971 byl CGIS plně funkční.

2.3.3 GIS na univerzitách

K vývoji GISu v šedesátých letech přispěly významnou měrou i univerzitní laboratoře. V roce 1966 vytvořil Howard Fisher první aplikaci pro automatizovanou práci s mapami. Aplikaci nazvanou SYMAP (Synagraphic Mapping System) začal vyvíjet na Northwestern Technology Institute a dokončil ji v Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis na Harvardské univerzitě. V této laboratoři také začal vznikat projekt, který v roce 1979 krystalizoval v ODYSSEY GIS, první moderní GIS pracující s vektorovým formátem dat.

2.3.4 Dálkový průzkum Země

Ke GIS neodmyslitelně patří i dálkový průzkum Země (DPZ) - jako zdroj technologický a především jako datový zdroj. První vojenské družice v padesátých letech byly vyvíjeny a vypouštěny ve velkém utajení a po odtajnění materiálů se ukazuje, že vojenské organizace a výzvědné služby sehrály pro vývoj GIS rovněž svoji roli. První satelity sice využívaly pro záznam film, ale již v šedesátých letech vstupuje do hry digitální dálkový průzkum. V roce 1972 je do vesmíru vypuštěn Landsat 1, první satelit v rámci civilního systému DPZ.

Družicové a letecké snímky jsou hlavním zdrojem geografických dat. Dálkový průzkum zahrnuje techniky pro získávání a zpracování levných dat, která vypovídají o celé Zemi, a mohou být konzistentně aktualizována. Mnoho systémů pro analýzu obrazů obsahuje sofistikované analytické funkce. Interpretace dat z dálkového průzkumu může být spojena s různými datovými vrstvami GIS.

2.3.5 Komerční produkty

První GIS softwarové balíky byly, obdobně jako tomu bylo u ostatních programů v 60. letech, vyvíjeny pro speciální účely a vyžadovaly sálové počítače, které byly obtížně přístupné. V roce 1969 byly založeny dvě nejvýznamnější firmy na poli GIS - ESRI a Intergraph. Firma ESRI (zkratka z Environmental Systems Research Institute) byla založena Jackem a Laurou Dangermondovými za účelem poskytování konzultačních služeb. Jim Meadlock a jeho čtyři společníci ve stejném roce založili firmu M&S Computing, poskytující konzultační podporu vládním organizacím.

Firma byla v roce 1980 přejmenována z důvodu zaměření na počítačovou grafiku na Intergraph (zkratka z Interactive Graphics).

Podrobnější informace ohledně softwaru GIS se nachází v samostatné kapitole.

2.3.6 Historie GISů v České Republice

Problematiku GISů přivedl do české vědy doc. Konečný z Masarykovy Univerzity v Brně (tehdy UJEP Brno) na počátku 80.let. První GIS v České republice byl použit při řešení komplexního geografického výzkumu v oblasti Rosice-Oslavany. Systém byl orientován na potřeby vlastního geografického výzkumu i pro potřeby praxe. Byl sestaven v jazyku FORTRAN a pracoval na sálovém počítači EC 1033 v Ústavu výpočetní techniky Masarykovy Univerzity v Brně.

V další etapě vývoje GISů, komercializace GISů (1982 - 1990), byli minimální zkušenosti s využitím GISů v České republice, přestože tehdejší Československo mělo dlouhou tradici ve vývoji územních informačních systémů. Zejména lze připomenout ideu integrovaného informačního systému o území (ISÚ), který vyvíjel TERPLAN Praha (resp. URBION Bratislava) od počátku sedmdesátých let, nebo Automatizovaný informační systém geodézie a kartografie ze stejné doby. Kromě nich vznikla řada územně orientovaných informačních systémů, zpravidla na podnikové úrovni.

Tyto systémy však nedosahovaly světové úrovně vinou obecných problémů malé komputelizace celé společnosti. Bylo pro ně typické, že vznikaly v prostředí relativně nevýkonné výpočetní techniky, měly většinou agentovou povahu a nebyly legislativně řádně zabezpečeny. Jedním z podstatných omezení byla především možnost používat pouze sálové počítače a pasivní počítačovou grafiku.

Zvrat přinesla až dostupnost nové techniky: pracovních stanic a osobních počítačů, interaktivní grafika. V těchto nových podmínkách bylo možné provozovat výkonné grafické systémy, od vyspělých grafických editorů (AutoCAD, MicroStation), přes integrované řešení oborově orientovaných úloh (KOKES, ATLAS) až po náročné systémy s důrazem na analytické operace (ARC/INFO, MGE).

Po částečném zrušení embarga se začátkem 90.let začaly GISy více používat i ve střední a východní Evropě. Další problém byl operační systém, který byl vždy vytvořen pro konkrétní hardwarovou konfiguraci počítače. Zlom nastal s operačním systémem UNIX, který zlomil politiku monopolu speciálního hardwaru. Bylo možné ho získat za nízkou cenu a přenášet jej na vlastní hardware snadno a rychle.

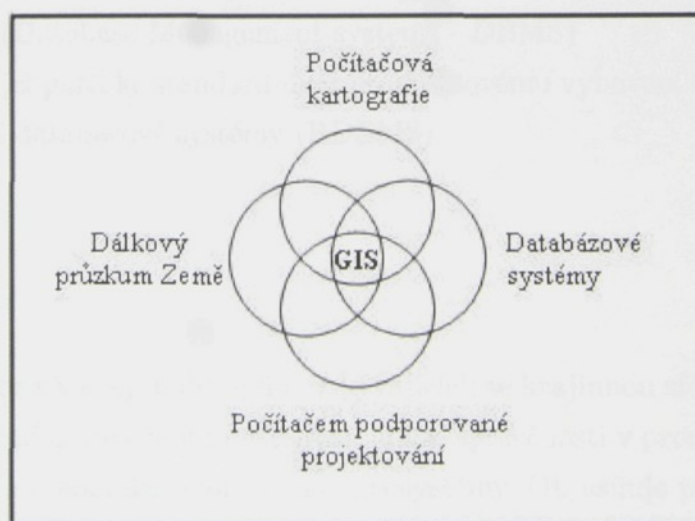
V české odborné literatuře se častěji objevují aplikace GISů od roku 1991, kdy se v Brně konala první mezinárodní konference o GISech, přestože první vysokoškolské učební texty vyšly v Brně již v roce 1985 (Konečný 1985). Autory studií jsou především pracovníci vysokých škol, ústavů Akademie věd ČR a distributoři informačních systémů, kteří prezentují své výsledky především na národních a mezinárodních konferencích, seminářích a sympoziích (např. Konečný 1994, Voženílek 1995).

Průběh tvorby a zavádění GISů v České republice zaznamenal v období přibližně od roku 1992 některé dílčí úspěchy. Jako celek však zůstal jeho velký význam zásadně nepochopen jak na úrovni vlády, ministerstev, parlamentu, ale i dalších řídicích složek, např. státní správy a samosprávy.

2.4 GIS a jeho vztahy k jiným systémům

GIS je oblastí, ve které se setkávají nové technologie s tradičními disciplínami. GIS nabízí přístup k prostorovým datům širokému spektru disciplín. Každá z disciplín poskytuje něco ze svých technik a tím se podílí na výsledné podobě GISu. GIS umožňuje modelovat, integrovat data a analyzovat data.

Vztah GIS k ostatním počítačovým systémům je možné charakterizovat pomocí schématu obr. 2.1.



Obrázek 2.1: Schéma GIS a ostatní počítačové systémy.

Jmenovitě je možné uvést následující:

Počítačem podporované projektování (Computer Aided Design - CAD)

Systémy pro počítačem podporované navrhování a konstruování, disponují velice účinnými grafickými funkcemi (přesné kreslení, kótování,), u zpracovávaných prvků se však neberou příliš v úvahu jejich prostorové vztahy - tzv. topologii. Byly vytvořeny pro návrh a kreslení dvoj a trojrozměrných objektů. Obvykle mají jen symbolické propojení s databází, která obsahuje např. seznamy součástí a jejich cen. Využívají jen jednoduché topologické vztahy.

Počítačová kartografie (Computer Aided Mapping - CAM)

Počítačem podporované mapování. Tyto systémy se soustřeďují na sběr, klasifikaci a zobrazování geoúdajů. Největší pozornost je věnována sběru dat a přesným geodetickým výpočtům. Data jsou napojena na databázi, operace s nimi se však omezují pouze na vyhledávání.

Dálkový průzkum Země (Remote Sensing - RS)

Obor, který se zabývá pořizováním a vyhodnocováním leteckých a družicových snímků. Tyto systémy jsou rastrově založené a pracují se speciálními vstupními perifériemi (digitální kamery, senzory atd.)

Databázové systémy (Database Management systems - DBMS)

V současné době již patří ke standardnímu programovému vybavení GIS, nejvíce jsou rozšířeny relační databázové systémy (RDBMS).

Dále je možné uvést:

Geografie

Geografie je soubor vědeckých disciplín, zabývajících se krajinnou sférou, vztahy mezi systémem přírodním prostředím a systémem lidské společnosti v prostoru a čase, jejich složkami a dílčími komplexními útvary geosystémy. Objasňuje pravidelnosti a zákonitosti v rozmístění kvalitativně různých jevů se zaměřením na vzájemné působení společnosti a přírodního prostředí.

Kartografie

Zabývá se zobrazením prostorových informací. V současnosti poskytuje hlavní zdroj vstupních dat pro GIS - mapy. Má dlouhou tradici v návrzích map, které jsou důležitým výstupem z GIS.

Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je nauka zabývající se určením tvaru, rozměru a polohy předmětů zobrazených na snímcích a jejich digitální zpracování. Letecká fotogrammetrie se zabývá vyhodnocením snímků zhotovených například z letadla.

Zeměměřičství a geodézie

Poskytují přesná měření polohy hranic územních celků, staveb, a dalších prvků katastru, měření dalších technických dat (poloha inženýrských sítí, komunikačních sítí, podklady pro pasporty zeleně, komunikací a dalších dat). Vytváří podklady pro přesné zasazení (lícování) dat získaných z jiných zdrojů do kartografického souřadného systému.

Statistika

Některé modely vytvořené pomocí GIS jsou svou podstatou statistické. Právě v analýzách geografických dat jsou užívány statistické metody. Statistika umožňuje porozumět zdrojům a výskytům chyb a nejistotě v datech GIS.

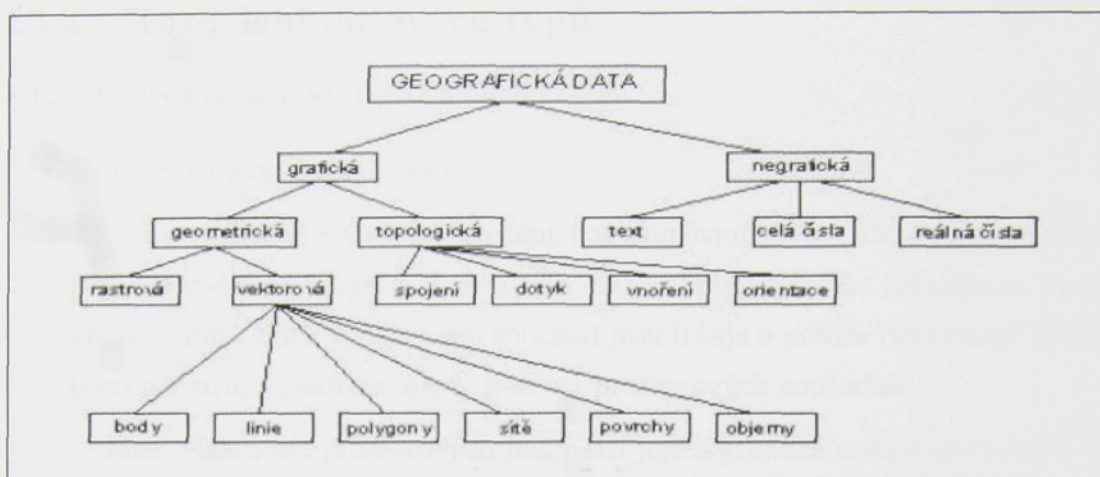
Matematika

V GIS je využito několik matematických oborů (geometrie, algebra, teorie grafů) pro návrh systému a v analýzách prostorových dat.

2.5 Geografická data

2.5.1 Typy geografických dat

Vyjádření a popis geografických entit v GIS jsou založeny na dvou různých typech digitálních dat (viz. obr. 2.2 na následující stránce): *grafických* (prostorových) a *negrafických* (neprostorových, tematických), které nazýváme také atributy.



Obrázek 2.2: Typy geografických dat (podle Voženílek 1998).

Grafická data popisují ve zvoleném souřadnicovém systému prostorové umístění (tzv. *geometrická*) a vzájemný vztah entit a jejich částí (tzv. *topologická*³).

Geometrická data dělíme na

- *vektorová*
- *rastrová*

Jsou to dva základní formáty digitálních dat odlišující od sebe jednotlivé systémy. Vektorová i rastrová reprezentace dat mají každá své výhody i nevýhody. Každá z nich je vhodná pro určitý typ informací a analýz.

Mezi těmito daty rozlišujeme čtyři základní topologické vztahy:

- *spojitost* (konektivitu)
- *dotyk* (sousednost)
- *vnoření* (obsahovost)
- *orientace* (směr)

Negrafická data jsou údaje vztahované ke geografickým objektům (názvy, rozměry, časové údaje, vlastnické vztahy atd.). Popisují vlastnosti jednotlivých geografických entit. Jednou z největších předností GIS je vzájemné propojení grafických a negrafických dat.

³Topologie je obor matematiky, zabývající se explicitním definováním prostorových vztahů, je to geometrie „relativní prostorové polohy“

2.5.2 Rozdělení datových typů

Data v GISech se dělí do tří základních skupin:

- *Prostorová data* (spatial data)

Tvoří přibližně osmdesát procent dat používaných v GIS. Prostorová data jsou abstrahované (zjednodušené) objekty reality, které lze lokalizovat na povrchu Země. Jejich významnou součástí jsou údaje o poloze (vzájemné rozmístění) a tvaru, vyjádřené např. pomocí prostorových souřadnic.

Mezi vlastnosti prostorových dat patří jejich grafická znázornitelnost v podobě mapy, jsou vázána stejným souřadnicovým systémem, jsou přehledná (snadná kontrola), jsou názorná (jednoduchá interpretace).

Existují dvě základní složky prostorových dat: polohová a významová.

- *Polohovou* (grafickou) lze vyjádřit v souřadnicích a měřit délkovými, plošnými či objemovými jednotkami. Popisuje umístění a tvar objektu, vzájemné vztahy.
- *Významová* (atribut) složka určuje význam přisouzený grafickému objektu (balíku souřadnic), čili známá hodnota, kterou je třeba umístit do prostoru. Často je vyjádřena alfanumericky (text, tabulka, databáze) a v mapě znázorněna symboly, legendou.

- *Tabulková data* (tabular data)

Data ve formě tabulek jsou v systémech GIS téměř nedílnou součástí dat prostorových. Obsahují dodatečné informace o geografických objektech (např. názvy objektů, demografické statistiky oblastí, poštovní adresy,...).

- *Obrazová data* (image data)

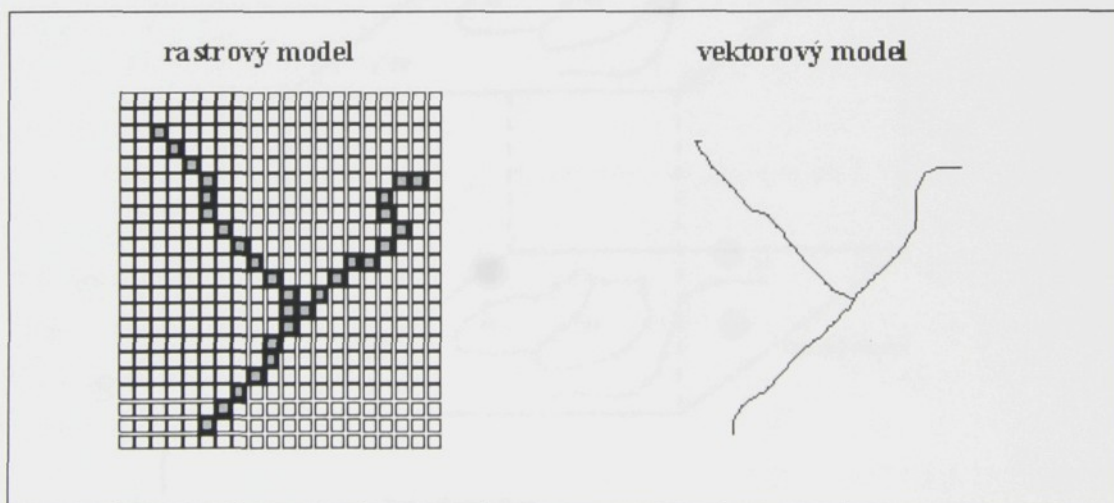
Obrazová data jsou různorodého charakteru. Jsou to např. satelitní snímky, letecké fotografie, skenovaný materiál (mapy,...). Obrazové informace se také používají v digitálních mapách - např. Mapa Prahy obsahuje jednak letecké snímky města (kombinované s vektorovou mapou), ale i fotografie jednotlivých památek.

2.6 Datové modely v GISech

Základními modely prostorové složky geografických dat jsou rastrové a vektorové modely.

- *Rastrový model* dělí modelovanou oblast do pravoúhlé sítě buněk, každá buňka obsahuje jednotlivou hodnotu sledovaného údaje. Buňce odpovídá plocha sledované oblasti (území). Jedna množina buněk spolu s asociovanými hodnotami vytváří vrstvu. V databázi může být uloženo mnoho vrstev.
- *Vektorový model* využívá pro vymezení lokalizace diskrétní bodové nebo liniové elementy - úsečky. Diskrétní objekty vektorového datového modelu vznikají spojením úseček. Na rozdíl o rastrového datového modelu nemusí vektorový datový model pokrývat celé území.

Rastrový model říká, co se vyskytuje kdekoli - v každém místě oblasti, vektorový model říká, kde se cokoliv vyskytuje, zobrazuje umístění každého objektu (viz obr. 2.3).



Obrázek 2.3: Příklad rastrové a vektorové reprezentace.

2.6.1 Vektorový model

Ve vektorovém modelu představuje každý geografický objekt řádku v tabulce a jeho tvar je reprezentován souřadnicemi. Objekty mohou být diskrétní lokace, linie nebo oblasti.

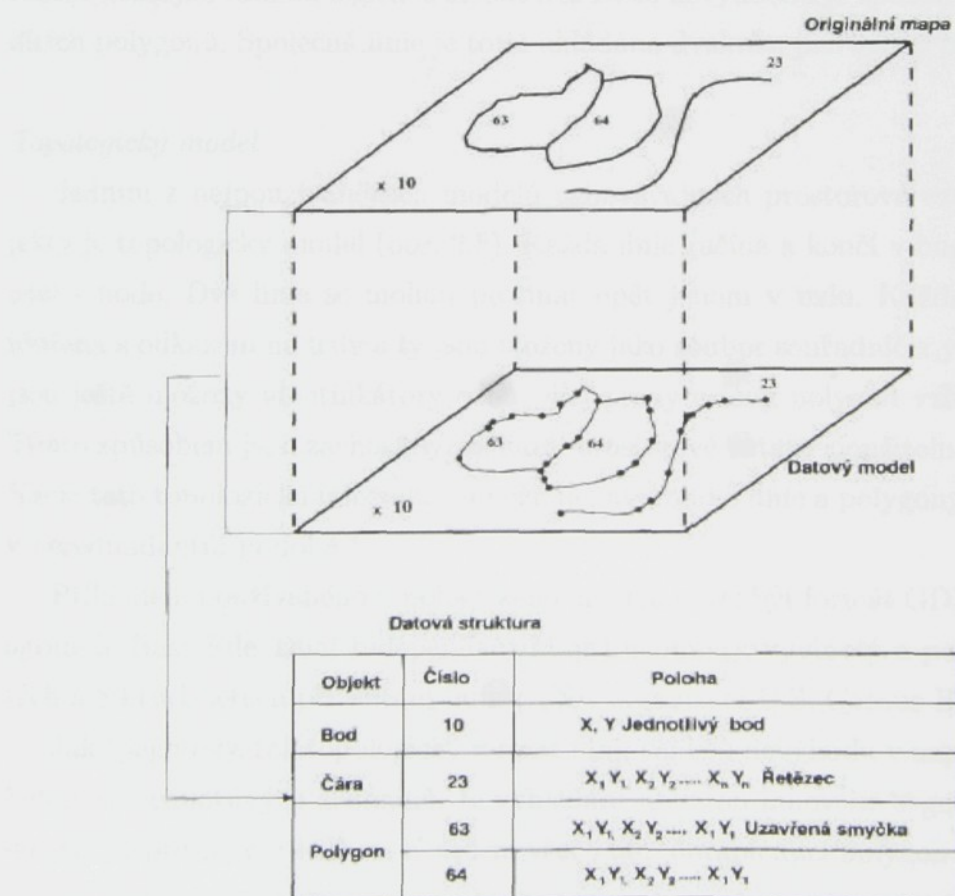
Diskrétní lokace (např. poštovní adresa) je ve vektorovém modelu reprezentována párem souřadnic (x, y). Linie, reprezentující například silnice nebo říční toky jsou reprezentovány jako série párů souřadnic. Oblasti jsou definovány svými hranicemi a reprezentovány uzavřenými polygony (mnohoúhelníky).

Data ve vektorovém modelu

Většina použitelných vektorových datových struktur může být v podstatě zařazena do jednoho z následujících typů:

- Špagetový model
- Topologický model
- Hierarchický model

Špagetový model



Obrázek 2.4: Špagetový datový model.

Pojem špagetový model (obr. 2.4 na předchozí stránce) vektorových dat je odvozen od způsobu digitalizace papírové mapy a uchování digitalizovaných dat. Papírová mapa je převedena po čarách do posloupností bodů definovaných souřadnicemi X a Y - struktur typu lomená čára. Bodové prvky jsou převedeny do dvojic souřadnic - struktur typu bod. Soubor lomených čar a bodů nemá žádnou vnitřní strukturu - odtud termín špagetový model.

Špagetový model je jednoduchá struktura vhodná pro počítačovou reprodukci map, ale i pro uchovávání prostorových dat, se kterými nebudou prováděny prostorové operace, a které mají charakter pozadí - podkladu pro práci s jinými prostorovými daty.

Výhodou špagetového modelu je levná údržba prostorových dat.

Nevýhoda spočívá v tom, že ačkoli jsou všechny objekty v prostoru definovány, struktura neposkytuje informace o vztazích mezi objekty, je to soubor řetězců souřadnic nemající žádnou logickou strukturu. Další nevýhodou je způsob uložení sousedících polygonů. Společná linie je totiž ukládána dvakrát, pro každý polygon zvlášť.

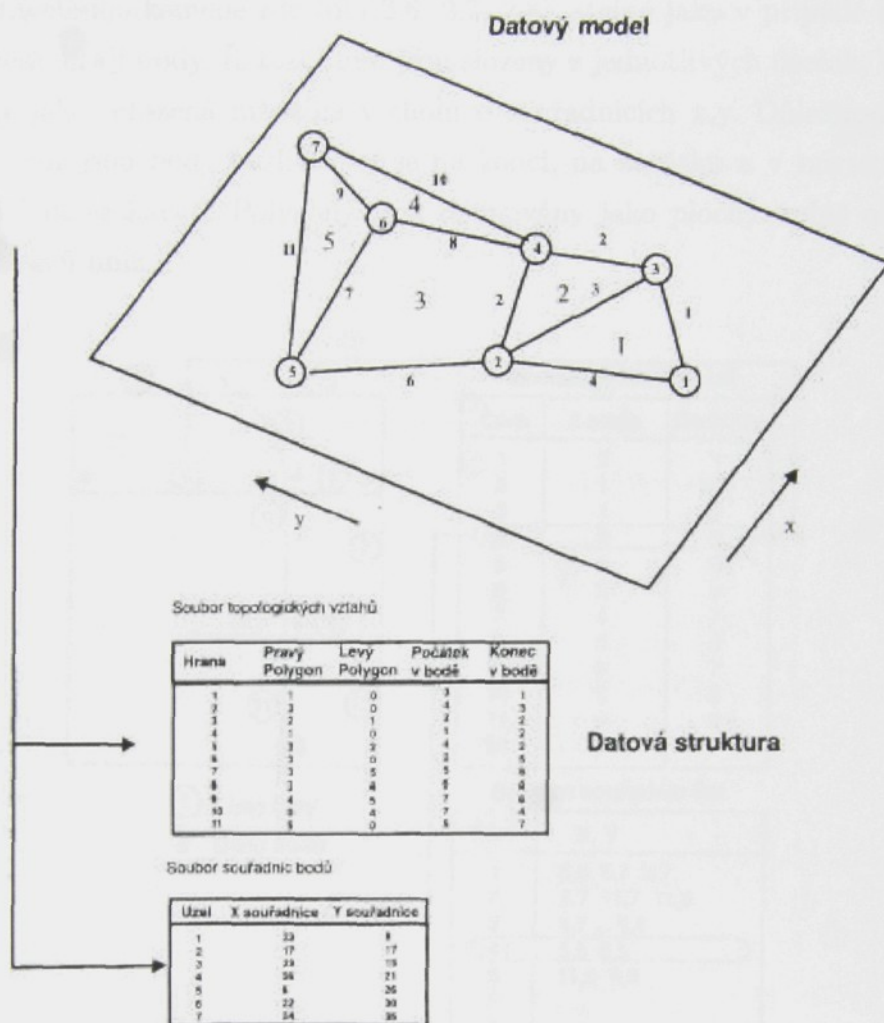
Topologický model

Jedním z nejpoužívanějších modelů uchovávajících prostorové vztahy mezi objekty je topologický model (obr. 2.5). Každá linie začíná a končí v bodě nazývaném uzel - node. Dvě linie se mohou protínat opět jenom v uzlu. Každá část linie je uložena s odkazem na uzly a ty jsou uloženy jako soubor souřadnic x,y. Ve struktuře jsou ještě uloženy identifikátory označující pravý a levý polygon vzhledem k linii. Tímto způsobem jsou zachovány základní prostorové vztahy použitelné pro analýzy. Navíc tato topologická informace umožňuje, aby body, linie a polygony byly uloženy v neredundantní podobě ⁴.

Příkladem používaného topologického modelu může být formát GDF/DIME (Geographic Base File/Dual Independent Map Encoding), vyvinutý a používaný v 70-tých a 80-tých letech při sčítání lidu v USA organizací U.S. Census Bureau [2].

Jak špagetový, tak topologický formát mají velkou nevýhodu v naprosté neuspořádanosti jednotlivých záznamů. K vyhledání určitého liniového segmentu je třeba sekvenčně projít celý soubor. K určení všech linií ohraňujících polygon je třeba tento soubor projít několikrát.

⁴hospodárný, nenadbytečný, nepřebytný

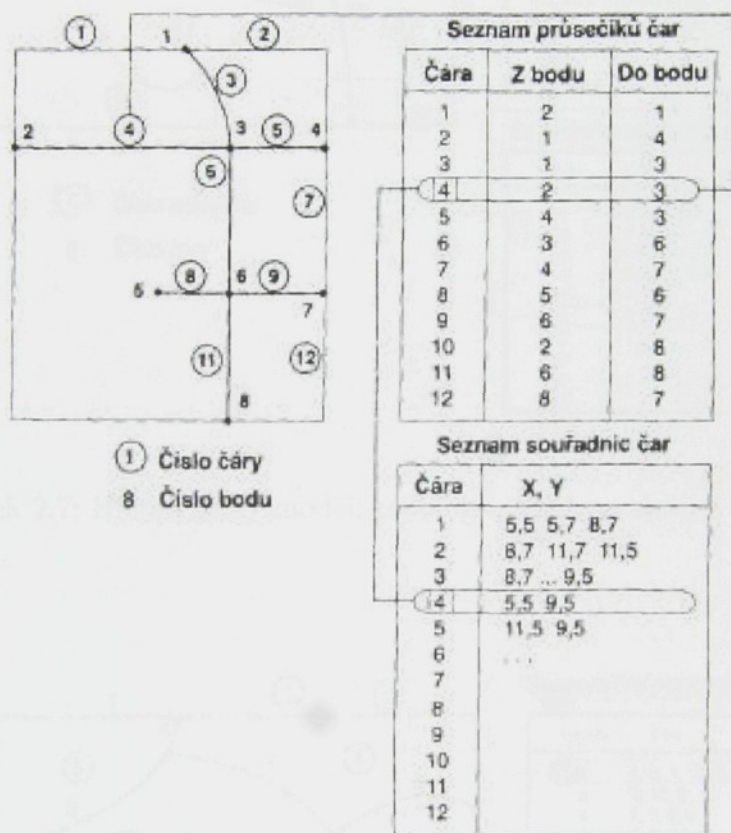


Obrázek 2.5: Topologický datový model.

Hierarchický model

Tento model odstraňuje neefektivnost při vyhledávání v jednodušším topologickém modelu pomocí ukládání tzv. v logicky hierarchické podobě. Vzhledem k tomu, že polygony se skládají z linií, které odpovídají jejich hranicím, a linie se skládají ze souboru bodů, jsou do modelu zahrnuty odkazy mezi jednotlivými druhy objektů (polygony, liniemi a body). Tyto odkazy pak umožňují mnohem snadnější vyhledávání jednotlivých objektů než v případě topologického modelu. Hierarchický model obvykle také obsahuje topologickou informaci.

Roli stavebního kamene zde (obr.2.6, 2.7, 2.8), stejně jako v případě topologického modelu, hrají body. Řetězce linií jsou složeny z jednotlivých úseček, které jsou definovány jako seřazená množina vrcholů o souřadnicích x,y . Důležitou roli pak hrají uzly, což jsou body vyskytující se na konci, na začátku a v místech, kde se jednotlivé linie setkávají. Polygony jsou definovány jako plochy úplně ohraničené pomocí řetězců linií.

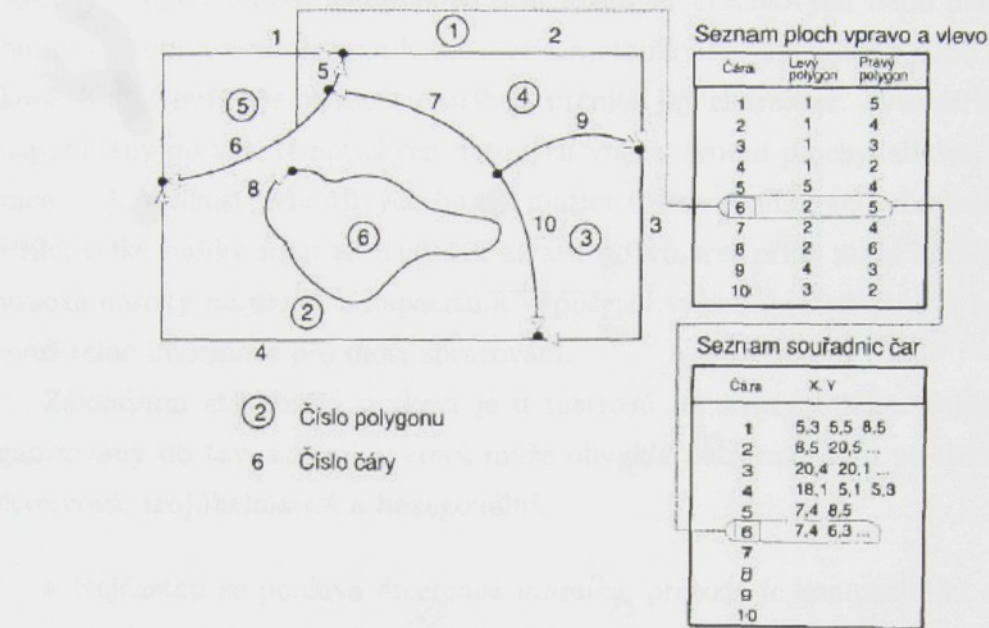


Obrázek 2.6: Hierarchický model: topologie čára - průsečík.

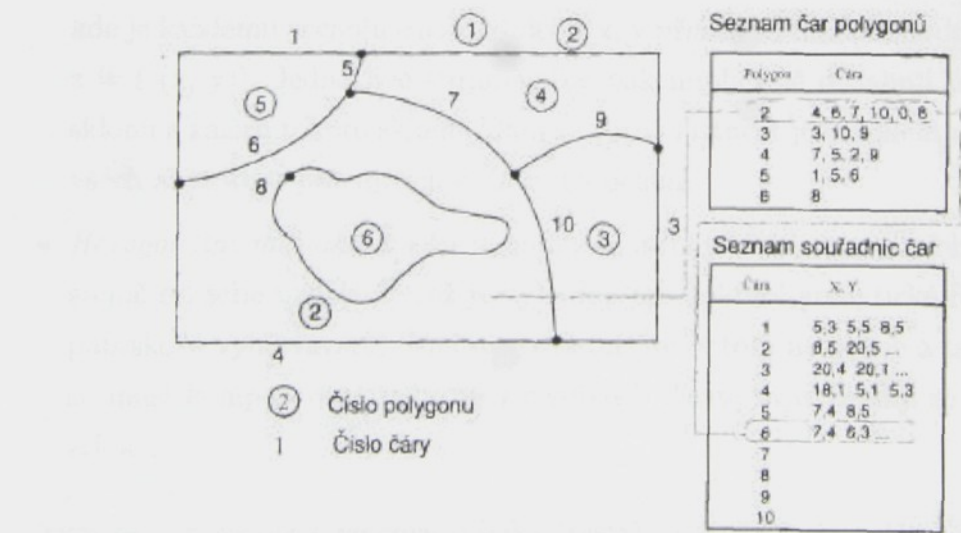
Hierarchický vektorový model nabízí výhody oproti topologickému modelu především při vyhledávání a manipulaci. Rozdělení polygonů, linií a bodů do různých souborů umožní při vyhledávání použít pouze část datových struktur. Například při vyhledání sousedních polygonů se použijí jenom data pro polygony a linie. Hodnoty souřadnic není nutné použít až do doby, kdy přímo s nimi se provádí nějaká operace (např. vykreslování či měření vzdálenosti).

Příkladem hierarchického modelu může být datová struktura TIGER (Topolo-

gically Integrated Geographic Encoding and Referencing) vyvinutá jako nástupce GDF/DIME pro sčítání lidu v USA v devadesátých letech [2].



Obrázek 2.7: Hierarchický model: topologie plochy nalevo a napravo.



Obrázek 2.8: Hierarchický model: topologie plocha - čára.

2.6.2 Rastrový model

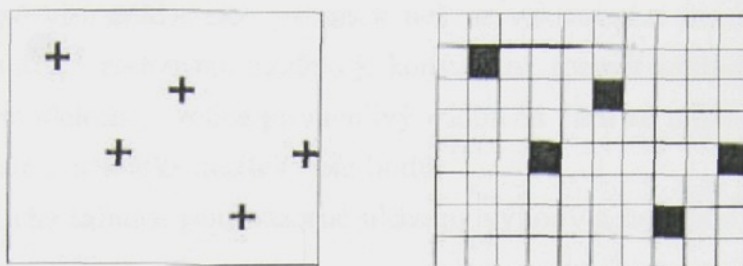
Rastrová data reprezentují geografické jevy jako matici buněk ve spojitém prostoru. V nejjednodušší formě je to pravidelná síť čtvercových nebo obdélníkových buněk (pixelů), složitější implementace mají buňky trojúhelníkové nebo šestiúhelníkové. Každé buňce je přisouzen atribut, určující její charakter. Tyto atributy bývají uspořádány do tzv. tématických datových vrstev (vodní plochy, silnice, druh vegetace, ...). Velikost jednotlivých buněk matice určuje rozlišovací schopnost systému. Příliš velké buňky mají za následek ztrátu informace, příliš malé buňky mají zase vysoké nároky na úložnou kapacitu a výpočetní výkon - ne vždy však přináší další využitelné informace pro další zpracování.

Základním stavebním prvkem je u rastrové struktury buňka. Buňky jsou organizovány do tzv. mozaiky, která může obvykle nabývat jeden ze třech rozměrů: čtvercová, trojúhelníková a hexagonální.

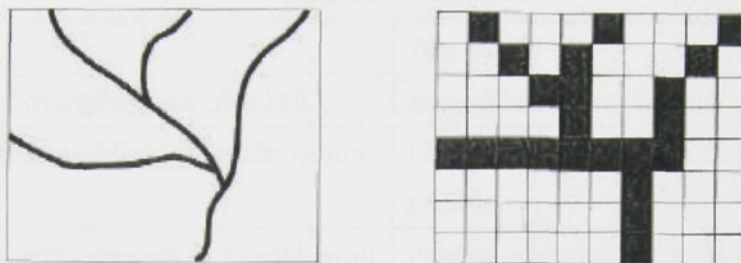
- Nejčastěji se používá *čtvercová mozaika*, protože je kompatibilní s datovými strukturami programovacích jazyků používaných pro tvorbu GIS softwaru. Je kompatibilní s mnoha zařízeními pro vstup a výstup dat (monitory, scannery, plottery). Je slučitelný s kartézským souřadným systémem.
- *Trojúhelníková mozaika*, má tu unikátní vlastnost, že jednotlivé buňky nemají stejnou orientaci, což je výhoda při reprezentování digitálního modelu terénu, kde je každému vrcholu o souřadnicích x, y přiřazena funkční hodnota z (výška $z = f(x, y)$). Jednotlivé trojúhelníky pak implicitně obsahují údaje o svém sklonu a směru tohoto sklonu. Daní za tuto vlastnost je mnohem větší složitost všech algoritmů pracujících s tímto modelem.
- *Hexagonální mozaika* má tu výhodu, že středy všech sousedních buněk jsou stejně od sebe vzdálené, což je výhodné pro některé analytické funkce (např. paprskové vyhledávání). Ve čtvercové mřížce je toto nemožné a tato vlastnost se musí kompenzovat nebo se zanedbává. Tento tvar buňky se používá jen zřídka.

Nyní se je popsána čtvercová mřížka (rastr), protože ta je nejčastěji používaná (obr. 2.9).

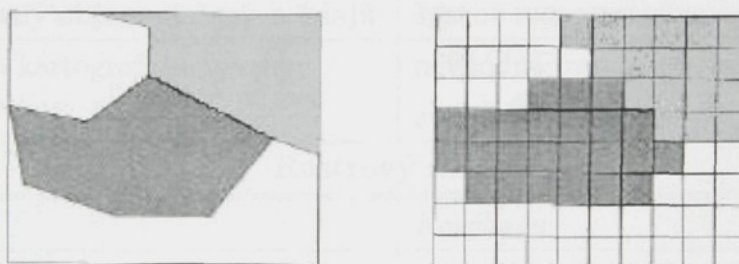
Topologie je v rastrovém modelu definována implicitně (je jasné, kdo je čí soused), tudíž není nutné ji explicitně ukládat jako pro vektorový model.



Příklad uložení bodů v čtvercové mřížce



Příklad uložení linie v čtvercové mřížce



Příklad uložení plochy v čtvercové mřížce

Obrázek 2.9: Prostorové elementy uložené ve čtvercové mřížce.

Stejně jako vektorový model, rastrová datová struktura může nést informaci o bodech, liniích a plochách. Bod odpovídá řadě spojených buněk se stejnou hodnotou a plocha odpovídá skupině navzájem sousedících buněk s identickou velikostí.

2.6.3 Porovnání rastrového a vektorového modelu prostorových dat

V obou modelech je prostorová informace reprezentována základními (homogenními) jednotkami. V rastrových modelech jsou to pixely (buňky), ve vektorových modelech jsou homogenními jednotkami body, lomené čáry a polygony. Pokud rastrový a vektorový model popisují shodné území ve srovnatelné přesnosti, je v rastrovém

Volba datového modelu prostorových dat a datového modelu popisných dat je dána následujícími požadavky na vlastnosti implementace GIS:

- *stupněm integrace geografického informačního systému do „vnějšího“ informačního systému* (datový model GIS musí být přizpůsoben okolí, pokud je GIS komponentou širšího informačního systému)
- *základní architekturou informačního systému* – centralizovaný x distribuovaný systém (komunikace v distribuovaném systému je složitější a tedy nevýhodná pro komplikované datové modely)
- *cenou pořízení dat a cenou údržby dat* ve zvoleném modelu (pořízení i údržba dat ve složitějších modelech je dražší)
- *softwarovým vybavením*, které je k dispozici

Volba mezi rastrovým nebo vektorovým GIS není řešením otázky, který je lepší, ale otázky, za jakých podmínek je kterých z nich výhodnější a jakou máme možnost využít nejvhodnější řešení v konkrétních případech.

Existují tři oblasti pohledů pro výběr vhodného modelu dat:

- přesnost souřadnic
- rychlost analytických funkcí
- požadavky na velikost paměti

Zmíněné oblasti jsou zde blíže popsány.

Přesnost souřadnic

U rastru závisí na přesnosti pořízení dat (družicového snímku, skenovacího zařízení), obtížně se reprezentují liniové objekty s malým průměrem. U rastru není často známo, jaký vztah má poloha hraničních bodů nebo středu buňky k reálnému kartografickému souřadnému systému. U vektorových dat může být přesnost prakticky libovolná, závisí pouze na metodě reprezentace souřadnic (počet bitů na jednu souřadnici) a na velikosti zobrazovaného území, velká přesnost však často nemá smysl, je nutné zohlednit vlastnosti vstupujících dat. Přesnost vektorových dat se uplatní při zpracování dat z přesných geodetických měření, při vytváření map z těchto měření. Některé jevy (hranice parcel, administrativních jednotek, osy vedení inženýrských

sítí) jsou vhodné pro reprezentaci vektory s velkou přesností, u některých jevů (hranice druhů lesních porostů, rozšíření živočichů a pod.) jsou přesné hranice zavádějící.

Rychlost analytických funkcí

Rastrová data mohou být velmi rychle zpracovány při odpovědích na většinu analytických dotazů včetně překryvů (vrstev), blízkosti, často stačí porovnání buněk v různých vrstvách. Ve vektorových systémech je pro stejné odpovědi vyžadována větší výpočetní kapacita - musí být řešeny komplexní geometrické problémy například výpočet polohy a průsečíku dvou úseček. Při výpočtech průniků polygonů vznikají singulární polygony.

Požadavky na velikost paměti

V nejjednodušším režimu vyžadují rastrová data na jednu buňku jeden nebo dva bity. Rastrová data je možné komprimovat několika metodami, stupeň komprese závisí na prostorové proměnlivosti dat. U vektorových dat jsou nároky na paměť malé, závisí na složitosti objektů a přesnosti souřadnic.

2.7 Způsoby získávání geografických dat a jejich zdroje

2.7.1 Zdroje dat

Vkládání dat do systému bývá velmi časově náročnou součástí práce v prostředí GIS. Musí být specifikována data, týkající se jednotlivých objektů na mapě a propojena s daty prostorovými. Automatizovaný proces digitalizace bývá nespolehlivý - moucha připlácnutá na mapě může po naskenování být identifikována jako např. jezero nebo les.

Efektivní pořízení kvalitních dat předurčuje kvalitu GIS. Vstupní data pro GIS mohou být v zásadě z těchto zdrojů:

- schémata z CAD systémů
- videozáznamy a diapozitivy
- komerčně dostupná digitální data (vektor a/nebo rastr)
- stávající mapy, diagramy, výkresy
- původní geodetické údaje (letecké, pozemní, podpovrchové, oceanické a GPS)

- letecké fotografie a družicové snímky
- stávající data v digitální podobě, soubory, databázové tabulky a tabulkové editory
- kopie dokumentů, knih a souborů
- modely terénu
- údaje z jiných systémů GIS ministerstvo hospodářství

Je samozřejmé, že ne se všemi takto získanými daty lze ihned budovat GIS. Právě v této fázi nastupují různé technologie zpracování dat např. digitalizace, skenování, vektorizace, převod různých formátů, zpracování obrazu, fotogrammetrie⁵, dávkový vstup dat atd.

2.8 Vyžití GIS

Tvorba map

Tvorba map je jednou ze základních činností, pro kterou byl GIS vytvořen. Základní báze dat užívaných v GIS (prostorová data a databáze) jsou v podstatě hotovou mapou. Výsledný vzhled mapy závisí v podstatě pouze na interpretaci těchto dat. Není proto problém vyrobit mapu v jakémkoliv měřítku nebo zobrazit, či zvýraznit pouze požadované geografické objekty (datové vrstvy).

Analýza

Druhou, velmi podstatnou úlohou, pro kterou se systémy GIS výborně hodí, jsou různé druhy analýz, spjaté s geografickou polohou.

Další nespornou výhodou analýz vytvořených za pomoci technologie GIS je snadná prezentace získaných dat, nejčastěji v grafické formě (nejčastěji ve formě mapy).

Monitoring

Stejně dobře si lze GIS představit v úloze systému monitorující pohyb určitého subjektu v dané oblasti. Data o pohybu sledovaného subjektu (získané například s využitím vysílače a směrových antén nebo satelitní sítě GPS) se kombinují s mapou uloženou v systému, čímž dostaneme aktuální polohu. Technologii na této bázi

⁵nauka zabývající se určením tvaru, rozměru a polohy předmětů zobrazených na snímcích a jejich digitální zpracování

využívá v Čechách například systém SherLock pro lokalizaci odcizených vozidel nebo Národní Park Šumava pro sledování ohrožených druhů zvěře.

Simulace

Další neméně významnou úlohou GIS je simulace. S využitím jednotlivých datových vrstev obsahujících specifické údaje o každém bodě v dané oblasti (nadmořská výška, druh porostu, druh podloží, ...) je možné simulovat mnoho jevů, např. odhad zatopených oblastí rozvodněnou řekou, rychlost nebo směr šíření požáru nebo vývoj počasí v oblasti.

2.9 Příklady GIS software

V oblasti GIS software převládají velké firmy, které jsou dohromady označovány jako „velká šestka“. Je velmi obtížné se do tohoto prostředí prosadit a nabízet služby na srovnatelné úrovni. Jsou to firmy Autodesk, Bentley, ESRI, Intergraph, MapInfo, GE Smallworld. Vzhledem k tomu, že není možné pokrýt s pomocí jedné firmy veškerá průmyslová odvětví, vytvářejí softwarové firmy kolem sebe řetězec partnerů, kteří jim za pomoci firemních technologií pomáhají pokrýt veškerou poptávku. A poptávka po řešení s podporou GIS neustále roste.

V následujícím přehledu je uvedeno několik nejznámějších produktů.

ArcGIS

ArcGIS je škálovatelný systém softwarových programů pro tvorbu geografických dat, jejich správu a analýzu. Je určen pro všechny typy organizací, od samostatných uživatelů až po rozsáhlé podnikové pracovní skupiny.

Výkonné nástroje pro editaci, analýzu a modelování, spolu s bohatými možnostmi datových modelů a správy dat, tradičně vymezují softwarovou rodinu ArcGIS jako svého druhu nejkomplexnější GIS software.

Uživatelé mohou pro svá nejružnější řešení využít škálovatelná klientská prostředí (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) a servery pro služby ArcGIS (ArcSDE a ArcIMS).

Podrobnější informace: <http://www.arcdata.cz>

Autodesk Map 6

Člen rodiny produktů pro oblast Geografických Informačních Systémů, postavený na bázi rozšířeného grafického editoru - AutoCADu. Tento systém nabízí řešení pro efektivní tvorbu a správu digitálních map. Obsahuje nástroje pro kreslení vlastních map, digitalizaci, integraci grafických dat s údaji v externích databázích, kombinaci a rychlé zpracování větších mapových výkresů a nástroje pro analýzu těchto dat.

Podrobnější informace: <http://www.gissystemy.cz/>

GeoMedia

GeoMedia jsou univerzální desktop klient pro vizualizaci geodat a jejich analýzu. GeoMedia řeší častý problém těch, kteří potřebují pracovat s více datovými zdroji najednou. GeoMedia se umí online připojit k více datovým zdrojům najednou, bez nutnosti jejich konverze.

Podrobnější informace: <http://www.intergraph.com/cz/>

Kristýna

Free GIS software, umožňuje základní geografické analýzy, práci s tabulkovými daty, vytváření uživatelských aplikací.

Kristýna je užitečný, snadno použitelný nástroj. Kristýna umožňuje analyzovat, dotazovat, prozkoumat a vizualizovat data prostorově. Klíčovou vlastností Kristýny je snadnost načtení tabelárních dat, jako dBASEŽ soubory a data z databázových serverů. Použitím Kristýny lze organizovat, sumarizovat, dotazovat a zobrazovat tato data geograficky.

Podrobnější informace: <http://christine-gis.com/cz/>

MGEO

MGEO je software určený geodetickým firmám a zpracovatelům dat pro GIS. Je zaměřen na tvorbu a údržbu účelových map velkých měřítek, zpracování zakázek inženýrské geodézie, zpracování komplexních mapových děl, přípravu dat pro GIS a digitalizaci. Programy řady MicroStation nabízí výkonné, komfortní a otevřené grafické prostředí a datovou kompatibilitu s naprostou většinou odběratelů i zdrojů grafických dat (správci sítí, katastr nemovitostí, základní mapy apod.). MGEO doplňuje toto základní grafické prostředí o rozsáhlý soubor nástrojů umožňující splnit požadavky odběratelů a zautomatizovat řadu rutinních činností.

Podrobnější informace: <http://www.gisoft.cz/>

siGGisLT

Program je určen pro jednoduchý GIS (obsahuje applety pro internet / intranet / PC). Program je možno propojit s monitorovacími systémy a použít např.: k ochraně objektů, monitorování průběhu povodní, jednoduchý GPS apod. Lze vytvářet vlastní vektorové vrstvy (např. digitalizací orthofotomap⁶ - JPEG formát) a editovat databáze nových vrstev, ukládat je do souborů. Detaily projektů je možno ukládat do vektorových souborů *.emf a *.wmf. Program je shareware.

Podrobnější informace: <http://web.quick.cz/siggis/>

TopoL 2001

V současné době je na trhu TopoL 2001 ve verzi 2.0. Jedná se o verzi programu TopoLu pro Windows, naposledy nabízeného ve verzi 6.5, která je postavena na moderní technologii TopoL NT. Tato technologie má otevřenou modulární architekturu vystavěnou na bázi standardů OLE/COM/ActiveX pro prostředí Win32.

Otevřenost systému při přístupu ke geografickým datům je zajištěna použitím modulární architektury vystavěné na bázi standardů *OLE/COM* a *OLE DB* dle doporučení konsorcia OpenGIS. Přístup k libovolným vektorovým datům je podobný jako k údajům v jiných databázích, tzn. data GIS jsou dostupná pomocí standardních databázových technologií. Toto pojetí umožňuje, po napsání příslušného konektoru, zpřístupnit data uložená v proprietárním formátu bez nutnosti jejich konverze. Datový konektor pro vektorová data tvoří skupina objektů, které poskytují přístup k datům dle standardů *ADO* a *OLE DB*. Tyto komponenty zahrnují přímou podporu načítání dat z téměř libovolného databázového systému (například *MS Access*, *MS SQL Server* či *ORACLE*) i jejich ukládání v něm. V současné době již také existují datové konektory pro stávající formát systému *TopoL (BLK)*. Připravuje se datový konektor pro formát dgn, který je používán v systému MicroStation a jeho nadstavbách.

Podrobnější informace: <http://www.topol.cz/>

⁶mapa, jejíž polohopisný obsah je vyjádřen překresleným leteckým snímkem nebo montáží těchto snímků

2.10 Závěr o GIS

Data, metadata⁷, databáze

Geodata⁸ byla až do nedávné doby, zejména u nás v České republice, téměř nesehnatelná. Geodatabáze neexistovaly a data sesbíraná v jednom systému se v jiném systému nedala použít. Potřeba opakovaného využívání datových zdrojů vedla ke vzniku geodatabází, které jsou dostupné komukoliv v rámci informačního systému. Elektronická komerce v této oblasti také neexistovala. Více než jinde je totiž požadována velká aktuálnost geodat. Rovněž není doposud jasné, jak geodata finančně ohodnotit:

- *nadhodnocená data* jsou téměř neprodejná
- *data zadarmo* až na výjimky nikde nezískáte

Přitom by se v zájmu aktuálnosti geodat mohlo v mnoha případech snažit prosadit po vzoru iniciativy Open Source, aby vybrané datové sady byly k dispozici za minimální cenu, a jako reakci bychom získávali aktualizovaná data.

Dalším trendem v této oblasti jsou možnosti, které poskytují metadata a výměnné (lépe předávací) formáty (*exchange*, resp. *transfer format*). Metadata slouží pro sjednocení popisu jednotlivých dostupných datových sad podle předem daných pravidel. Vzhledem k tomu, že geodat stále přibývá, je pro jejich efektivní využívání nutné, aby byla jednotným způsobem klasifikována, tj. aby byly k dispozici informace o tom, kdo data spravuje, jaká je jejich kvalita, rozsah, jakým způsobem je data možné získat apod. metainformační systémy tudíž poskytují sjednocené informace o nejrozličnějších geografických datových sadách. Předávací formáty umožňují předávat data mezi různými subjekty (uživatel, producent, zpracovatel,...) nebo systémy.

I v oblasti GIS se stále častěji hovoří o *metajazyce XML*, který může velmi usnadnit přenos dat mezi systémy, resp. databázovými systémy. XML obsahuje i podmnožinu pro popis vektorových dat (*jazyky SVG, VML*). Velcí softwaroví GIS producenti vesměs možnost používat XML pro přenos textových dat nabízejí, s podporou vektorové grafiky je to prozatím horší.

⁷ „data o datech“, jsou informace, které popisují vlastnosti určitého datového zdroje (datum vytvoření či úprav, autor, klíčová slova, účel, stav apod.), obvykle počítačového souboru - dokumentu.

⁸ prostorová data

Standardizace

Čím více systémů, tím častěji si jejich výrobci a integrátoři uvědomovali, že nemožnost přenosu dat z jednoho systému do druhého škodí všem. Od roku 1970, kdy se objevily první GISy, však trvalo téměř 20 let, než začaly krystalizovat standardizační aktivity. Standardizací geografické informace se uceleným způsobem zabývají dvě organizace:

- *CEN* (Comité Européen de Normalisation) s celoevropskou působností
- mezinárodní *ISO* (International Standardisation Organisation).

Obě organizace se domluvily, že na normách budou spolupracovat (v mnoha případech je totiž vytvářeli titíž odborníci). Normy CEN jsou k dispozici i v českém jazyce.

Interoperabilita

Problémem, který se objevuje při práci s geodaty, je jejich objem. Pokud někdo chce vlastnit aktuální data, musí si je kopírovat vždy kompletní. Lepší řešení spočívá v tom, že si uživatel zkopíruje pouze tu část, která ho zajímá. V případě, že program uživatele dokáže komunikovat se serverem poskytovatele dat a na tomto serveru k aktuálním datům přistupovat, pak tyto dva programy můžeme označit jako interoperabilní. Na vytvoření otevřených standardů podporujících interoperabilitu GIS se od roku 1994 zaměřuje Open GIS Consortium (<http://www.opengis.org/>).

Portály

Hitem, využívajícím geodata zejména v grafické podobě, jsou webové portály nabízející vyhledání nejkratšího spojení, objektu (ulice, budova, podnik atd.). Až donedávna neexistovalo žádné propojení na další informační zdroje. Tyto služby se začínají objevovat po celém světě, Česká republika není výjimkou, např. mapy na portálech *Atlas.cz* a na *Quick.cz*. Tyto služby mají velkou budoucnost, protože jsou postupně k dispozici (částečně) i na mobilních zařízeních.

Hodnocení

Popsat vývoj a budoucnost geografických informačních systémů na několika řádcích je velice obtížné. Přesto by šlo současný postup popsat několika hesly otevřenost, standardizace, interoperabilita, integrace, dostupnost a mobilita. V příštích letech budeme služeb GIS využívat mnohem častěji než dnes, kdekoli a kdykoliv.

Internetové zdroje informací o GIS

- Portál, kde jsou dostupné on-line články z časopisů GeoEurope a GeoWorld, se jmenuje *GeoPlace* a jeho adresa je <http://www.geoplace.com/>
- Server *GeoCommunity* (<http://www.geocomm.com/>) obsahuje články zaměřené na analyzování nejnovějších trendů v oblasti GIS včetně mobilních zařízení.
- Kvalitní kompendium⁹ „*Panel-GI Compendium A Guide to GI and GIS*“ bylo napsáno kolektivem odborníků z celé Evropy v koordinaci mezinárodní skupiny GISIG v rámci projektu Evropské unie PANEL-GI. Kompendium je k dispozici i na webu na adrese <http://www.gisig.it/panel-gi/>
- Gigantický portál *About.com* věnuje jednu ze svých 700 rubrik geografickým informačním systémům na adrese <http://gis.about.com/> vedle návodu pro začátečníky „Co je to GIS“ je zde např. seznam bezplatných GIS serverů a prohlížeček nejrůznějších GIS datových formátů.
- Velmi vydatným domácím zdrojem informací o GIS jsou odborné konference *GIS Brno*, *GIS Ostrava*, *GIS Seč ISSS Hradec Králové*. Na těchto konferencích jsou prezentovány nejnovější poznatky a výsledky z oblasti geografických informačních systémů. K dispozici je také v české a slovenském jazyce elektronická konference *GIS-CZ* <http://gama.fsv.cvut.cz/gis-cz/>.

⁹Stručná vědecká příručka obsahující základní poznatky daného oboru

Kapitola 3

Obsah těžkých kovů v dřevok. houbách

3.1 Úvod

Dřevokazné houby, jak jejich název napovídá, vyžadují k růstu a rozmnožování dřevní hmotu. Vytvářejí obvykle barevné tuhé plodnice charakteristického tvaru (nejnápadnější a nejznámější skupinou jsou choroše). Podílejí se spolu s dalšími organismy na rozkladu odumřelého dřeva, a tím usnadňují koloběh uhlíku v přírodě.

Plodnice dřevokazných hub na rozdíl od plodnic *terestických druhů* mohou přetrvávat i v chladném období a na rozdíl od většiny druhů tyto houby fruktifikují¹ za příhodných klimatických podmínek i v zimních měsících. Plodnice mohou přetrvávat několik dní, týdnů nebo i měsíců.

Mezi nejdůležitější faktory, ovlivňující obsahy kovů v plodnicích, patří především:

- chemické složení půdy v dané lokalitě
- její pH
- vlhkost
- popř. přítomnost dalších mikro- a makroorganismů

Kovy se mohou dostat do hub dvěma způsoby:

- z půdy
- z atmosféry

¹rozmnožují se

Ale přenos kovů do plodnic dřevokazných hub z půdy brání několik bariér. Především je to mykorhizní obal na kořenech většiny dřevin, dále morfologická bariéra na přechodu podzemní a nadzemní části rostliny a rozhraní mezi dřevní hmotou a myceliem². Obsah většiny kovů klesá v řadě

půda $\Rightarrow$ kořeny $\Rightarrow$ nadzemní část $\Rightarrow$ plodnice

Proto zdrojem naprosté většiny kovů v plodnicích dřevokazných hub je tak atmosferická suchá i vlhká expozice, tj. prach a srážky.

3.2 Měření obsahu kovů v houbách

Schopnost hub akumulovat kovy je známá desítky let. Největší pozornost byla dříve věnována obsahům toxických kovů (především těžkých) v plodnicích jedlých, resp. tržních druhů hub. Přirozené koncentrace kovů v houbách jsou však malé (obvykle se pohybují v řádech mg/kg sušiny), proto jejich spolehlivá měření je možné teprve díky moderním instrumentálním technikám. Nyní se používá nejčastěji atomová absorpční spektrometrie (AAS). Jelikož tato metoda není příliš známá, bude na následujících pár řádcích blíže popsána.

Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Je to metoda založená na měření absorpce světelného záření volnými atomy studovaného materiálu. Pro atomizaci (získání volných atomů) se nejčastěji používají tři zdroje:

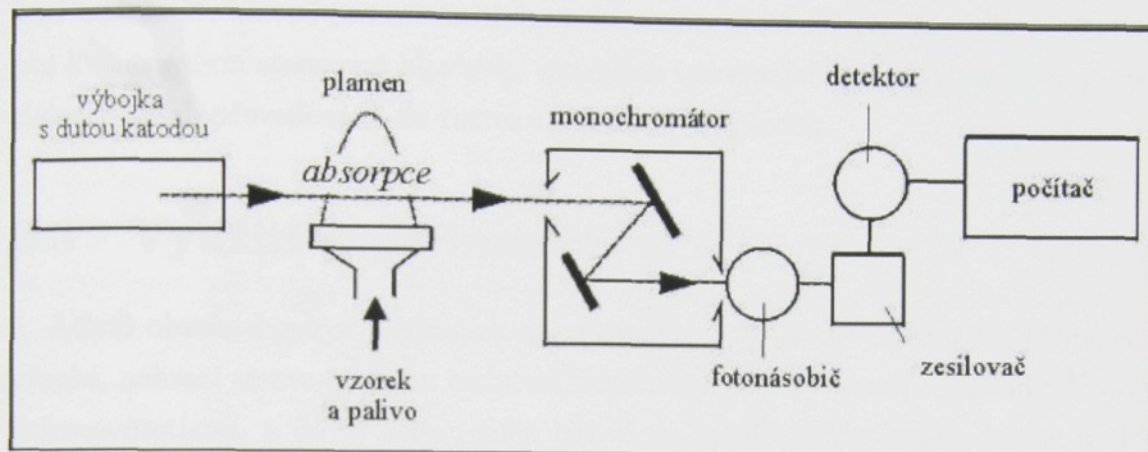
- plamen acetylén/vzduch (teplota 2300 stupňů Celsia)
- plamen acetylén/ N_2O (2700 stupňů Celsia)
- elektrotermická atomizace v grafitové kyvetě³ (2000 / 2700 stupňů Celsia).

Volba typu atomizačního prostředí závisí na analyzovaném prvku, materiálu a koncentraci prvku.

²mycelium (podhoubí) je síť skládající se z mikroskopických vláken v půdě

³nádobka zpravidla průhledná, užívaná při optickém proměření vzorků, například roztoků

Při plamenové technice se směs oxidovadla (vzduch, N_2O), paliva (C_2H_2) a vzorku přivádí ve formě aerosolu do hořáku, kde se spaluje. Schéma jednoduchého přístroje pro AAS je na obr. 3.1.



Obrázek 3.1: Schéma jednopaprskového atomového absorpčního spektrometru.

Při elektrotermické atomizaci se přivádí kapalný vzorek do prostoru grafitové kyvety dávkovačem ve formě kapek (5 - 100 μ l). Elektrotermická atomizace v kyvetě má výhodu v možnosti dosažení vyššího počtu volných atomů v atomizačním prostředí a tím se zvyšují detekční možnosti přístroje (je možno stanovovat koncentrace, které plamenovou technikou není možné stanovit). Při ústí hořáku či v kyvetě vzniká směs excitovaných atomů, které vydávají energii ve formě světelného záření. Prostor, kde dochází k excitaci (přeskok elektronů na vyšší energetické hladiny) je prosvětlován paprskem polychromatického světla. Zdrojem tohoto světla je výbojka s dutou katodou emitující záření o stejné vlnové délce (kromě dalších), jako je záření emitované při excitaci daného atomu. Atom, ve snaze o vyrovnání vnitřní energie, absorbuje zpět vydanou energii ve formě záření z výbojky umístěné v optické ose přístroje. Celý proces je pomocí optického systému (štěrbina, optická mřížka, zrcátka, detektor) sledován a je měřen úbytek záření emitovaného výbojkou (většinou je pro každý prvek jedna výbojka). Na základě tohoto souhrnu jevů můžeme provádět kvantitativní analýzu prvků ve vzorcích (ve formě roztoku). Moderní přístroje jsou řízeny a signál je vyhodnocován počítačem.

Metodou AAS lze rychle, přesně, spolehlivě a levně měřit obsahy cca 40 prvků s mezí stanovitelnosti 0,00X - 0,0X mg/l. K nevýhodám patří nutnost převádění pevných vzorků do roztoku. AAS není vhodná pro měření vyšších obsahů prvků (X0 %), protože většinou je nutno vzorky ředit a tím se zavádí do stanovení chyba. Me-

toda není dostatečně citlivá pro stanovení některých důležitých prvků (např. uran, thorium, niob, tantal, wolfram a prvků vzácných zemin). Přesto má metoda AAS mnoho výhod, pro které patří k nejvyužívanějším metodám při studiu prvkového složení materiálů, hlavně pro relativní finanční nenáročnost analýz. Metoda je vhodná pro kvantitativní stanovení hlavních, vedlejších i stopových prvků v pevných materiálech (avšak převedených do roztoku), vodách a výluzích.

3.3 Využití experimentů

Ačkoli obsahy kovů v plodnicích dřevokazných hub jsou v některých případech vysoké, nehrozí těmto houbám bezprostřední nebezpečí vymizení z přírody. Houby nefotosyntetizují, a proto nejsou tolik citlivé na vyšší hladiny oxidů dusíku a síry v ovzduší jako např. lišejníky. Laboratorní experimenty s kulturami prokázaly, že řada druhů dobře snáší i téměř 100x vyšší koncentrace těžkých kovů, než se nacházejí v plodnicích i v silně znečištěných území. Jsou proto vhodnými organismy ke sledování míry atmosférického znečištění v různých oblastech.

Toxikace těžkými kovy je dlouho a dobře známa. Mezi projevy akutních otrav patří obvykle bolestivé křeče (olovo, kadmium) a zvracení (modré skalice se dříve užívalo v lékařství jako dávidla), slinotok, krvavá stolice (rtuť), později poruchy funkce jater a ledvin vedoucí bez vhodné terapie zpravidla ke smrti. Chronické otravy se zpočátku projevují změnami v krevním obraze, pozdější fáze zahrnují onemocnění zažívacího traktu, kůže a podle druhu kovu např. změnu barvy vlasů a zubů (do modra u mědi), zvýšenou dráždivost a nápadný tras (rtuť) apod.

Vzhledem k tomu, že se v plodnicích hub těžké kovy ve vysoké míře koncentrují a jejich stanovení ve vzorcích je experimentálně přístupné, jeví se právě dřevokazné houby jako *univerzální bioindikátory*, vhodné zejména pro porovnání lokálních podmínek studovaných lokalit v případě, kde obsah těžkých kovů nelze měřit přímo. Vzhledem k tomu, že jsou hromaděny kovy z ovzduší, lze z jejich obsahu *usuzovat na celkové emisní zatížení stanoviště*.

3.4 Stručný popis hub použitých při měření

Při měření byly použity druhy dřevokazných hub, které rostou po celém území České republiky, aby bylo možné výsledky z různých částí republiky porovnávat. Na následujících řádcích jsou stručně popsány.

Březovník obecný (*Piptoporus betulinus*)



Obrázek 3.2: Březovník obecný.

Klobouk má 5 - 20 cm v průměru, kopytovitý až vějířovitý. Je přisedlý nebo přirostlý zúženým bokem k substrátu. Tvarem je polokulovitý až vyklenutý s výrazným valem na okraji, hladký, bez pásů, bělavý v mládí, pak okrově hnědý až šedohnědý. Rourky jsou krátké, bělavé s drobnými bílými až krémovými póry. Dužnina je bílá, měkká, ve stáří tvrdnoucí.

Vyskytuje se v květnu až říjnu hojně jednotlivě nebo ve skupinách, parazituje na živých, pak i odumřelých kmenech a větvích bříz - tvoří dvouleté plodnice. Březovník je nejedlý i když jej někteří lidé používají na čajový vývar z důvodu, že v jeho dužnině byla zjištěna látka, která brzdí růst nádorových buněk.

Sítkovec dubový (*Daedalea quercina*)

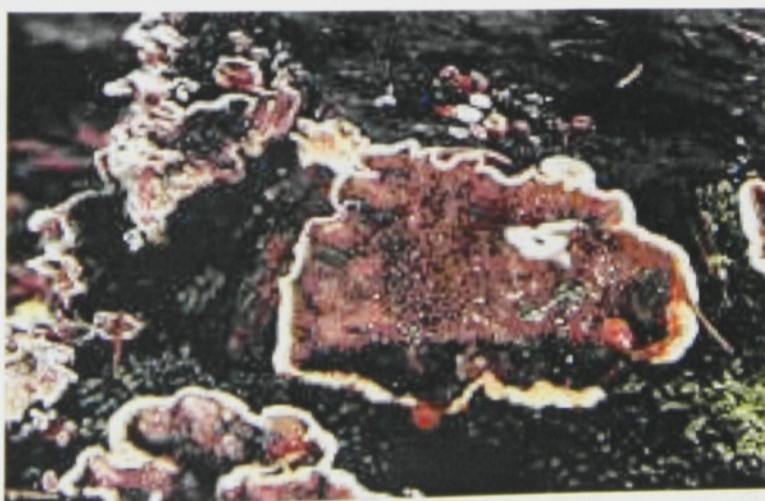
Klobouk má 5 - 20 cm v průměru, polokruhovitý až kopytovitý, slabě hrbolatý, někdy i polokruhovitě brázditý, tlustým bokem přirostlý, lysý, světle až tmavě okrový, ve stáří černající. Rourky 1 - 4 cm vysoké, tlustostěnné, póry labyrintické, protáhlé až téměř tlustě lupenovité, mající barvu okrovou. Dužnina je pružná jako



Obrázek 3.3: Sítkovec dubový.

korek, vláknitá, barvy špinavě žluté až světle okrové. Výtrusný prach je bílý. Vyskytuje se v lednu až prosinci, hojně na živých i mrtvých kmenech a pařezích výhradně dubů. Výjimečně jej lze nalézt na jiných listnácích jako jsou lípy, akáty apod. Sítkovec je nejedlý, způsobuje červenou hnilobu dubového dřeva.

Pevník obecný (*Stereum hirsutum*)



Obrázek 3.4: Pevník obecný.

Plodnice je korovitá tvořící nepravidelné pruhy o délce několika decimetrů. Povrch má hladký, bělavě nažloutlý až šedorůžový, poraněním červená. Bílý okraj

u rostoucích plodnic. Konzolovitě plodnice se vytvářejí zřídka. Výtrusný prach bílý. Vyskytuje se v lednu až prosinci na dřevě listnatých stromů, zvláště na stojících či padlých odumřelých kmenech bříz, olší a lísek. Pevník je nejedlý.

Klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*)



Obrázek 3.5: Klanolístka obecná.

Velmi hojný druh rostoucí od léta do podzimu na živých i mrtvých listnáčích (zejména buk). Staré plodnice vytrvávají i přes zimu. Spóry této houby mohou napadnout i lidskou tkáň. Klanolístka je nejedlá.

Ucho Jidášovo (*Hirneola auricula-judae*)



Obrázek 3.6: Ucho Jidášovo.

Plodnice je mušlovitého tvaru, připomínající ucho, s tenkou dužninou, tuhá rosolovitá konzistence. Zasycháním rohovatí a smršťuje se, červenohnědá až olivově hnědá, horní strana poněkud plstnatá až holá, šířka až 10 cm. Výtrusný prach je bílý, výtrusy válcovitě zakřivené, hladké. Vyskytuje se na starých kmenech černého bezu, v některých oblastech také hojný na javoru jasanolistém s jasanovými listy, vzácně také na smrcích, v trsech a skupinách. Roste celoročně a je jedlé.

Troudnatec pásovaný (*Fomitopsis pinicola*)



Obrázek 3.7: Troudnatec pásovaný.

Plodnice je konzolovitého tvaru, horní strana většinou šedá, s načervenalým předním nejmladším pásem a bělavým dosud dorůstajícím okrajovým pásem. Načervenalý až oranžově žlutý pás bývá poněkud pryskyřičnatý. Póry jsou bělavé až žlutavé, drobné, navrstvené. Šířka klobouků je 10-30 cm. Výtrusný prach je bíložlutý, výtrusy podlouhlé elipsovitě, hladké. Vyskytuje se na dřevě jehličnatých a listnatých stromů, především na jehličnanech v horských polohách. Roste celoročně a je nepoživatelný.

Lesklokorka obecná (*Ganoderma applanatum*)

Plodnice jsou ploše konzolovitého tvaru, vějířovitě uspořádané, s tvrdou dřevitou konzistencí. Horní strana s jemnou lakovou kůrou, šedohnědá až červeně nahnědlá, s bílým dorůstajícím okrajem, vrstva rourek na spodní straně klobouku je u více-



Obrázek 3.8: Lesklokorka obecná.

tých hub vrstevnatá, ústí rourek bílá, stiskem hnědnoucí, rourky velmi jemné. Šířka klobouku je 10-30 cm. Výtrusy jsou rezavě hnědé. Vyskytuje se na dřevě různých listnatých stromů, vzácně na dřevě jehličnanů. Roste celoročně a je nepoživatelná.

Outkovka chlupatá (*Trametes hirsuta*)



Obrázek 3.9: Outkovka chlupatá.

Plodnice je ploše vějířovitého tvaru, vyrůstající ve skupinách vedle sebe a nad sebou, horní strana často s pestrými pásy, pruhy s chloupky se střídají s lesklými plochami. Barvy jsou různé, mění se od světle béžové po černohnědou, častá je i ze-

lená barva porůstajících řas. Póry jsou bělavé. Šířka klobouku je 3-10 cm. Výtrusný prach je bělavě krémově zbarvený. Výtrusy jsou válcovité až zakřivené, hladké. Vyskytuje se velmi hojně na dřevě různých listnatých stromů. Roste celoročně a je nepoživatelná.

Jednoleté outkovky (rod *Trametes*, přibližně 7 druhů) žijí paraziticky a vytvářejí ve dřevě intenzivní bílou hnilobu. Outkovka pestrá je jedním z nejčastěji se vyskytujících "chorošů" vůbec.

3.5 Vliv těžkých kovů na životní prostředí a na člověka

Pro závažnost problematiky řešené v diplomové práci, je zařazena následující část o tom, co vše dokáží toxické (těžké) kovy se životním prostředím a s člověkem.

S rozvojem moderní techniky roste velmi rychle produkce a spotřeba kovů. Zvláště to platí pro neželezné kovy, z nichž některé byly donedávna produkovány v nesrovnatelně menších množstvích, a to často v poloprovozním nebo laboratorním měřítku (berylíum, titan, germanium, galium, vanad, selen, molybden, wolfram). Roste také produkce klasických barevných kovů, jež postupně nacházejí i nové druhy uplatnění. Platí to zejména pro hliník, olovo, měď, nikl, chróm, antimon a rtuť.

3.5.1 Berylíum

Pokračující rozvoj některých speciálních oborů, jako je výroba počítačů, berylíová keramika, atomová energetika, raketová technika a další náročné technologie představuje růst požadavků po tomto prvku. V okolí podniků vyrábějících berylíum, jeho slitiny nebo soli a také v důsledku spalování uhlí, jež v některých ložiscích obsahuje zhruba 100 gramů berylíu v tuně, dochází v některých oblastech ke znečišťování ovzduší tímto toxickým prvkem.

Akutní otrava berylíem může postihnout všechny části dýchacího ústrojí, vyvolá zánět nosohltanu, tracheobronchitidy nebo zánět plicní tkáně. Krátkodobé vdechování často extrémně vysokých koncentrací berylíu ve formě prachu či par je v akutních případech nejčastějším kontaktem s touto škodlivinou. Berylíóza je chronické onemocnění. Začátek je nanápadný, často bez varovných symptomů. Prvními příznaky nemoci bývají u horních cest dýchacích, rychlá ztráta hmotnosti při normální

dítě. Často vyprovokuje onemocnění chirurgický zákrok nebo gravidita. S postupujícím onemocněním dochází ke ztrátě hmotnosti, pocitu celkové slabosti, únavy, nechutenství, dýchavičnosti, suchého kašle a bolestem na hrudi. Vedle problematiky klasické beryliózy roste zájem o karcinogenní účinky.

Předmětem současného zájmu je studium zásahu berylia do imunitních mechanismů se zvláštním zřetelem k významu mechanismů regulujících imunitní stav organismu. Kromě obecně teoretického významu těchto studií je jejich cílem přispět k léčení a hlavně prevenci onemocnění beryliózou.

3.5.2 Kadmium

Kontaminace životního prostředí kadmiem je v poslední době vyvolávána zejména jeho rostoucím používáním v průmyslu. Na tomto procesu se podílejí slévárny kovů a průmysl barviv, plastických hmot a výroba akumulátorů. Důležitým zdrojem znečištění prostředí kadmiem je také spalování pohonných hmot a olejů, v zemědělství používání fosfátů přirozeného původu obsahující tento prvek. Kadmium emitované do ovzduší se nakonec hromadí v půdě a ve vodě a vstupuje takto do potravinových řetězců.

Po požití potravy nebo nápoje kontaminovaného kadmiem vyvolává akutní poruchy trávicího ústrojí. Hlavními symptomy akutní otravy kadmiem jsou křeče trávicího ústrojí a bolesti hlavy. V případě vysoké dávky jsou uvedené příznaky následovány šokem ze ztráty tekutin, akutním selháním ledvin, srdce, plic a smrtí v průběhu 24 hod. až 14 dnů.

Akutní intoxikace kadmiem vzniká obvykle v průmyslu. Dochází k ní nejčastěji při sváření nebo slévání materiálů obsahující kadmium, a to při pracích vykonávaných ve špatně větraných prostorách.

3.5.3 Měď

Výroba mědi v posledních letech neustále stoupá. Měď tvoří důležitou komponentu některých slitin spolu s jinými kovy, jako je stříbro, kadmium, cín a zinek. Je využívána i pro instalátérské a topenářské práce.

Biologické účinky mědi jsou různé, vzhledem k tomu, že měď je nejen neessenční prvek, ale může působit i toxicky. Průmyslová expozice parám mědi nebo prašným aerosolům obsahujícím měď je relativně častá, četná sledování zdravotníků však neodkryla známky chronického poškození organismu. Při akutní expozici parám

mědi nebo prašným aerosolům mědi vzniká horečka z kovů. Projevuje se příznaky podobnými chřipce, které mizí zpravidla do dvaceti čtyř hodin.

3.5.4 Olovo

Největší spotřeba olova je při výrobě baterií, při výrobě alkyl-sloučenin olova (přísady do benzínu - super a special), při výrobě kabelů, barviv, slitin, broků apod.

Nejčastější formou akutní otravy olovem je postižení trávicího ústrojí. Počáteční příznaky jsou anorexie, zácpa, záchvaty a bolesti břicha. Chronická otrava olovem začíná plíživě. Zpočátku převládají subjektivní příznaky: malátnost, pocit únavy, nechutenství, nespavost, pocit únavy v dolních končetinách. Nemocní jsou nápadně bledí, častý je šedý lem na dásních.

Poznámka

Vyhodnocení údajů potvrzuje zřejmou korelaci mezi stupněm ekologického zatížení regionu a obsahy kovů v houbách.

Kapitola 4

Další biologická měření

V dnešní době je problematika znečištění ovzduší závažným problémem. Proto se měřením čistoty ovzduší zabývá mnoho experimentů. V následující kapitole jsou přiblíženy různá měření, která se zabývají tematikou znečištění těžkými kovy.

4.1 Atmosferická depozice pomocí mechu

Rostlinky mechu nemají pravé kořeny, a proto nemohou přijímat živiny a většinou ani vodu z půdních pokryvů. Příjem prvků rozpuštěných v dešťových srážkách nebo rozpouštěných z usazeného prachu ranní rosou probíhá celým povrchem nadzemních částí. Pokud jsou rostlinky mechu na volné ploše vystaveny pouze volnému spadu pevných aerosolů¹ a dešti, obsah prvků v mechu velmi těsně koreluje s obsahem prvků ukládaných v místě růstu mechu celkovou atmosférickou depozicí².

Chemické analýzy vhodných druhů mechu se využívají k monitorování relativní i absolutní aktuální úrovně atmosférické depozice prvků ve většině evropských zemí v celoevropských biomonitorovacích programech (1990, 1995, 2000) koordinovaných odborníky ze skandinávských zemí a nyní centrem mezinárodního projektu OSN (ICP-Vegetation).

¹soustava složená z kapalných či pevných částic rozptýlených v plynném prostředí

²volný spad všech všech částic na povrch země

4.2 Transfer těžkých kovů z půdy do energetických rostlin

V současné době je ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby Praha - Ruzyně řešen grantový projekt s cílem vypracovat metodu dekontaminace půdy nadlimitně zatížené těžkými kovy, a to pěstováním energetických rostlin. Moderní technologie umožňují účinnou separaci těžkých kovů z energetické fytomasy, a to jak při fluidním spalování, tak i při zplynování. Rozvoj fytoenergetiky je možno očekávat v pánevních oblastech, kde se zároveň nacházejí půdy kontaminované těžkými kovy. Zahraniční informace o účinnosti tohoto způsobu dekontaminace půdy (heavy metal harvesting) jsou značně optimistické [4].

Byla sestavena databáze z rozborů rostlinných a půdních vzorků z experimentů s pěstováním energetických rostlin na různě kontaminované půdě. Bylo zjišťováno 10 rizikových prvků : kadmium, olovo, arsen, rtuť, chrom, nikl, kobalt, zinek, mangan a měď. Dále je pro dekontaminaci půdy od těžkých kovů možno využít vysokovzrůstných odrůd slunečnice, konopí, sudánské trávy a šťovíku krmného. Menší transfer těžkých kovů z půdy byl zjištěn do rychlerostoucích dřevin (topol, vrba). Hodnoty transferfaktoru v závislosti na půdním prostředí byly nepřímo úměrné obsahu uhlíku v půdě a pH půdy.

4.3 Kritické zátěže těžkých kovů na území České republiky

V minulých letech bylo vyhodnocení a mapování kritických zátěží zaměřeno na síru a dusík, tedy výhradně na škodliviny z ovzduší, které okyselují ekosystémy. Kritické zátěže dalších polutantů³ nebyly dosud vyhodnocovány, přesto že jejich negativní dopady na přírodní prostředí i na lidské zdraví jsou velké. Dílčí zpráva [10] shrnuje první předběžné výsledky výpočtů kritických zátěží vybraných prvků skupiny těžkých kovů (kadmium, měď a olovo) a jejich mapová zpracování (viz. obr. 4.1 a obr. 4.2 na následující stránce).

³těžké kovy a organické látky



Obrázek 4.1: Vstup mědi do atmosféry zvětráváním hornin.



Obrázek 4.2: Vstup olova do atmosféry zvětráváním hornin.

Metodika vyhodnocení kritických zátěží těžkých kovů vychází z několika základních předpokladů:

- koncentrace těžkých kovů v půdě je v ustáleném stavu
- distribuce těžkých kovů v systému je řízena chemickou rovnováhou
- všechny složky půdního prostředí jsou homogenní.

Pro půdní systém jsou významné koloběhy prvků způsobené

- biologickým opadem
- nadzemním využitím prvků vegetací
- ztrátami těžkých kovů povrchovým odtokem
- vyluhováním
- výstupem vodou bez interakce prvků s půdou

Hlavními vstupy těžkých kovů do půd je

- zvětrávání horninového podkladu
- atmosférická depozice
- u zemědělských půd vstup těžkých kovů hnojením

Dosud byly vyhodnoceny a mapově zpracovány obsahy vybraných těžkých kovů v horninách ČR jako podklad pro vyhodnocení rychlostí vstupu těžkých kovů do půd zvětráváním horninového podloží a vstupy těžkých kovů do zemědělských půd hnojením (organickými i průmyslovými hnojivy). Pro výpočet rychlostí zvětrávání byla zpracována také databáze hlavních litofilních prvků (makroprvků). Horninové obsahy kovů byly zpracovány pro měď, chrom, olovo, zinek a nikl, zemědělské vstupy jsou zpracovány pro kadmium, měď, olovo a rtuť.

4.4 Rychle rostoucí dřeviny

Relativně novou oblastí využití rychle rostoucích dřevin je dekontaminace půd od těžkých kovů. Výsledky výzkumu publikované v posledním desetiletí zejména v zahraničí udávající dobré hodnoty příjmu těžkých kovů vrby a topoly [30]. Podle těchto studií topoly a vrby přijímaly za jednu vegetační sezónu okolo 0,5 procent

z aplikované dávky kadmia (0,13-13,2 ug/g), což bylo ovšem méně než slunečnice. Koeficient transferu (TC) byl nejvyšší u kadmia, zinku a niklu (16, 14 a 8 procent), nižší u mědi a olova (1,2 a 0,7 procent). Jisté zkušenosti s příjmem těžkých kovů do tkání vrb jsou z pokusů využití rychle rostoucích dřevin při čištění komunálních odpadních vod. Plantáže rychle rostoucích dřevin jsou "zalévány" tzv. terciálním efluentem, což je odpadní voda pročištěná v klasických dvoustupňových ČOV, která obsahuje zbytky živin a někdy také menší množství těžkých kovů. Tomuto výzkumu se věnují zejména ve Švédsku, kde sledují jednak účinnost vrbových plantáží při dočištění odpadní vody (vliv na podzemní vodu) a také hnojivý účinek na produkci biomasy [30]. Většina uvedených výsledků však byla získána v nádobových pokusech nebo laboratorních podmínkách. Teprve v posledních letech se začínají objevovat pokusy v polních podmínkách, např. výzkumný projekt Evropské komise, DG XII "BIORENEW" s cílem prověřit možnosti biologické remediacce půd kontaminovaných těžkými kovy z lidské činnosti. V projektu jsou sledovány zejména možnosti ovlivňování mobility těžkých kovů v půdě, příjmu těžkých kovů rostlinami, životnostní studie dekontaminačních metod (Riddell-Black, 1998).

4.5 Obsah těžkých kovů a biogenních prvků v jehlicích kleče a blatky

Na hlavních a nejvýznamnějších našich rašeliništích v různých částech Čech byl sledován obsah sedmnácti prvků v jehlicích. Byly to hlavní biogenní prvky vápník, magnesium, draslík, sodík a pak řada těžkých kovů jako měď, bór, síra, mangan, železo, zinek, molybden, nikl, selen, argon, rtuť, arsen, olovo a další [1]. Mezi jednotlivými rašeliništi byly zjištěny značné rozdíly. Jako příklad lze uvést arsen, selen a rtuť. Výrazně nízké hodnoty těchto prvků jsou na jihočeských rašeliništích, kdežto v severní půli našeho území jsou hodnoty vysoké. Z dosažených výsledků je také zřetelně vidět, jak stoupají hodnoty prvku ve starších ročnících jehlic, protože jsou podstatně déle vystaveny nepříznivým vlivům okolí.

Hodnoty se liší nejen mezi různými rašeliništi, tedy polohou rašelinišť ke zdrojům znečištění, ale i na témže rašeliništi v rozmezí více let, při porovnání jehlic z Jezerní slatě na Šumavě z roku 1966 a 1986 - tedy z období po 20 letech. Srovnání ukázalo, že hodnoty železa, mědi, zinku, arsenu a boru stouply v jehlicích kleče za 20 let 2-3x.

4.6 Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí

Organismy jsou indikátory pro monitorování (často označované jako organismy sentinely) používané pro sledování změn v terénu na modelových druzích s registrací fyziologických ukazatelů, patologických úchylek od normálu, sledování vývojových tendencí, genetických změn atd. Do této skupiny mohou být přiřazeny také bioindikátory používané pro sledování kumulace látek v jejich těle indikující rozsah znečištění. Tyto bioindikátory můžeme rozdělit na pasivní a aktivní v závislosti na tom, zda pouze pasivně registrujeme změny organismu sentinelu v přírodě (např. sledování kumulace těžkých kovů ve vybraných vodních rostlinách v řece), či je aktivně vystavujeme v antropogenně zatíženém prostředí (např. vystavování k ozónu citlivých odrůd rostlin v různé ozónem zatíženém městském prostředí). Jako příklad můžeme uvést srovnání hodnoty koncentrace hemoglobinu u populaci hraboše polního z Mostecka a Třebońska [9]. Hodnoty koncentrace hemoglobinu jsou v oblasti Mostecka téměř po celý rok nižší než na Třebońsku. Průkazné snížení koncentrace hemoglobinu, určitá forma chudokrevnosti odrážející špatný zdravotní stav, je jistě ve spojitosti s průmyslovým znečištěním krajiny.

Mezi organismy sentinely patří i kumulativní bioindikátory. Například půdní bezobratlí patří mezi významné kumulativní bioindikátory těžkých kovů a radionuklidu [11]. Podrobné údaje o reakci jednotlivých druhů, populací a společenstev jsou u půdních živočichů jako bioindikátoru znečištění prostředí radionuklidy.

4.7 Shrnutí

Znečištění životního prostředí těžkými kovy (olovo, měď, hliník, zinek, kadmium a další) je velmi vážný ekologický problém současnosti. Pro člověka jsou nejnebezpečnější jejich potencionální mutagenní a karcinogenní účinky. Do životního prostředí vstupují těžké kovy takřka výhradně jako součást (plynných a prašných emisí spalovacích motorů (olovo) a při výrobě a využití zinku (kadmium). Vzhledem k tomu, že jsou transportovány ovzduším, souvisí jejich lokální koncentrace a vstup do potravinových řetězců do značné míry se znečištěním ovzduší jinými složkami emisí.

Kapitola 5

Aplikace

5.1 Úvod

V předkládané práci jsou použita data zobrazující výskyt těžkých kovů na základě měření provedených Mikrobiologickým ústavem Akademie věd České republiky. Sběry plodnic dřevokazných hub byly provedeny v letech 1992 – 1996 na území Prahy, CHKO Jeseníky, Národního parku Šumava a v Krkonoších. Kromě tohoto bylo sbíráno v různých lokalitách téměř po celém území státu. Data obsahovala číslo měření, druh houby, místo, lokalitu a stanoviště sběru, dále obsahy těžkých prvků, a to konkrétně hliník, berylium, cadmium, měď, olovo a zinek.

První problém nastal v předaných datech. Chyběly souřadnice sběru, které musely být ručně doplněny. Za použití turistických map byly dohledány jednotlivé souřadnice. Bohužel tyto údaje byly ve formátu WGS-84, což je zeměpisná šířka a délka ve stupních, minutách a vteřinách. Pro naši aplikaci by byly vhodnější souřadnice ve formátu S-JTSK.

Převod není jednoduchý, protože vztah mezi systémy souřadnic není lineární. Blíže je popsán v samostatné kapitole.

5.2 Definice souřadnic

Polohu bodu lze udat buď v prostorových souřadnicích nebo v rovinných souřadnicích. První z nich je Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Systém WGS-84 je definován souborem pozemních stanic a polohami družic navigačního systému GPS a představuje tak geocentrický absolutní souřadni-

cový systém. Systém S-JSTK byl definován na bázi trigonometrické sítě a vykazuje nepravidelně měnící se lokální deformace. Z toho důvodu neplatí mezi oběma systémy lineární vztah.

V této kapitole je uvedena jejich definice a vzájemný vztah.

Používáme prostorové souřadnice x, y, z . *Pravoúhlá souřadná soustava* je definována [7]:

- počátek leží v těžišti Země
- osa z leží v ose rotace Země, přesněji v ose rotace tak, jak byla určena pozorováním v letech 1900-1905 (CIO - Conventional International Origin). Skutečná osa je proměnlivá v čase v důsledku tání ledovců, změn rozložení hmoty v zemském tělese atd.
- osa x prochází základním greenwichským poledníkem
- osa y je volena tak, aby systém byl pravotočivý.

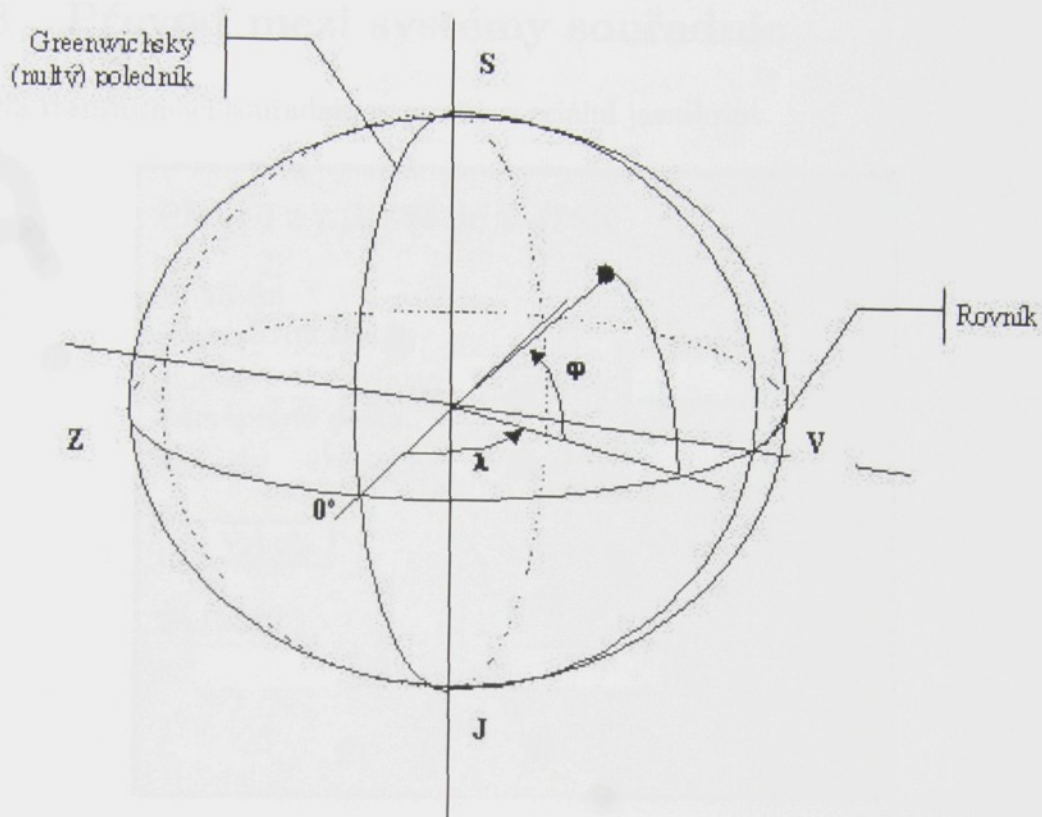
V praktických aplikacích se používají souřadnice vztažené k referenční ploše, která aproximuje tvar Země. Těmito souřadnicemi je zeměpisná šířka, délka a výška. Aproximující plochou je rotační elipsoid zploštěný na pólech, který je v pravoúhlé soustavě x, y, z popsán:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (5.1)$$

kde a je velká poloosa (poloměr rovníkové kružnice) a b je malá poloosa.

Zeměpisné souřadnice (ϕ, λ, H) (obr. 5.1) jsou definovány [7]:

- zeměpisná šířka ϕ je úhel, který svírá rovina rovníku s normálou k ploše elipsoidu (kladná na sever)
- zeměpisná délka λ je úhel, který svírá rovina místního poledníku s rovinou základního poledníku (kladná na východ)
- elipsoidická výška H je vzdálenost od elipsoidu, měřená na normále (kladná vně elipsoidu)



Obrázek 5.1: Zeměpisné souřadnice

Mezi pravoúhlými a zeměpisnými souřadnicemi platí vztahy:

$$x = (\varrho + H) \cos(\phi) \cos(\lambda) \quad (5.2)$$

$$y = (\varrho + H) \cos(\phi) \sin(\lambda) \quad (5.3)$$

$$z = ((1 - e^2)\varrho + H) \sin(\phi) \quad (5.4)$$

kde e je excentricita elipsoidu

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \quad (5.5)$$

a ϱ je příčný poloměr křivosti

$$\varrho = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\phi)}} \quad (5.6)$$

5.3 Převod mezi systémy souřadnic

Na transformaci souřadnic je použit speciální javaskript.

Převod z WGS-84 do S-JTSK

WGS-84

Zeměpisná šířka:
stupně: ° minuty: vteřiny:

Zeměpisná délka:
stupně: ° minuty: vteřiny:

S-JTSK
X: m Y: m

Obrázek 5.2: Převod souřadnice ze systému WGS-84 do S-JTSK.

Webová stránka je vizuálně znázorněná na obr. 5.2 (zdrojový kód je na příloženém cd).

V skriptu jsou definovány dvě vlastní funkce a zbytek je definice stránky, která slouží pro vizualizaci. Po spuštění se zobrazí jednoduché prostředí, kde uživatel vyplní pouze zeměpisnou šířku a délku (k tomu slouží šest EditTextů a několik Labelů pro popis). Po kliknutí na tlačítko se spustí první funkce *Převod*. Ta načte data ze vstupu – z obrazovky. Jsou to konkrétně stupně, minuty a vteřiny pro zeměpisnou šířku a totéž i pro zeměpisnou délku. Délka a šířka jsou vstupní data do druhé funkce *wgs2jtsk*. Výsledný data z druhé funkce jsou na závěr zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

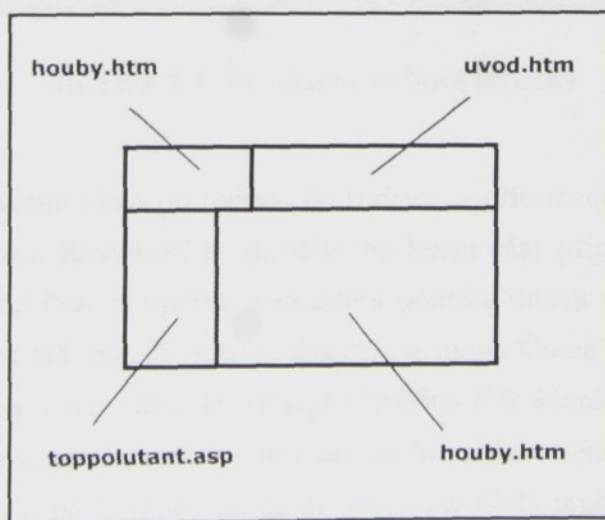
Druhá funkce *wgs2jtsk* nejprve převede vstupní data pouze na dvě reálná čísla (ze stupňů, minut a vteřin), která jsou následně převedena na radiány. Poté se souřadnice přetransformují, pomocí matematických a goniometrických převodů s použitím několika konstant (viz předchozí kapitola), do druhého systému souřadnic a výstupem z funkce jsou dvě reálná čísla X, Y. Čísla jsou zobrazena a jsou doplněna popisem a udáním jejich jednotek.

Ale tento způsob je pracný a složitý. Pro více souřadnic se musí každá samostatně přepočítat a snadno vznikne chyba. V našem případě je k dispozici 300 různých souřadnic. Proto je použit další skript, tentokrát v php. První skript byl přepsán a upraven, vznikl nový, který umožňuje v cyklu načíst souřadnice ze vstupního souboru, transformovat je do druhého systému a uložit do výstupního souboru. Zdrojový text je na přiloženém cd. Skript není vizuální.

5.4 Webová prezentace

Jelikož zatím nebyla dořešena problematika autorských práv, tato webová prezentace není v současné době přístupná na internetu. Zatím je možné spouštět lokálně. Je však připravená k použití a spuštění na serveru. V době zadání se plánovalo, že stránky budou vystavené na webových stránkách Českého ekologického ústavu www.ceu.cz. Během roku byla reorganizace uvnitř této společnosti, tudíž stránky nejsou přístupné. V nejbližší době se stránky přesunou, včetně projektu měření obsahu těžkých kovů v dřevokazných houbách na stránky Mikrobiologického ústavu v Praze a budou přístupné široké veřejnosti.

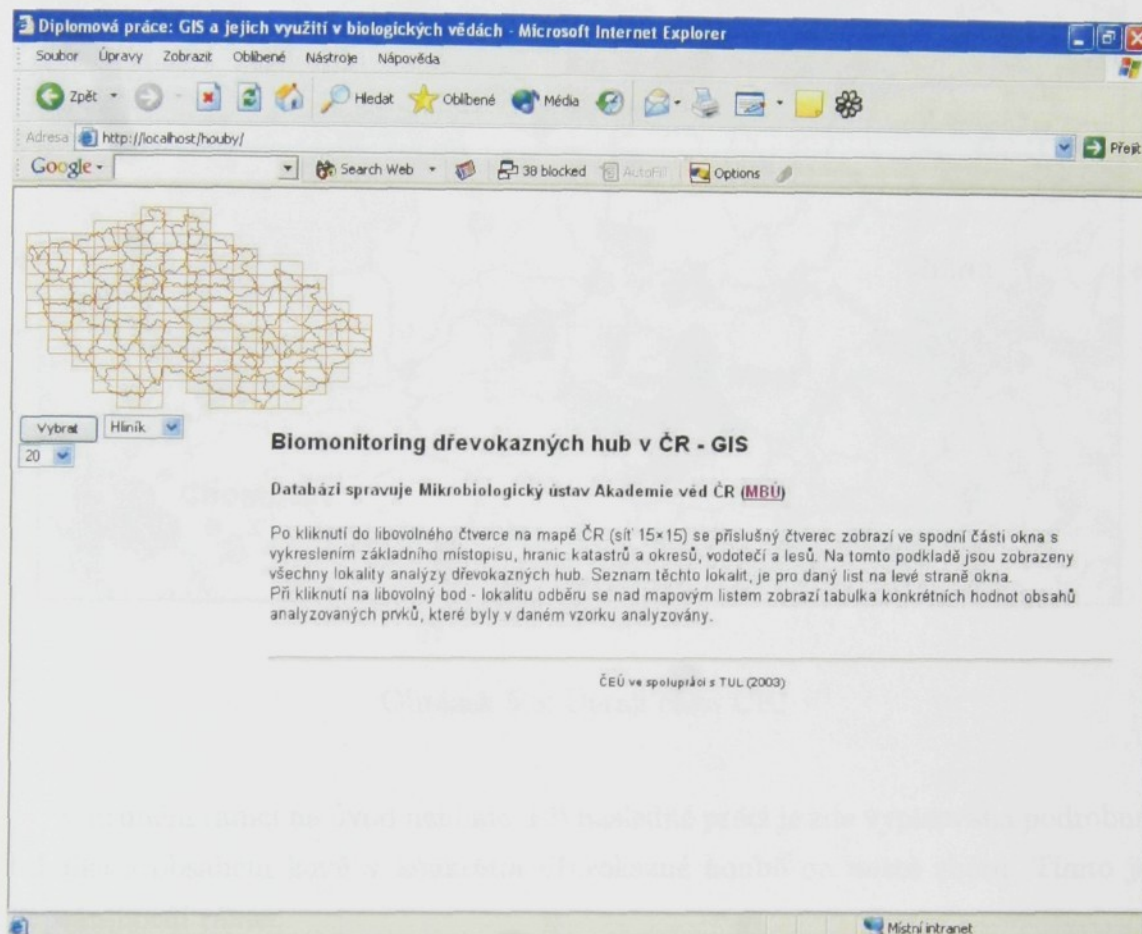
Při prvním spuštění se uživateli ukáže titulní stránka (obr.5.4 na následující stránce). Stránka je rozdělena na několik obdélníkových částí (framů¹), v našem případě



Obrázek 5.3: Schéma úvodní webové stránky.

¹frame = tzv. rámec

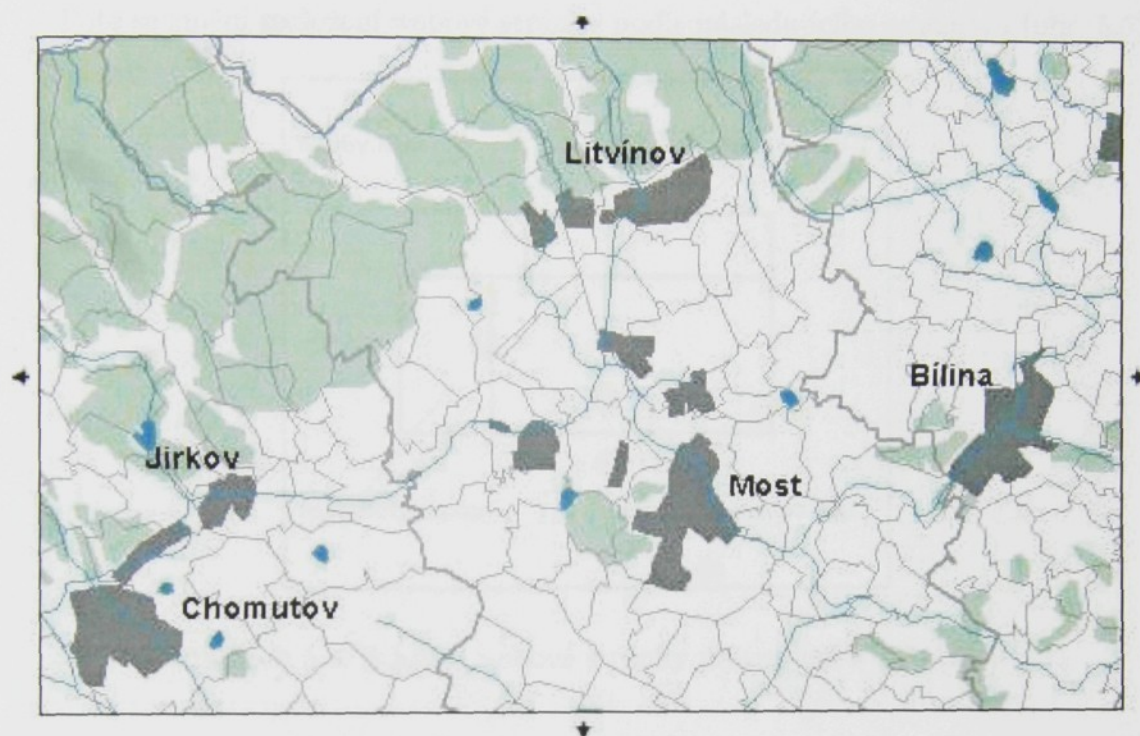
na čtyři rámce (levý horní, pravý horní, levý spodní a pravý spodní). Každý rámec je samostatná html či asp stránka (viz schéma 5.3).



Obrázek 5.4: Rozdělení webové stránky.

Nejprve je rozděleno okno prohlížeče po řádcích v přibližném poměru 1:2, záleží na rozlišení monitoru. Rozdělení je statické, na horní část připadne 220 pixelů, na spodní zbytek. Horní část je opět v podobném poměru znova rozdělena. Tentokrát levá část má velikost 300 pixelů. V ní *houby.htm* je mapa České republiky² (obr.5.4), která je rozdělena na menší části, kterých je přibližně 130. Menší mapky mají přesah 10 pixelů z důvodů snadného zobrazení míst na hranicích menších map. Jednotlivé mapky jsou odkazy a po kliknutí na ně se ve čtvrté části prohlížeče (vpravo dole) zvětší příslušná část naší republiky, včetně zobrazení sběrů dřevokazných hub (viz. obr. 5.5). Po stranách je doplněna o šipky, pomocí nichž se dá pohybovat do sousední části mapy, pokud nejsme na hranicích republiky a mapa tím končí.

²Mapa ČR byla převzata z ČEÚ (<http://www.ceu.cz>) a je i jejich majetkem



Obrázek 5.5: Detail části ČR.

V druhém rámci na úvod není nic. Při následné práci je zde vypisována podrobná tabulka s obsahem kovů v konkrétní dřevokazné houbě na místě sběru. Tímto je popsán horní rámec.

Dolní frame je rozdělen v přibližném poměru 1:3 (přesný poměr záleží opět na rozlišení, které má nastaven uživatel na monitoru, neboť rozdělení není poměrové, ale přesná část, 200 pixelů, je přiřazena levému rámci a zbytek pravému. V pravém rámci je úvodních pár slov pro uživatele webové aplikace.

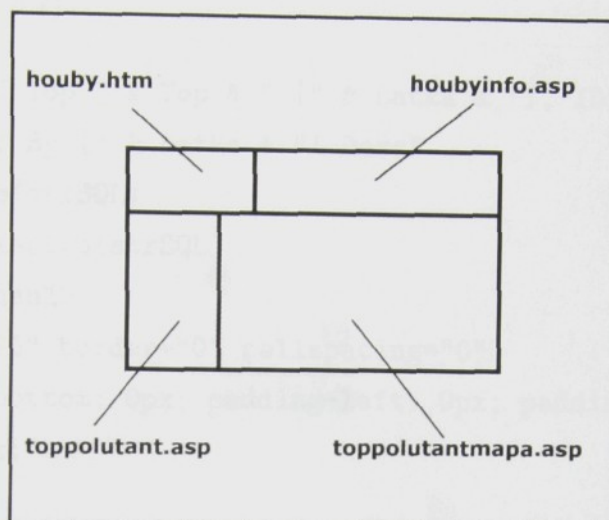
V levém rámci *TopPolutant.asp* jsou tři komponenty pro přehled problematiky podle prvků (konkrétně jedno tlačítko a dva comboboxy). Tlačítko slouží pro potvrzení, když si uživatel vybere hodnoty v comboboxu. V prvním si vybírá prvek (hliník, berylium, kobalt, měď, olovo a zinek), který ho zajímá, a ve druhém comboboxu si vybere počet záznamů (20, 50, 100 a vše), které mají být zobrazeny. Po kliknutí na tlačítko server naváže spojení

```
Set SQLcon = CreateObject("ADODB.Connection")})
```

s databází

```
SQLcon.Open "WEB\_GIS"}
```

Poté se změní rozložení webové stránky podle následujícího schématu (obr. 5.6).



Obrázek 5.6: Schéma webové stránky po spojení s databází.

Pokud se podaří spojení s databází, vypíše se tabulka (obr. 5.7) s následujícími údaji: název místa sběru, poměrná hmotnost kovu a jednotky (mg/kg)³, dále je uvedena latinská zkratka dřevokazné houby, která byla pro průzkum použita.

M <u>Ostrava</u> (SHI)	400 mg/kg
M <u>Bílé Labe</u> (FP)	372,6 mg/kg
M <u>Jiloviště</u> (SHI)	367 mg/kg
M <u>Kamenny Ujezdec</u> (DQ)	331,74 mg/kg
M <u>Bílé Labe</u> (FP)	298,19 mg/kg

Obrázek 5.7: Tabulka sběrů vybraná podle konkrétního prvku.

³poměrná hmotnost udává hmotnost kovu v mg na 1 kg houby

Ve stručnosti je zde výpis zdrojového kódu pro výpis tabulky, která je na předchozí stránce (obr. 5.7).

```
strSQL = "SELECT Top " & Top & " [" & Latka & "], ID, Obec, Druh
FROM Houby Order By [" & Latka & "] Desc"
' Response.Write(strSQL)
Set RS=SQLcon.Execute(strSQL)
If Not RS.EOF Then%>
<table width="175" border="0" cellspacing="0"
style="padding-bottom: 0px; padding-left: 0px; padding-right: 0px;
padding-top: 0px;">
<%
Do While Not RS.EOF
%>
```

Všechny údaje jsou barevně odlišené z důvodu snadnější orientace. Ještě před místem sběru je zelené písmeno M. Je to odkaz, při kliknutí na něj se rozbliká bod sběru na mapě. Rozblikání se provádí cyklickým zobrazováním dvou obrázků.

```
For Each obr In document.all.Tags("IMG")
If obr.ClassName="Obr"
Then
If obr.id=ID
Then
obr.src="BodAni.gif"
Else
obr.src="Bod_M.gif"
obr.Style.zIndex=0
End if
End If
```

Když uživatel klikne přímo na místo sběru, spustí se v druhém rámci stránka *HoubyInfo.aps*. Hledané místo se na mapě ve čtvrtém rámci rozbliká a zároveň se zobrazí tabulka (v druhém rámci) kompletního sběru všech kovů dané lokality (obr.5.8 na následující stránce).

Obec - lokalita: **Ostrava** (Druh houby : SHI)

prvek	hodnota	prvek	hodnota
Hliník	994,6 mg×kg ⁻¹	Berilium	0,229 mg×kg ⁻¹
Kadmium	5,515 mg×kg ⁻¹	Měď	51,04 mg×kg ⁻¹
Olovo	8,502 mg×kg ⁻¹	Zinek	106 mg×kg ⁻¹

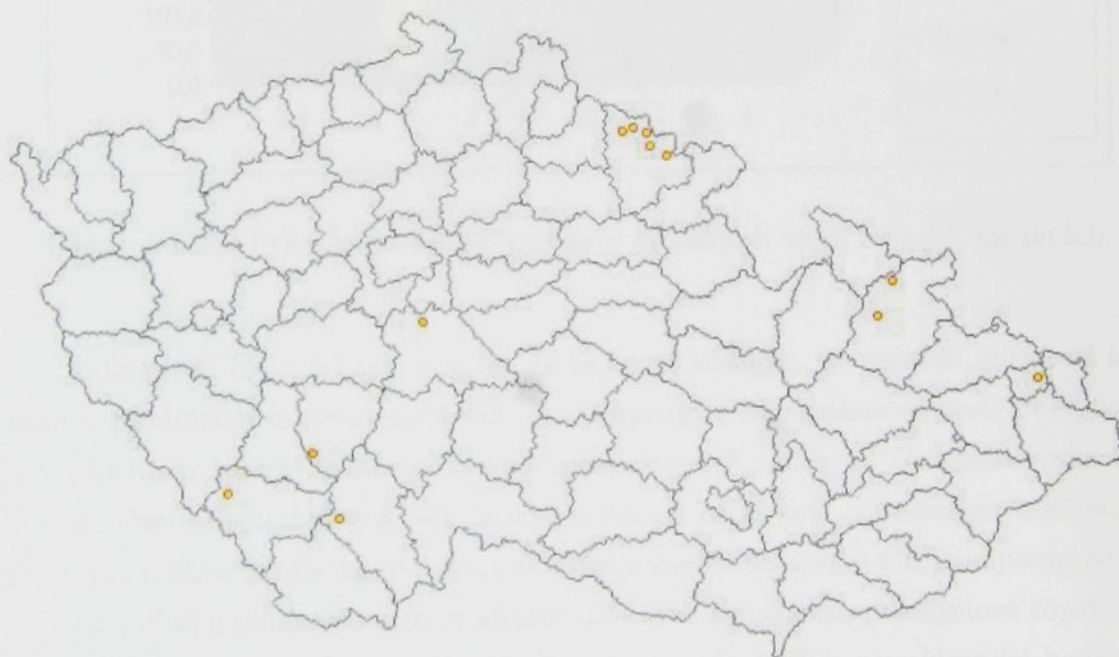
Obrázek 5.8: Tabulka sběrů vybraná podle místa sběru.

Pro zobrazení tabulky je následující zdrojový kód:

```
<table border='1'>
<col align="left"/>
<col align="right"/>
<col align="left"/>
<col align="right"/>
<tr><th>prvek</th>
<th width='100'>hodnota</th>
<th>prvek</th>
<th width='100'>hodnota</th></tr>
<tr><td><a>
Hliník</a></th>
<td><% =RS("Al") %> mgkg<sup>-1</sup></td>
<td><a>Berilium</a></th>
<td><% =RS("Be") %> mgkg<sup>-1</sup></td></tr>
<tr><td><a>Kadmium</a> </th>
<td><% =RS("Cd")%> mgkg<sup>-1</sup></td>
<td><a>Měď</a> </th>
<td><% =RS("Cu")%> mgkg<sup>-1</sup></td></tr>
<tr><td><a>Olovo</a> </th>
<td><% =RS("Pb")%> mgkg<sup>-1</sup></td>
<td><a>Zinek</a> </th>
<td><% =RS("Zn")%> mgkg<sup>-1</sup></td></tr>
</table>
```


V názvu tabulky je obec - lokalita sběru a v závorce druh houby. Je to také odkaz, který zobrazí v novém okně seznam všech dřevokazných hub použitých při výzkumu, včetně jejich latinských názvů a jejich latinských zkratk. V tabulce jsou jednotlivé těžké kovy s jejich poměrnou hmotností. Je možno si ve formátu pdf stáhnout podrobnější informace o dřevokazných houbách použitých při měření, včetně fotografie. Dále je možno si stáhnout bližší vysvětlení atomové absorpční spektrometrie, neboť metoda není příliš známá široké veřejnosti, ale je hojně používána pro získání obsahu kovů z hub.

Ve čtvrtém rámci se zobrazí mapa České republiky. Pro snadnější orientaci v ní jsou znázorněny hranice okresů. Žlutým bodem s červenou linkou na obvodu jsou znázorněny místa sběru dřevokazných hub, kde byly nalezeny stopy hledaného kovu (obr. 5.9). Při kliknutí na bod se rozbliká. Červená linka po obvodu mizí a zase se objevuje. Když se objeví, ještě se označí střed.

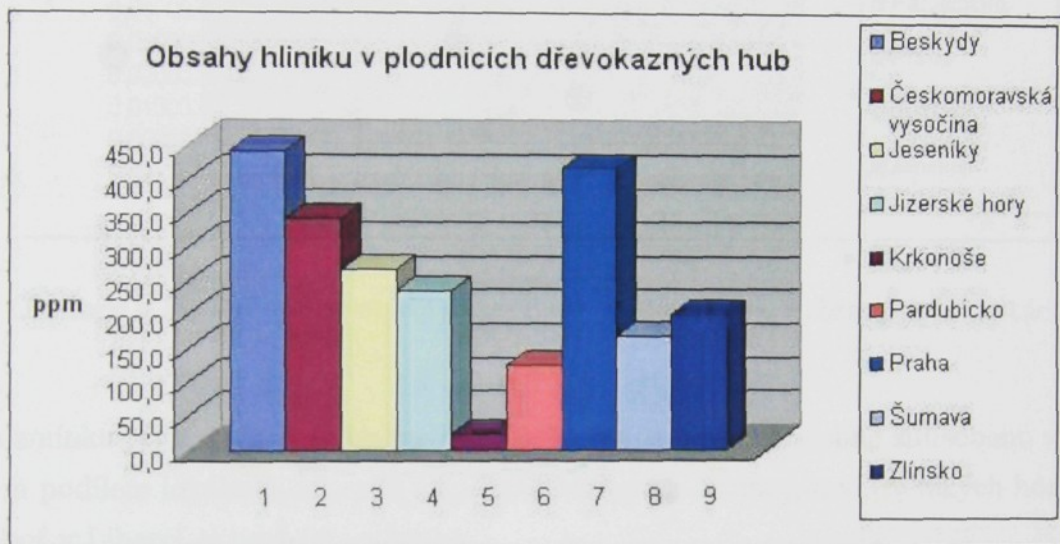


Obrázek 5.9: Mapa ČR s vyznačenými místy sběru dřevokazných hub.

5.5 Grafy

Grafy jsou statické. Mohly by být vytvořeny i dynamicky. Ale pokud se výrazně změní databáze, bylo by mnohem složitější ji upravovat než vytvořit nové grafy.

Následuje popis jednotlivých grafů.

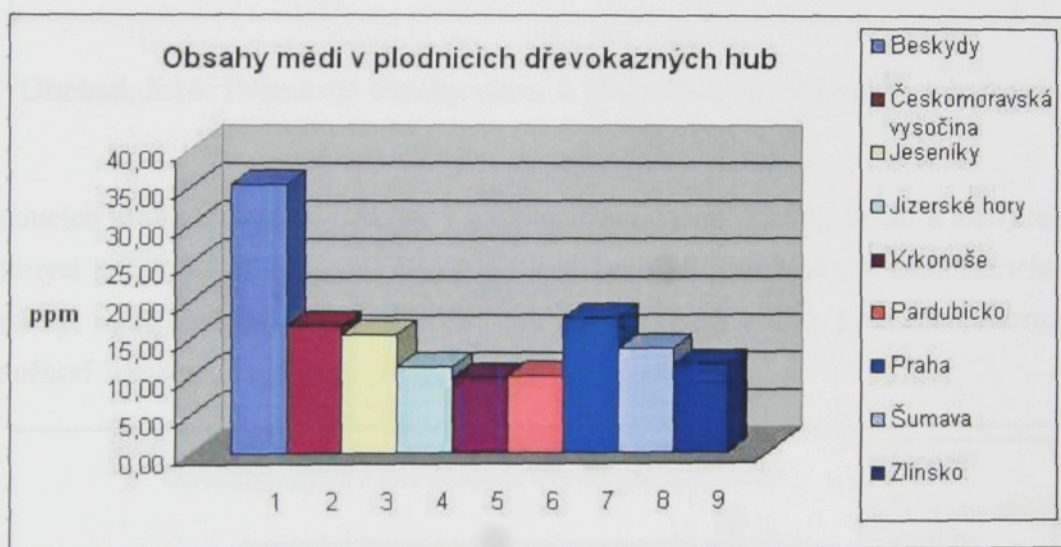


Obrázek 5.10: Průměrné obsahy hliníku v plodnicích ve vybraných lokalitách.

Podle grafu (obr. 5.10) je patrné, že nejhorší hodnoty, tj. největší množství hliníku v plodnicích dřevokazných hub se vyskytuje v Moravskoslezských Beskydech a v přilehlém Novojičínsku a Frýdeckomístecku, v Praze a na Českomoravské vysočině. Uvedené hodnoty se ale řádově neliší od ostatních naměřených hodnotam z ostatních částí republiky. Rozhodující zdroje znečištění území ČR jsou pevné aerosoly (popílký) z domácích a zahraničních uhelných elektráren, průmyslová topeniště uhlí. Trendem v úrovni atmosferické depozice (podle MBÚ) jsou klesající hodnoty hliníku, neboť je výrazný pokles v důsledku poklesu množství spalovaného lignitu, instalace účinnějších odlučovačů popílků, pokles výroby těžkého průmyslu.

Z uvedeného grafu (obr. 5.11) jasně vyplývá, že nejvyšší hodnoty berylia se nacházejí v Moravskoslezských Beskydech. Z toho lze odvodit jednoduché závěry. Berylium se do ovzduší dostává téměř výhradně spalováním nekvalitního uhlí a olejů. V Beskydech je to jednoznačné (i díky podrobnostem sběru) opět dáno blízkostí průmyslového města Ostrava. Právě v okolí tohoto města se nacházejí nejvyšší hodnoty berylia. Dá se říct, že jsou řádově několikrát vyšší než v ostatních částech republiky.

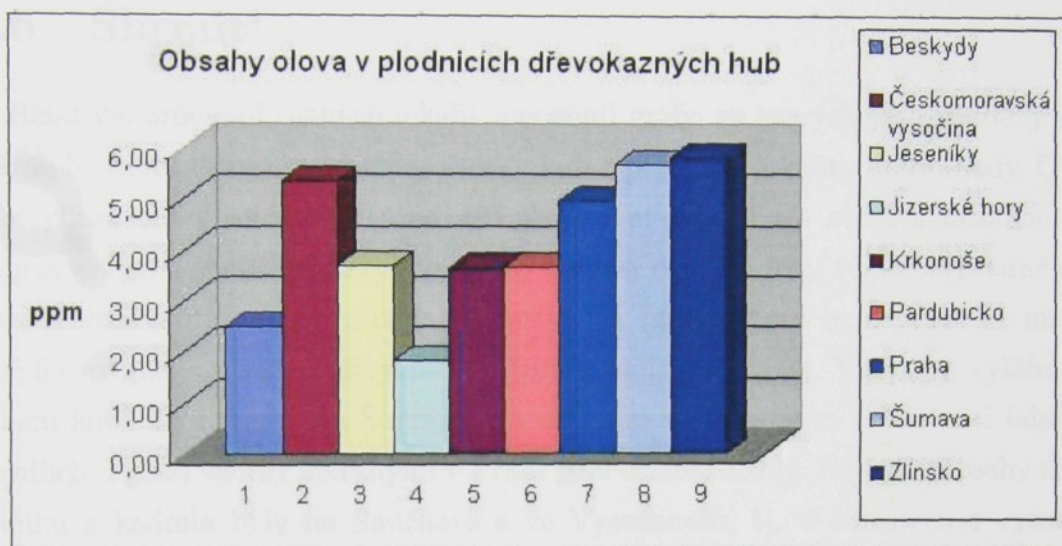
Z grafu (obr. 5.13), zaměřeným na výskyt mědi v ovzduší opět jednoznačně vyplývá, že hodnoty koncentrace tohoto těžkého kovu v plodnicích dřevokazných hub jsou v Beskydech, konkrétně na Ostravsku alespoň 2x vyšší než na zbytku České republiky. Ostatní hodnoty jsou velice vyrovnané. Rozhodující zdroje znečištění území ČR mědi jsou hutní a strojírenský průmysl a hutnictví mědi v jižním Polsku, spalování lignitu v elektrárnách, chemický průmysl, lokální průmyslové provozy, spalovny komunálního odpadu, ochranné postřiky polních kultur apod. Trend v úrovni atmosférické depozice mědi má klesající tendenci. Byl zjištěn statisticky průkazný pokles úrovně atmosférické depozice mědi hlavně v důsledku snížení produkce metalurgického a chemického průmyslu a snižováním množství spalovaného lignitu.



Obrázek 5.13: Průměrné obsahy mědi v plodnicích ve vybraných lokalitách.

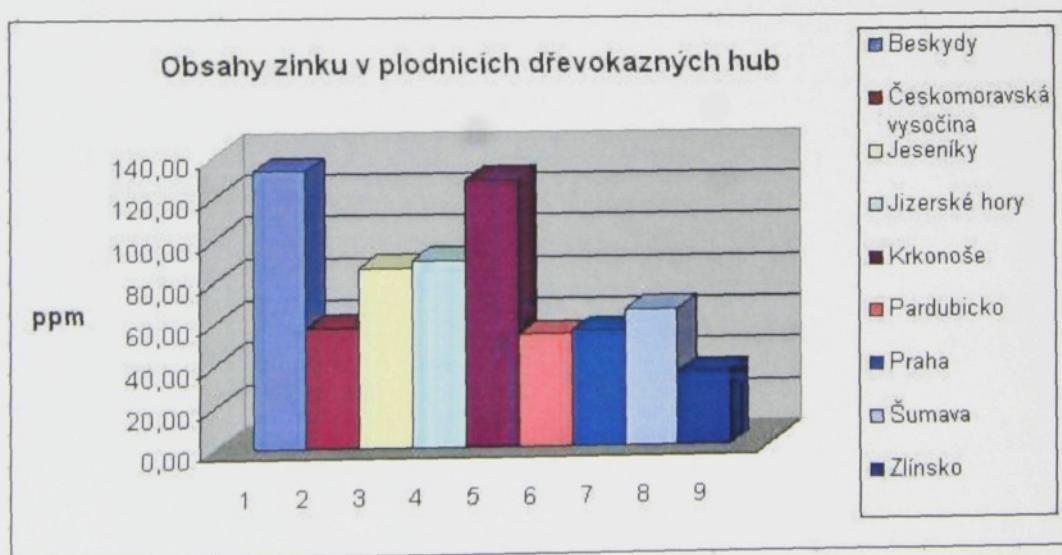
Při měření olova (obr. 5.14 na následující stránce) jsou nejmenší hodnoty v Beskydech a v Jizerských horách. V Beskydech je to zajímavé, zvláště s ohledem na předchozí grafy. Jizerské hory jsou nejčistší hory v naší republice. Rozhodující zdroje znečištění území ČR jsou neželezná metalurgie, chemický průmysl a průmyslové spalování lignitu. Trend v úrovni atmosférické depozice mědi má průkazný pokles v důsledku poklesu hutní výroby a snížení množství spalovaného ligninu a olovnatého benzínu.

Nejvyšší hodnoty zinku (obr. 5.15 na následující stránce) se nacházejí v Beskydech a v Krkonoších. Zdroje znečištění jsou následující metalurgický průmysl, spalování lignitu a uhlí v průmyslových topeništích, intenzivnější vymývání aerosolů



Obrázek 5.14: Průměrné obsahy olova v plodnicích ve vybraných lokalitách.

nesoucích zinek z ovzduší deštěm v horských oblastech, lokální hutní a strojírenský průmysl a spalování komunálních odpadů. Trend obsahu zinku v atmosferické depozici je opět klesající v důsledku útlumu hutní výroby a díky poklesu spalovaného množství lignitu.



Obrázek 5.15: Průměrné obsahy zinek v plodnicích ve vybraných lokalitách.

5.6 Shrnutí

Relativní srovnání různých lokalit umožňují grafy, ve kterých jsou uvedeny průměrné hodnoty vždy pro všechny vzorky hub z příslušné lokality dohromady. Olovo a berylium se v životním prostředí šíří především ovzduším – olovo z automobilové dopravy, hutí a spaloven, berylium se do ovzduší dostává nyní téměř výhradně spalováním nekvalitního uhlí a oleje. V počátcích raketové éry bylo poměrně mnoho berylia uvolněno do atmosféry při startech kosmických raket. Vzorky s vyšším obsahem kovů lze nalézt i na Šumavě, ale většinou u silnic nebo v blízkosti lidských obydlích. I mezi vzorky sbíranými v Praze jsou určité rozdíly. Nejvyšší obsahy mědi, hliníku a kadmia byly na Smíchově a ve Vysočanech, tj. v oblastech s vysokým podílem lokálních topenišť i vysokou hustotou dopravy.

Protože obsahy kovů v dřevních houbách neuvádí žádná norma, nezbyvá než data srovnávat relativně.

Kapitola 6

Závěr

Cílem diplomové práce bylo seznámit se s tematikou Geografických informačních systémů. Jejich využití v biologických vědách bylo konkrétně ukázáno na měření obsahu těžkých kovů v dřevokazných houbách. Bylo provedeno zobecnění této problematiky. Největší důraz a hlavní praktický cíl byl ve webové prezentaci, která byla vypracována na základě požadavku z Mikrobiologického ústavu (MBÚ), podle přesného zadání, což bylo absolutně splněno (viz příloha).

Největší klad předkládané práce je v jejím praktickém využití. Pilotní aplikace bude vystavená na webových stránkách MBÚ a bude přístupná široké veřejnosti.

Je možno v této aplikaci pokračovat a rozšiřovat její možnosti. Bylo by vhodné doplnit podrobnější mapu Prahy, neboť hlavní město je rozlehlé s různou intenzitou znečištění. Jsou k tomu i podklady, neboť MBÚ sídlí v Praze a je zde provedeno mnoho sběrů dřevokazných hub na různých místech.

Dále by bylo užitečné spojit různá měření, experimenty zabývající se problematikou výskytu těžkých kovů v atmosféře (viz. kapitola 4). Výsledkem by bylo porovnání na jednom území z více měření a tím by se zvětšil informační charakter aplikace. Tímto by se mohly eliminovat i případné chyby a extrémy.

Kapitola 7

Slovník, použité zkratky

Zkratky, které nejsou uvedeny v této kapitole, jsou buď všeobecně používané (např., atd., apod., aj., tj.) anebo mají pouze vztah k podkapitole, ve které jsou použity, a tam také vysvětleny.

<i>aerosol</i>	soustava složená z kapalných či pevných částic rozptýlených v plynném prostředí
<i>alfanumerická data</i>	data zobrazená písmeny a číslicemi, resp. zvláštními znaky a znakem mezery
<i>AM/FM</i>	Automated Mapping and Facility Management, informační systémy pro správu sítí
<i>CAD</i>	(Computer Aided Design), Počítačové modely
<i>analogová data</i>	data zobrazená fyzickou veličinou, považovanou za spojitě proměnnou, jejíž hodnota je přímo úměrná datům nebo vhodné funkci těchto dat
<i>CAM</i>	(Computer Aided Mapping), Počítačová kartografie
<i>CGIS</i>	(Canada Geographic Information System), nástroj pro účely měření ploch a generování přehledových tabulek
<i>číselná data</i>	data zobrazená číslicemi
<i>data</i>	vlastnosti objektů, vhodně formalizované pro přenos, interpretaci nebo zpracování prostřednictvím osob nebo počítače
<i>DBMS</i>	(Database Management Systems), systémy řízení databází
<i>depozice</i>	volný spad všech částic na zemský povrch

<i>digitální data</i>	data reprezentovaná číslicemi, resp. zvláštními znaky a znakem mezery, uložená na záznamových médiích
<i>DPZ</i>	Dálkový průzkum Země
<i>entita</i>	objekt (abstraktní nebo konkrétní), o kterém je v databázi uložena informace
<i>ESRI</i>	Environmental Systems Research Institute - první firma vyvíjející software GISů
<i>FORTTRAN</i>	(FORmula TRANslation), programovací jazyk
<i>Fotogrammetrie</i>	nauka zabývající se určením tvaru, rozměru a polohy předmětů zobrazených na snímcích a jejich digitální zpracování
<i>frame</i>	rámec, okno prohlížeče je rozděleno na několik obdélníkových částí. V každém rámu je (třebaže to nemusí být vidět) samostatná HTML stránka (soubor)
<i>geodata</i>	prostorová data
<i>geoinformace</i>	získané prostorové informace
<i>GIS</i>	geografické informační systémy
<i>informace</i>	význam, který člověk přisuzuje datům
<i>KSI</i>	Katedra softwarového inženýrství
<i>kyveta</i>	nádobka zpravidla průhledná, užívaná při optickém proměrování vzorků, například roztoků
<i>LIS</i>	(Land Information Systems), informační systémy o území
<i>metadata</i>	data popisující datové prvky, datové modely a datové struktury = data o datech
<i>MBÚ</i>	Mikrobiologický ústav v Praze
<i>MIS</i>	(Municipal Information Systems), městské informační systémy
<i>mycelium</i>	podhoubí, důležitá součást houby, je to síť skládající se z mikroskopických vláken v půdě
<i>NRIS</i>	Natural Resources Information Systems = informační systémy o přírodních zdrojích

<i>orthofotomapa</i>	mapa, jejíž polohopisný obsah je vyjádřen překresleným leteckým snímkem nebo montáží těchto snímků
<i>prostorová data</i>	polohově lokalizovaná data obsahující tematické informace vázané k údaji o poloze, jsou určena svým geometrickým tvarem a polohou na zemském povrchu
<i>redundantní</i>	hospodárný, nenadbytečný, nepřebytečný
<i>RS</i>	(Remote Sensing), dálkový průzkum Země
<i>SYMAP</i>	(Synagraphic Mapping System), první aplikaci pro automatizovanou práci s mapami
<i>Topologie</i>	obor matematiky, zabývající se explicitním definováním prostorových vztahů, je to geometrie „relativní prostorové polohy“. V mapách definuje spojení mezi prvky, identifikuje přilehlé polygony nebo definuje jeden prvek jako soubor jiných prvků (např. plochu jako soubor linií, které ji ohraničují).
<i>TUL</i>	Technická univerzita v Liberci
<i>WOI</i>	Modelovaná oblast v rastrovém modelu

Použité názvy programových produktů či firem mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

Literatura

Knihy:

- [1] BREWER, J.W., SKUHRÁVY V., HRUBÍK P., *Levels of major foliar chemicals in needles of Pinus mugo in Bohemian peat bogs*, Ekol. Bratislava 1994, 246 s.
- [2] BŘEHOVSKÝ M., JEDLIČKA K., *Úvod do Geografických informačních systémů*, 1999, Plzeň, 50 s.
- [3] GABRIEL J., *Úvod do experimentální mykologie, přednášky ke kursu Úvod do experimentální mykologie*, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 1984, 46 s.
- [4] HAASE E., *Pflanzen reinigen Schwermetall-Böden. Umwelt*, Berlin, 1988
- [5] HAUF, M. A KOL, *Geodézie*, SNTL, Praha 1989
- [6] KORTE GEORGE B., *The GIS (Geographic Information Systems) book*, Santa Fe, OnWord Press, 1994
- [7] MERVART, L., *Základy GPS*, Praha, ČVUT 1993
- [8] OETIKER T., *Ne příliš stručný úvod do systému LATEX*, 1998, 73 s.
- [9] SEDLÁČEK, F., ŠŤASTNÝ, K., BEJČEK, V., *Koncentrace hemoglobinu hraboše polního (Microtus arvalis) z průmyslové exponované a kontrolní oblasti. Sborník Ústavu aplikované ekologie a ekotechniky Vysoké školy zemědělské v Praze*, 1987
- [10] SKOŘEPOVÁ, I., RNDR., *Stanovení kritických zátěží síry a dusíku pro lesní půdy*, Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2001
- [11] STRAALEN, N. M., KRIVOLUTSKY D. A., *Bioindicator Systems for Soil Pollution. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht etc.*, 1996, 261 s.

- [12] TUČEK J., *Geografické informační systémy. Principy a praxe*, Computer Press, Praha, 1999, 424 s.
- [13] VÁŇA J., ROTH J., *Zabezpečení fytopaliva v oblasti elektrárny Tušimice*, Envichos s.r.o., Chomutov, 1994
- [14] VOŽENÍLEK V., *Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty*, Polygrafické středisko VUP, Olomouc, 2000, 173 s.

Časopisy:

- [15] *ArcNews*, California (USA), léto/2002
- [16] *ArcRevue*, Praha, 4/1999
- [17] *ArcUser*, New York (USA), duben-červen/2002
- [18] *GeoInfo*, Praha 5/2000
- [19] *GeoInformace*, Praha, léto/2002
- [20] *GIS & DPZ* Ostrava, 1994
- [21] *CHIP*, Praha, 2/2002, 2/2001, 2/2000
- [22] *Vesmír*, Praha, září/1998
- [23] *Živa*, Praha, 2/1998

Webové odkazy:

- [24] <http://www.24hdesign.cz/>, aktuality, převážně ve vztahu k firmě Autodesk
- [25] <http://www.cstug.cz>, československé sdružení uživatelů TeXu
- [26] <http://www.geography.wisc.edu/sco/gis/history.html>, historie GIS
- [27] <http://www.geoinformace.cz>, časopis geoinformační komunity
- [28] <http://www.geoinfo.cz>, svět geoinformatiky, aktuality v elektronické podobě

- [29] <http://www.gisdevelopment.net/history/>, historie GIS
- [30] <http://lea.ecn.cz>, Liga ekologických alternativ
- [31] <http://leoprsk.2v1.cz/houby>, Atlas hub
- [32] <http://www.root.cz>, Jak na LaTeX - 15-ti dílný seriál
- [33] <http://www.zememeric.cz/>, časopis o geodézii, katastru nemovitostí a kartografii

Konference:

- [34] Československá konference uživatelů GISu GRASS:
<http://pandora.idnes.cz/conference/grass/2004/>
- [35] Podtitul sympozia v Ostravě 2004 zní Mobilní a internetové technologie:
http://gis.vsb.cz/Konference/GIS_Ova/GIS_Ova_2004/gis_ostrava_2004.htm
- [36] Spatial information theory : A theoretical basis for GIS. International conference COSIT '95, Semmering, Austria, September 21-23, 1995. Berlin

Přílohy

Příloha č.1: Hodnocení aplikace od zadavatele

(RNDr. Jiří Gabriel, DrSc. – Mikrobiologický ústav Akademie věd České republiky v Praze)

Práce na úseku Kanceláře ústavu ve svých volných chvílích přispívá k rozvoji vědy a techniky v oblasti mikrobiologie a imunologie. V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu. V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu.

V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu. V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu.

V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu. V průběhu své práce aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu.

Podle svého odborného působení aplikuje získané znalosti v oblasti mikrobiologie a imunologie v rámci svého odborného působení v Kanceláři ústavu.

AN: MIKROBIOLOGICKÝ ÚSTAV
Akademie věd České republiky
Václavské náměstí 82/150, Praha 2
Tel: 221 971 111
E-mail: info@mu-avcr.cz

Jiří Gabriel
RNDr. Jiří Gabriel, DrSc.
Laboratorní biotechnologie a diagnostika
MU AV ČR

Pavel Píchal
RNDr. Pavel Píchal
Odbor informatické podpory



Vyjádření konzultanta k diplomové práci Ladislava Hronka, posluchače Katedry
softwarového inženýrství FM TU Liberec

Práce Ladislava Hronka shrnuje ve formě veřejně přístupné interaktivní databáze výsledky našich mnohaletých studií, zaměřených na monitoring obsahů těžkých kovů v houbách. V předložené formě popisuje aplikace obsahy kovů v dřevokazných houbách, měřených v rámci několika projektů Ministerstva životního prostředí ČR. K dnešnímu dni obsahuje celkem 300 záznamů.

Vlastní aplikace splňuje požadavky původního zadání, tj. má uživatelsky přívětivé rozhraní, umožňuje lokalizovat místa sběru na mapce a poskytuje srovnání aktuálních dat s údaji z jiných (referentních) lokalit. Nejdůležitější vlastností aplikace je možnost vystavení na webových stránkách a zpřístupnění dat široké veřejnosti.

V budoucnosti počítáme s doplněním databáze o obsahy kovů v jedlých houbách a o zvýšení její informační hodnoty i pro laiky.

Podle mého soudu práce splnila zadání a doporučuji ji k obhajobě.

MIKROBIOLOGICKÝ ÚSTAV
Akademie věd České republiky
Videňská 1083, 142 20 Praha 4-Krč
Sektor 4
Ekologie

RNDr. Jiří Gabriel, DrSc.
Laboratoř biochemie dřevokazných hub
MBÚ AV ČR

RNDr. Pavel Piskač
vedoucí Oddělení informatiky ČEU

Příloha č.2: CD-ROM

Elektronické medium obsahuje všechny zdrojové texty webové aplikace.

Předkládaná práce je též na CD-ROM (v mnoha formátech):

- tex
- dvi
- ps
- pdf

