

VĚDECKÉ SPISY VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V BRNĚ

*Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 174*

*ISSN 1213-418X*

**Dalibor Bartoněk**

**VYBRANÉ APLIKACE  
Z OBLASTI GIS**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

Ústav geodézie

**Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.**

**VYBRANÉ APLIKACE Z OBLASTI GIS**

SELECTED APPLICATIONS FROM GIS

Zkrácená verze habilitační práce



BRNO 2005

## KLÍČOVÁ SLOVA

Geografický informační systém (GIS), koroze kovů, měření v terénu, informační systémy, vady potrubí, statistické metody, shluková analýza, kartogramy, konverze grafických formátů, syntaktická analýza, transformace souřadnic

## KEY WORDS

Geographic information system (GIS), corrosion of metals, measuring in field, information systems, pipeline defects, statistical methods, cluster analysis, cartograms, conversion of graphic formats, syntax analysis, coordinate transformation

Originál práce je uložen v archivu PVO FAST VUT Brno

# OBSAH

OBSAH.....	3
PŘEDSTAVENÍ AUTORA.....	4
1 ÚVOD.....	6
1.1 STRUČNĚ O GIS.....	6
1.2 KOMENTÁŘ K VYBRANÝM APLIKACÍM.....	7
2 EVIDENCE A VYHODNOCENÍ PROTIKOROZNÍ OCHRANY POTRUBÍ.....	8
2.1 ÚVOD DO PROTIKOROZNÍ OCHRANY.....	8
2.2 CÍL PROJEKTU, VOLBA METODY.....	8
2.3 ANALÝZA SYSTÉMU PROTIKOROZNÍ OCHRANY.....	9
2.3.1 Datová analýza.....	9
2.3.2 Funkční analýza.....	10
2.4 NÁVRH SYSTÉMU.....	12
2.4.1 Datový model.....	12
2.4.2 Funkční model.....	12
2.4.3 Model chování systému.....	12
2.5 IMPLEMENTACE SYSTÉMU.....	16
2.5.1 Implementace systému pod DOS.....	16
2.5.2 Implementace datového modelu pod Windows.....	18
2.5.3 Implementace funkčního modelu.....	18
2.6. ZÁVĚR.....	19
3. VYHODNOCENÍ VAD IZOLACE POTRUBÍ DETEKOVANÝCH PEARSONOVOU METODOU.....	20
3.1 PRINCIP METODY.....	20
3.2. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PRO PEARSONOVU METODU.....	21
3.2.1 Základní statistické údaje.....	22
3.2.2 Shluková analýza.....	22
3.3 ZÁVĚR.....	24
4. SYSTÉM PRO TVORBU KARTOGRAMŮ.....	25
4.1 OBECNĚ O KARTOGRAMECH.....	25
4.2 KONCEPCE PROGRAMU.....	25
4.3 ZPŮSOB VYTVOŘENÍ KRESBY.....	26
4.4 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ.....	29
4.5 ZÁVĚR A DALŠÍ DOPORUČENÍ.....	29
5 KONVERZE GRAFICKÝCH FORMÁTŮ.....	30
5.1 TISK KRESBY V JAZYKU HPGL NA BODOVOU TISKÁRNU.....	30
5.1.1 Konverze souboru ve formátu HPGL do bitmapového souboru.....	30
5.1.2 Přenos bitmapového souboru do tiskárny.....	35
5.2 PŘEVOD KRESBY V HPGL JAZYKU NA DIGIGRAF.....	35
5.3 ZÁVĚR.....	37
5.3.1 Převod kresby v HPGL do bitmapového formátu.....	37
5.3.2 Výstup kresby v HPGL na digigraf.....	37
6. LITERATURA.....	38
7. SUMMARY.....	40

# PŘEDSTAVENÍ AUTORA

**Jméno a příjmení:** Dalibor Bartoněk  
**Narozen:** 10. 6. 1952 v Brně  
**Bydliště:** Jinačovice 128, 664 34 Kuřim  
**Vzdělání:**



- Střední průmyslová škola elektrotechnická v Brně, měřicí a automatizační technika (1967 - 1971),
- Ing. - Vysoké učení technické v Brně, fakulta elektrotechnická, obor elektronické počítače (1971 - 1976),
- CSc. - externí aspirantura v oboru výpočetní technika, téma „Návrh technického simulátoru SFDL/SCL“, (obhajoba v roce 1993).

## Přehled o praxi:

- 1976 – 1986 samostatný inženýr výpočetního střediska, Ústav výpočetní techniky Ostrava, výpočetní středisko Brno,
- 1986 – 1991 vedoucí výzk. a vývojový pracovník, Výzkumný ústav měřicí techniky Brno,
- 1992 – 1994 samostatný výzkumný a vývojový pracovník, Výzkumný ústav rozvoje oblastí a měst Ostrava, pracoviště Brno,
- od roku 1994 - odborný asistent Ústavu geodézie Fakulty stavební VUT Brno.
- od roku 2002 - externí výuka na Evropském polytechnickém institutu Kunovice.

## Absolvované stáže:

1977 – 1978 (celkem 6 měsíců) odborná stáž u počítače EC1010, Videoton, Maďarsko.

## Odborné zaměření:

Teoretická informatika, MicroStation, počítačová grafika, databáze, GIS, programování v Delphi.

## Seznam řešených projektů:

1. Zavedení automatizace inženýrských prací v bývalém koncernu TESLA Měřicí a laboratorní přístroje (MLP) v době působení ve Výzkumném ústavu měřicí techniky v letech 1986 – 1991:
  - Koncepce systému automatizace inženýrských prací v koncernu TESLA MLP.
  - Automatizace návrhu plošných spojů (Metra Blansko, Tesla Valašské Meziříčí).
  - Automatizace konstrukčních prací (Tesla Brno, Metra Blansko).
2. Řešení úkolu č. 1/31/FI/1992 Regionální informační systém (REIS) vyvíjený a prvotně ověřovaný na území brněnského regionu řešený ve Výzkumném ústavu rozvoje obcí a měst Ostrava, pracoviště Brno (období 1992 -1994). Zadavatel Ministerstvo hospodářství ČR. Dílčí úkoly: metainformační subsystém, databáze popisných a grafických informací.
3. Evidence a vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí pro bývalé ČPP (české plynárenské podniky) – v rámci spolupráce s Ing. Svatoplukem Sedláčkem od r. 1991 dosud. Verze pro DOS byla prezentována na mezinárodních konferencích Workshop na téma "Antikorozní ochrana potrubí" v ČR (Praha), Německo (Mnichov), Polsko (Katowice) a Francie (Paříž) v letech 1996-1999. Dvě instalace byly realizovány ve Francii. V roce 2002 byl systém převeden do aplikace ve Windows (zdrojové moduly vytvořeny v Borand Delphi). V roce 2005 byl systém GAS-ACOR vyhlášen za standard pro automatizované zpracování protikorozní ochrany potrubí v rámci působnosti německé firmy RWE v ČR.

4. Evidence a vyhodnocení protikorozi ochrany úseků a sledů pro Transgas Praha (systém GASSERV) – v rámci spolupráce s Ing. Svatoplukem Sedláčkem od r. 1991 dosud. V roce 2003 byl systém převeden do aplikace ve Windows (zdrojové moduly vytvořeny v Borand Delphi).

5. Evidence a vyhodnocení protikorozi ochrany úseků a sledů pro MERO ČR a. s. Kralupy nad Vltavou (včetně produktovou Ingolstadt – Kralupy) – systém MGASSERV od r. 1996 dosud. V roce 2003 byl systém převeden do aplikace ve Windows (zdrojové moduly vytvořeny v Borand Delphi). Zkušební provoz proběhl v roce 2004, v rutinní provoz zahájen od konce roku 2004.

6. Automatické sledování a vyhodnocení vad potrubí pro ČPP a ČEPRO a. s. (Pearsonova metoda měření vad a detekce vad inteligentním ježkem) – v rámci spolupráce s Ing. Svatoplukem Sedláčkem od r. 1996 dosud. V roce 2002 byl systém převeden do aplikace ve Windows a v této verzi začleněn do všech systémů pro protikorozi ochranu potrubí.

7. Úkol FRVŠ 1680 „Vybudování moderního vzdělávacího pracoviště Geodézie a kartografie na Ústavu geodézie FAST VUT v Brně“ - spoluřešitel s Ing. Burešem.

### **Pedagogická činnost:**

*Výuka na VUT v Brně:*

Cvičení pro obor geodézie a kartografie, stavební fakulta:

Kartografické kreslení (1994-96), Numerické metody geodetických výpočtů (1994-98), Programování (1994-98), MicroStation (1994 dosud), Počítačová grafika (1994 dosud), Územní informační systémy (1994 dosud), Výuka v terénu (1996 dosud), Databáze (1999 dosud).

Přednášky pro obor geodézie a kartografie, stavební fakulta:

Počítačová grafika (1996 dosud), Databáze (1999 dosud), Územní informační systémy (od 2005)

Výuka v postgraduálním doktorandském studiu: Digitální zpracování obrazu 1998 – 2001.

Vedení diplomových prací: od 1994 - dosud celkem 12 studentů:

Člen komise pro obhajoby diplomových prací v oboru geodézie a kartografie.

*Výuka na Evropské polytechnické institutu (EPI) v Kunovicích:*

Přednášky i cvičení pro obor elektronické počítače:

Teoretické základy informatiky (od 2002), Programovací techniky (od 2004).

Člen komise pro obhajoby bakalářských prací v oboru elektronické počítače.

Člen organizačního výboru International Conference on Soft Computing Applied in Computer and Economic Environments – ICSC, Evropský polytechnický institut Kunovice.

### **Publikace:**

Odborné články: 32x z toho:

- příspěvky ve sborníku národního nebo mezinárodního kongresu, sympózia nebo vědecké konference: 12x,
- publikace v odborném časopisu 13x,
- odborná příručka v oboru 7x.

Výzkumné zprávy: 22x

Skripta: 6x

Významné inženýrské dílo: 6x, z toho 4x software.

# 1 ÚVOD

## 1.1 STRUČNĚ O GIS

Termín GIS (Geografický informační systém) pochází od R. F. Tomlinsena (1963), který jej definoval jako

1. systém určený pro práci s daty nesoucími informace o terénu, jenž
2. využívá nové technologie (tj. počítače).

Existuje celá řada dalších definic, i značně odlišných. Přes jejich rozdílnost je možné konstatovat některé společné rysy. Současně je možno tyto definice rozdělit do dvou skupin:

1. Definice, které explicitně vyjadřují, že prostředí GIS je tvořeno počítačovým hardware (dále HW) a software (dále SW), např. [Kolář 1997], [DIGEST 1994] a [Understanding GIS 1993].
2. Definice, které tento požadavek neobsahují a nedefinují tak prostředí GIS viz např. [Jeffrey, Estes 1990], [Kenneth, Lynch] a [Veverka 1993].

Z uvedených příkladů definice GIS vyplývá, že jde o informační systém, který pracuje s geografickými informacemi a plní řadu specifikovaných funkcí.

Struktura GIS není tvořena jen HW a SW, ale jsou to i data, metody a postupy, obsluha a uživatelé. Jde o digitální databázi se zvláštním určením, kde základním prostředkem pro vytváření vazeb (relací) je společný prostorový souřadnicový systém. Obsahuje nástroje pro:

- vstup tj. získávání dat,
- správu dat (uchovávání v databázi, filtraci a výstup dat),
- modelování, transformaci a analýzu dat,
- prezentaci dat.

GISy jsou blízké jiným databázovým aplikacím, ale s jedním rozdílem: všechny informace v nich jsou prostorově vázané na konkrétní *georeferenční systém*. Integrují metody a technologie; zatímco jednotlivé technologie mohou být použity pouze ke konkrétním úkolům.

V současné době existuje značný počet různých GIS. Lze je členit podle různých hledisek, například podle použitého prostředí, podle lokality, kterou modelují, podle oblasti působení apod. Nejčastěji se jako kritérium dělení GIS uvažuje jejich odborné zaměření, ze kterého potom vyplývá i jejich obsah, podrobnost a nakonec i použití. Podle tohoto kritéria se rozlišují:

1. územní informační systémy (ÚIS), jejichž doménou je převážně oblast katastru nemovitostí. Na jejich základě se však budují i jiné, podobně orientované systémy, například městské IS (Praha, Brno, Ostrava apod.), informační systémy různých organizací pokrývajících svoji činnosti malé lokality (městská policie, městské informační služby apod.). Do této kategorie můžeme zahrnout i systém pro tvorbu kartogramů, prezentovaný ve 4. kapitole.
2. prostorové informační systémy (PIS), které se používají zejména ve státní správě, pro plánování územního rozvoje a v armádách všech vyspělých států. Na základě PIS se budují další IS přidáním informací z oblasti zájmu uživatele (energetické rozvodné závody, správa dálkových kabelů, vodohospodářské organizace, apod.).
3. informační systémy životního prostředí (ISŽP). Slouží pro evidenci stavu životního prostředí vzhledem k jeho využívání a poškozování a pro přijímání opatření k jeho ochraně.
4. oborové informační systémy (OIS). Vznikají převážně na základě UIS a PIS, které jsou doplňovány informacemi z daného oboru. Do této skupiny můžeme zařadit i systém pro evidenci a vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí, popsany ve 2. kapitole a dále systém pro vyhodnocení vad potrubí měřených Pearsonovou metodou uvedený ve 3. kapitole.

## 1.2 KOMENTÁŘ K VYBRANÝM APLIKACÍM

Cílem práce bylo zmapovat vybrané projekty z oblasti GIS, které autor řešil v období od počátku 90. let až dosud. Šlo o tyto projekty:

1. Evidence a vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí.
2. Vyhodnocení vad potrubí detekovaných Pearsonovou metodou.
3. Systém pro tvorbu kartogramů.
4. Konverze grafických formátů.

**ad 1** Jde o aplikaci, která má charakter oborového GIS. Původně šlo o jednoúčelový program, vzniklý z iniciativy Severomoravské a Jihomoravské plynárenské a. s. K těmto organizacím se postupně přidávaly další podniky a zadání se tím rozšířilo do dnešní podoby komplexního systému pro celou problematiku protikorozní ochrany v plynárenství a naftovém průmyslu. Od poloviny 90. let až dosud se vyčlenily celkem 4 varianty systému, které se řeší paralelně:

- a) systém GAS-ACOR pro plynárenské podniky
- b) systém GAS-ACOR /ČEPRO pro podniky ČEPRO a. s.
- c) systém GASSERV pro Transgas a. s. Praha
- d) systém MGASSERV pro MERO a. s. Kralupy nad Vltavou.

Všechny systémy jsou koncipovány jako otevřené, což znamená, že některé funkce si může uživatel definovat sám a jsou navzájem kompatibilní, protože uvedené organizace si předávají naměřené údaje v rámci korozního průzkumu.

**ad 2** Systém se řešil na podnět Jihomoravské plynárenské ve 2. polovině 90. let. Jde o inovaci původní Pearsonovy metody pro zjišťování vad potrubí. Systém byl řešen pro operační systém DOS a přechodem na platformu Windows se začlenil do výše uvedených systémů pro protikorozní ochranu. Programový komplex má 2 části:

- a) soubor programových modulů pro organizaci, připojený k detektoru (sondě). Tyto programy slouží k pořízení dat v terénu,
- b) programové vybavení pro PC zaměřené na statistické vyhodnocení získaných dat.

**ad 3** Systém pro tvorbu kartogramů řešil autor v době svého působení ve Výzkumném ústavu rozvoje oblastí a měst jako součást Regionálního informačního systému pro Brno a okolí. Po zrušení výzkumného ústavu v červnu 1994 se této problematice věnuje individuálně ve spolupráci se studenty oboru geodézie VUT FAST Brno v rámci diplomových úkolů.

**ad 4** V této části se autor zabýval konverzí kresby ve vektorovém grafickém formátu v jazyku HPGL do jiných grafických formátů a to do:

- a) speciálního bitmapového formátu pro tisk na bodových tiskárnách. Tato transformace byla vynucena situací ve výpočetní technice v 1. polovině 90. let, kdy se začaly používat složité grafické systémy zejména v oblasti CAD a výstup kresby byl možný jen na plotr, který akceptoval jazyk HPGL. Tisk kresby na tehdy běžných tiskárnách pod operačním systémem DOS byl obtížný a většinou nekvalitní.
- b) speciálního vektorového grafického formátu pro zařízení digigraf. Tento převod byl zpracován na objednávku Katastrálního úřadu v Brně v polovině 90. let, kdy tato organizace vlastnila 2 ks digigrafu formátu 2xA0 s rycí hlavou a využívala je pro pořízení rytých fólií mapových podkladů.



## 2 EVIDENCE A VYHODNOCENÍ PROTİKOROZNÍ OCHRANY POTRUBÍ

### 2.1 ÚVOD DO PROTİKOROZNÍ OCHRANY

Potrubních systémů se používá především k přepravě kapalných nebo plyných látek z místa zdroje do místa spotřeby. Problém je, že běžně používané izolované ocelové potrubí uložené v zemi může být napadáno korozi z různých příčin: prostou půdní korozi, korozi bludnými proudy nebo mikrobiální korozi (koroze způsobená půdními mikroorganismy).

Přímé korozní ztráty přepočtené na podíl hrubého národního produktu se pohybují ve všech zemích kolem 4% [Člupek, Davidová 1998], z toho 10 – 15% těchto přímých ztrát se týká potrubí uložených v zemi. Nepřímé ztráty tj. následky vyvolané primárně korozi, jako jsou výpadky ve výrobě, ekologické havárie apod. jsou ještě několikrát vyšší než přímé ztráty. Z uvedených údajů vyplývá, že protikorozní ochrana potrubí má značný význam jak z hlediska ekonomického, tak i (zejména u plynovodů) z hlediska bezpečnosti provozu. Aplikace protikorozní ochrany je sice nákladná záležitost, ale vzhledem k její rychlé ekonomické návratnosti a ve srovnání se škodami, které mohou při jejím zanedbání v důsledku koroze vznikat, jde jednoznačně o výhodné investice.

Již v roce 1819 zveřejnil L. J. Thénard předpoklad, že koroze je elektrochemický jev. V jeho pracích pokračovali sir Humphrey Davy a Michael Faraday, který v roce 1934 objevil kvantitativní závislost mezi korozními úbytky a elektrickým proudem. Při korozi kovů probíhají dvě reakce:

1. anodická, při které dochází k rozpouštění kovu,
2. katodická nazývaná též depolarizační reakce, při níž se spotřebovávají elektrony vzniklé anodickou reakcí a dochází tak k redukci okolního korozního prostředí.

Z hlediska přívodu vnější energie ke chráněnému objektu rozlišujeme protikorozní ochranu:

1. pasivní tj. bez přívodu vnější energie, kdy je prvotní snahou oddělit povrch kovu od okolního prostředí izolací tak, aby žádný z depolarizátorů (kyslík) neměl ke kovu přístup,
2. aktivní, která předpokládá připojení chráněného objektu k externímu zdroji elektrické energie. Podle polarizace rozlišujeme ochranu anodickou resp. katodickou (chráněné zařízení je zapojeno jako anoda resp. katoda). Pro ochranu vnějších povrchů zařízení uložených v zemi je použitelná pouze katodická ochrana. Úkolem aktivního prvku je zajistit, aby mezi chráněným objektem a jeho okolím byl elektrický potenciál nižší než korozní potenciál.

### 2.2 CÍL PROJEKTU, VOLBA METODY

Cílem práce v této části bylo navrhnout a realizovat systém pro evidenci protikorozní ochrany potrubí v plynárenství a naftovém průmyslu tak, aby bylo možné databázově zpracovávat veškeré údaje o protikorozní ochraně, prezentovat je v požadované formě případně je transformovat pro potřeby dalších spolupracujících organizací. Hlavním smyslem tohoto systému je periodicky monitorovat stav protikorozní ochrany potrubí, udržovat jej v rámci platných norem a sjednotit metodiku používanou v různých organizacích.

Protože projekt je koncipován jako informační systém (dále IS), vycházelo se při jeho návrhu z obecných zásad pro konstrukci IS. V jednotlivých etapách tvorby IS se doporučují obecně známé a ve světě používané metody a techniky. Podrobnější informace jsou např. v publikacích [SWEBOK 2001], [Booch, Jacobson, Rumbaugh 1999] nebo [Lehman 2001]. Ze všech metod je nejvíce rozpracovaná *metoda datové a funkční analýzy* [Pokorný 2001], která se jevila pro návrh jako nejvhodnější. Ve fázi analýzy bylo dále účelné doplnit tuto metodu o *metodu vedení interview*.

## 2.3 ANALÝZA SYSTÉMU PROTİKOROZNÍ OCHRANY

Hlavním cílem analýzy systému protikorozní ochrany (PKO) bylo zjistit a kategorizovat požadavky na systém. Potřebné informace byly shromažďovány během mnoha jednání potenciálních uživatelů systému od počátku 90. let. Rozdílné názory se po bouřlivých diskusích nakonec sjednotily a staly se základem k analýze systému. Ta proběhla na 2 úrovních:

1. statické tj. na úrovni datových struktur a
2. dynamické, kde se definovaly základní procesy a funkce, které tyto procesy zajišťují.

V oblasti datové byly při jednáních k dispozici převážně formuláře s řadou různorodých položek, v rámci funkční byly ze strany uživatelů sdělovány ústně jednotlivé procesy, které v systému probíhají (kombinace datové a funkční analýzy s podílem metody vedení interview). Vzhledem k tomu, že prvotně bylo k dispozici množství atributů a dílčích procesů, byla zvolena strategie zdola nahoru. Postup a výsledky analýzy jsou shrnuty v kap. 2.3.1. a 2.3.2.

### 2.3.1 Datová analýza

Rozsáhlá plynárenská síť v ČR je z organizačních důvodů členěna na dílčí části podle topologického principu. V jednotlivých plynárenských akciových společnostech (dále a. s.) se těmto relativně samostatným částem říká *trasy*, ve společnosti ČEPRO a. s. *dálkovody*, v organizacích Transgas a. s. a MERO ČR a. s. se nazývají *úseky*, které jsou dále členěny na *sledy*.

Na každé trase/sledu jsou rozmístěna *zařízení protikorozní ochrany*, které můžeme rozdělit:

1. podle příslušnosti k vlastníkovému plynovodu na
  - a. vlastní,
  - b. cizí (např. vodovod, kabel, teplovod, produktovod apod.).
2. na základě principu ochrany proti korozi na
  - a. aktivní (stanice katodické ochrany, elektrická polarizovaná drenáž, saturáž),
  - b. pasivní (ostatní zařízení, která nepotřebují vnější přívod energie).
3. podle využití v systému protikorozní ochrany na
  - a. základní – viz tab. 2.1,
  - b. kombinovaná (např. POA+POIS) - max. počet kombinací je ze 3 typů,
  - c. pomocná (např. měřicí vývod, orientační sloupek apod.).

Zařízení je celkem 100 typů a jejich bližší popis je v [Polák, Veleta 2002]. Každý typ je jednoznačně identifikován kódem podle jednotného číselníku. Svůj číselník mají i cizí zařízení.

Tabulka 2.1 Základní typy zařízení z hlediska protikorozní ochrany

Zkratka	Typ zařízení	Označení v číselníku zařízení
POA	Propojovací objekt	A
POB	Propojovací objekt s cizím zařízením	B
POCH	Propojovací objekt s chráničkou	C
DOČ	Diodový člen	D
POIS	Propojovací objekt s izolační spojkou	I
SO	Spojovací objekt	S
SKAO	Stanice katodické ochrany	K
EPD	Elektrická polarizovaná drenáž	E
POT	Snímač potenciálu	P
ODB	Odbočka	O
SAT	Saturáž (zesílená drenáž)	Z

O každém zařízení na trase se evidují určité údaje, které lze rozdělit na:

1. *Společné* - evidují se u všech typů zařízení bez rozdílu.
2. *Doplňkové* evidují se ve formě evidenčních karet jen u základních typů (viz tab. 2.1).

Každý z výše uvedených typů zařízení má poměrně značné množství atributů, jejichž popis ani strukturu není zde účelné uvádět; v habilitační práci byly tyto informace zařazeny do přílohy.

Na každém zařízení (vlastním i cizím) se měří různé **veličiny** (řádově asi 200 – 300 různých veličin podle lokality tras, zvyklostí organizace), které charakterizují stav ochrany proti korozi. Z hlediska vazby veličin na dané zařízení lze všechna zařízení rozdělit do několika skupin tak, že ke každé skupině se přiřadí jen určitá množina veličin. **Měření** probíhá periodicky podle *plánu měření* v různých **etapách** v závislosti na charakteru zařízení a konkrétních veličinách.

**Plánem měření** zde rozumíme předpis, který jednoznačně stanoví dobu (datum), trasu, vybraná zařízení na dané trase a pro každé zařízení množinu veličin, jejichž hodnoty se mají podle platné normy měřit. V původní verzi pro systém MS DOS byl výskyt každé veličiny  $f(V)$  v plánu měření funkcí 2 proměnných. V nové verzi pro Windows bylo nutné zohlednit normy platné v Evropské unii a to kromě anglického názvosloví - viz ČSN EN 12954 upravená podle [EN ISO 8044, 1996] i tvorbu plánu měření podle normy [prEN 13509, 1999]. Plán měření je funkcí 3 proměnných:

$$f(V) = F(P, Z, V_{ref}) \quad (2.1)$$

kde  $V$  je měřená veličina,

$P$  je etapa (perioda) výčtového typu (14 dní, měsíc, čtvrtletní, rok),

$Z$  je skupina zařízení protikorozi ochrany z měření hlediska veličin,

$f, F$  jsou booleovské funkce, které určují, zda se veličina  $V$  bude nebo nebude měřit na daném zařízení  $Z$  v etapě  $P$ .

$V_{ref}$  je vybraná (referenční) veličina, která se vztahuje k dané etapě ( $P$ ), charakteru zařízení ( $Z$ ) a veličině ( $V$ ) a byla naměřena v časově bezprostředně předcházející etapě vzhledem k dané etapě  $P$ .

Funkce  $f, F$  ve vztahu 2.1. realizuje **číselník veličin**, který musí být ještě doplněn speciální procedurou, která zjišťuje hodnoty normou stanovených referenčních veličin  $V_{ref}$ .

Pro převod měření mezi organizacemi bylo nutné vytvořit **převodníky zařízení a veličin**, protože označení tras, sledů a veličin není v rámci resortu obecně kompatibilní.

Posledním převodníkem, který bylo nutné začlenit do systému, je **převodník** mezi **původními veličinami a novými veličinami** podle norem EU - viz [EN ISO 8044, 1996].

### 2.3.2 Funkční analýza

V této části jsou stručně shrnuty požadavky na funkce systému protikorozi ochrany. Z hlediska charakteru práce s databází a způsobu využití výsledků měření je lze rozdělit do pěti kategorií:

1. *Správa základních číselníků* (databáze je součástí instalace systému)
  - a) číselníky nezávislé na uživateli s charakterem standardu pro danou problematiku (číselník zařízení a číselník cizích zařízení),
  - b) číselníky závislé na konkrétní instalaci (definují se většinou jednorázově v jejím průběhu) tj. číselník veličin a soubor pro nastavení parametrů systému včetně autorizovaného přístupu.
2. *Správa databáze tras a zařízení na trasách* (územně vázané, časově relat. stabilní tabulky)
3. *Práce s měřením na zařízeních* (územně vázané, časově variabilní tabulky)
  - *správa etap měření* - (kombinace datumu, trasy a charakteru měření),

- tvorba plánu měření. podle vztahu 2.1 pomocí číselníku veličin,
- správa databáze měření,
- export měření z databáze z PC do přenosného počítače (organizeru),
- import měření do databáze tj. zpět z organizeru do PC,
- archivace/dearchivace měření. Jde o uchování nebo přenos dat mezi organizacemi.
- měření v terénu. Funkci zajišťuje programové vybavení pro organizer.

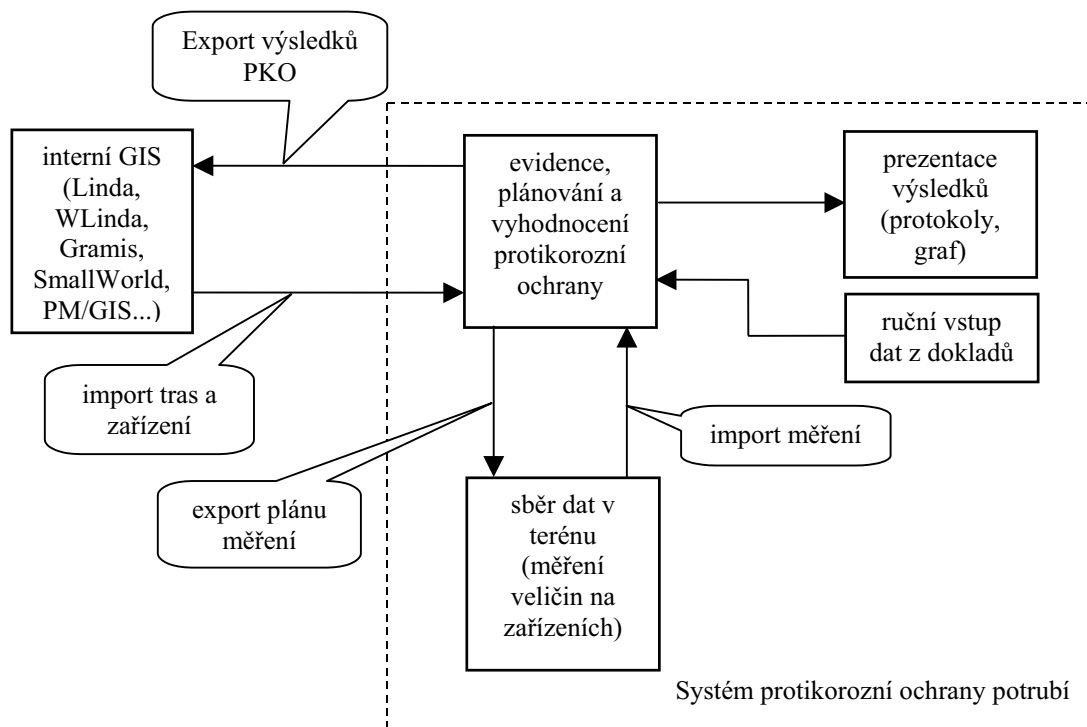
#### 4. Výstupy, prezentace výsledků měření

- tisk formulářů - např. seznam tras, seznam základních či doplňkových údajů o zařízení, protokoly o měření (měsíční, čtvrtletní/pololetní, roční), účelové formuláře např. dopisy, speciální protokoly o měření, které jsou upraveny podle vnitropodnikových norem.
- dotazy SQL. Jde o tvorbu databázových pohledů, filtrů, statistik, výpočtů, přehled měření za určitá období apod.
- grafický výstup. Každé roční měření se zpracovává ve formě grafu ochranných veličin pro danou trasu nebo sled viz obr. 2.9. Na grafický výstup byly kladeny speciální požadavky ze strany uživatelů např. možnost volby veličin v grafu (výběr ze seznamu) včetně definice barvy a typu čáry, možnost zobrazit několik období (roků) současně v jednom grafu pro porovnání stavu protikorozní ochrany, vytvářet výřezy (zoom), rastr apod.

#### 5. Externí funkce systému

Celý systém protikorozní ochrany potrubí je napojen na interní GIS příslušné organizace - viz obr. 2.1. V praxi se používají systémy LINDA (DOS), WLINDA (Windows), GRAMIS a v poslední době se prosazuje Smallworld nebo PM/GIS. Z těchto systémů je možné převzít stávající trasy potrubí včetně všech zařízení, která jsou na nich umístěna. Do systému GIS se naopak předávají informace, z modulu pro evidenci a vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí, který je z tohoto hlediska jádrem systému. Ze schématu vyplývají tyto externí funkce:

- import tras a zařízení ze systému GIS,
- export výsledků protikorozní ochrany (PKO) do systému GIS.



Obr. 2.1. Struktura systému protikorozní ochrany potrubí

## 2.4 NÁVRH SYSTÉMU

V rámci návrhu byl vytvořen model systému protikorozi ochrany. Je členěn do 3 částí: datového modelu, který zachycuje entity, atributy a jejich vzájemný vztah, funkční model, v němž jsou znázorněny procesy měnící data vně i uvnitř systému a model chování, jenž specifikuje časové poměry v systému.

### 2.4.1 Datový model

Datový model systému byl koncipován podle výsledků datové analýzy obsažených v kap. 2.2.1. Vzhledem k povaze nashromážděných informací bylo výhodné postupovat metodou shora dolů tj. od entit k atributům - viz např. [Pokorný 2001], [Ramakrishnan, Gehrke 1999] nebo [Date 1995].

Datový model je vyjádřen ve formě E-R diagramu (Entity - Relationship) na obr. 2.2. podle konvencí v [Pokorný 2001]. Obdélníky v grafu mají charakter *entit* a elipsy reprezentují jejich *atributy*. Nakreslit E-R diagram systému protikorozi ochrany v původní nebo modifikované verzi by pro značné množství atributů (např. zařízení typu SKAO má 140 různých atributů) bylo složité a nepřehledné, proto jsou na obr. 2.2. uvedeny jen klíčové atributy jednotlivých entit. Protože převážná většina tras není dosud úplně geodeticky zaměřena (chybí souřadnice a čísla bodů u zařízení) bylo v některých případech stanovení primárních klíčů složité (entity *zařízení* a *měření*).

Po stanovení primárních klíčů byla provedena normalizace tabulek podle [Pokorný 2001], [Korth Silberschatz 1996], [Riordan 2000] tak, aby relace splňovaly alespoň 3. normální formu.

Nakonec byly definovány vlastnosti vztahů mezi jednotlivými entitami tj. kardinalita a členství. Kardinalita vztahu mezi silnou a slabou entitou je implicitně 1:N, vztahy mezi entitami v hierarchii ISA mají kardinalitu 1:1 (jde o v podstatě o rozšíření či variantu entity stejného typu). Entity, u nichž je nakreslen kroužek, mají nepovinné členství ve vztahu. To znamená, že např. pro dané zařízení nemusí existovat záznam o měření a pro některé záznamy měření nemusí být změřeny žádné hodnoty veličin. Charakter dalších vztahů mezi entitami lze vyčíst z obr. 2.2.

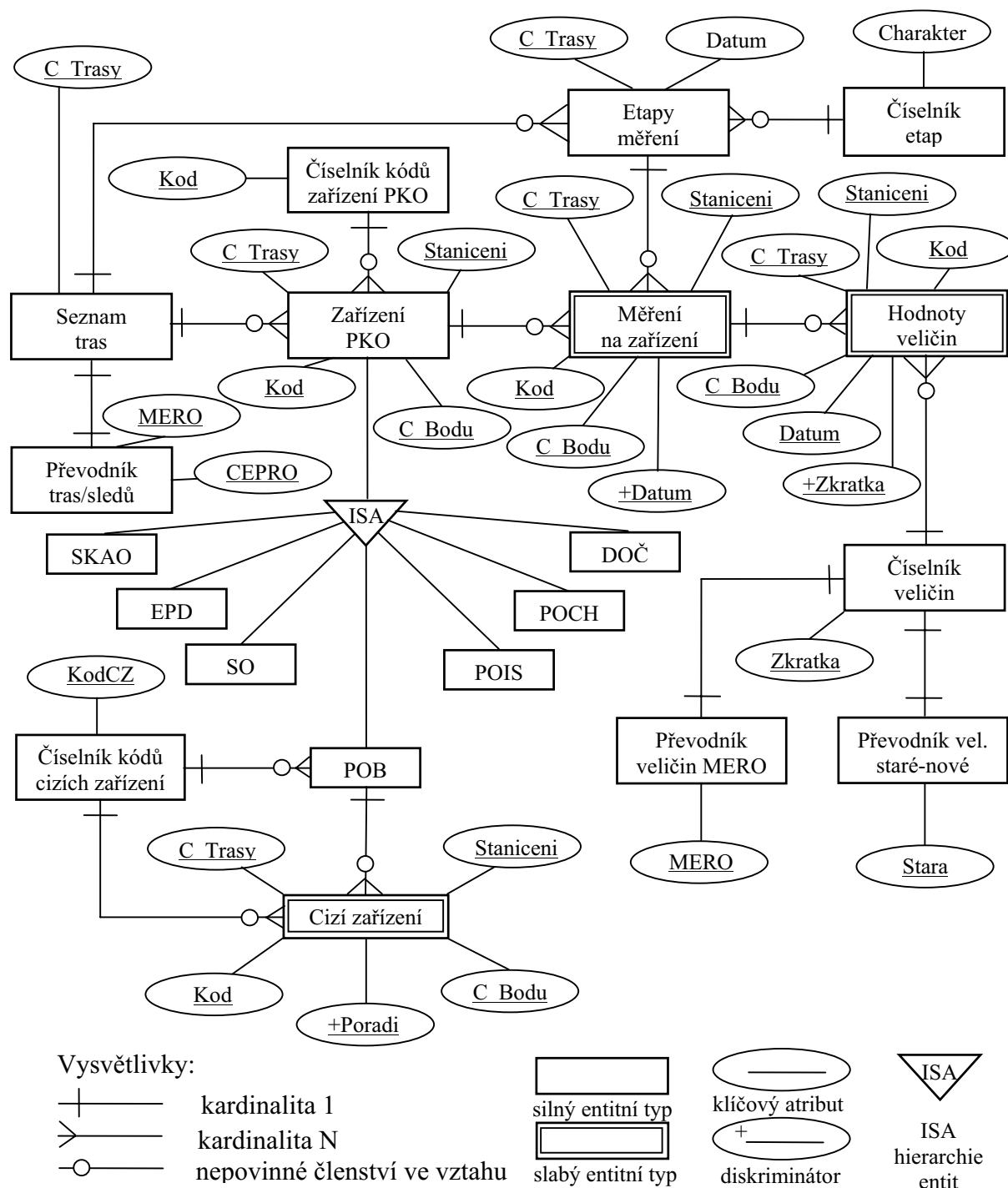
### 2.4.2 Funkční model

V tomto modelu se systém chápe jako množina funkcí nebo služeb, kterými se buď realizují určité požadavky nebo transformují údaje. Vyjadřuje se několika způsoby viz např. [SWEBOK 2001], [Booch, Jacobson, Rumbaugh 1999] nebo [Lehman 2001]. V našem případě znázorníme funkční model diagramem datových toků (Data Flow Diagram - DFD) - viz obr. 2.3. Tento diagram byl sestaven podle funkční analýzy v kap. 2.3.2. Jsou v něm uvedeny nejdůležitější procesy probíhající v informačním systému protikorozi ochrany. Popisuje podstatu transformace údajů, které vstupují do systému, mění tvar uvnitř systému, uchovávají se v systému a vystupují ven ze systému. Nevyjadřuje řízení, prioritu ani časovou posloupnost zpracování údajů. Z používaných notací diagramu (Gene-Garson, DeMarco-Yourdon) je na obr. 2.3. zvolena notace podle Gene-Garsona (vysvětlivky jsou v popiskách).

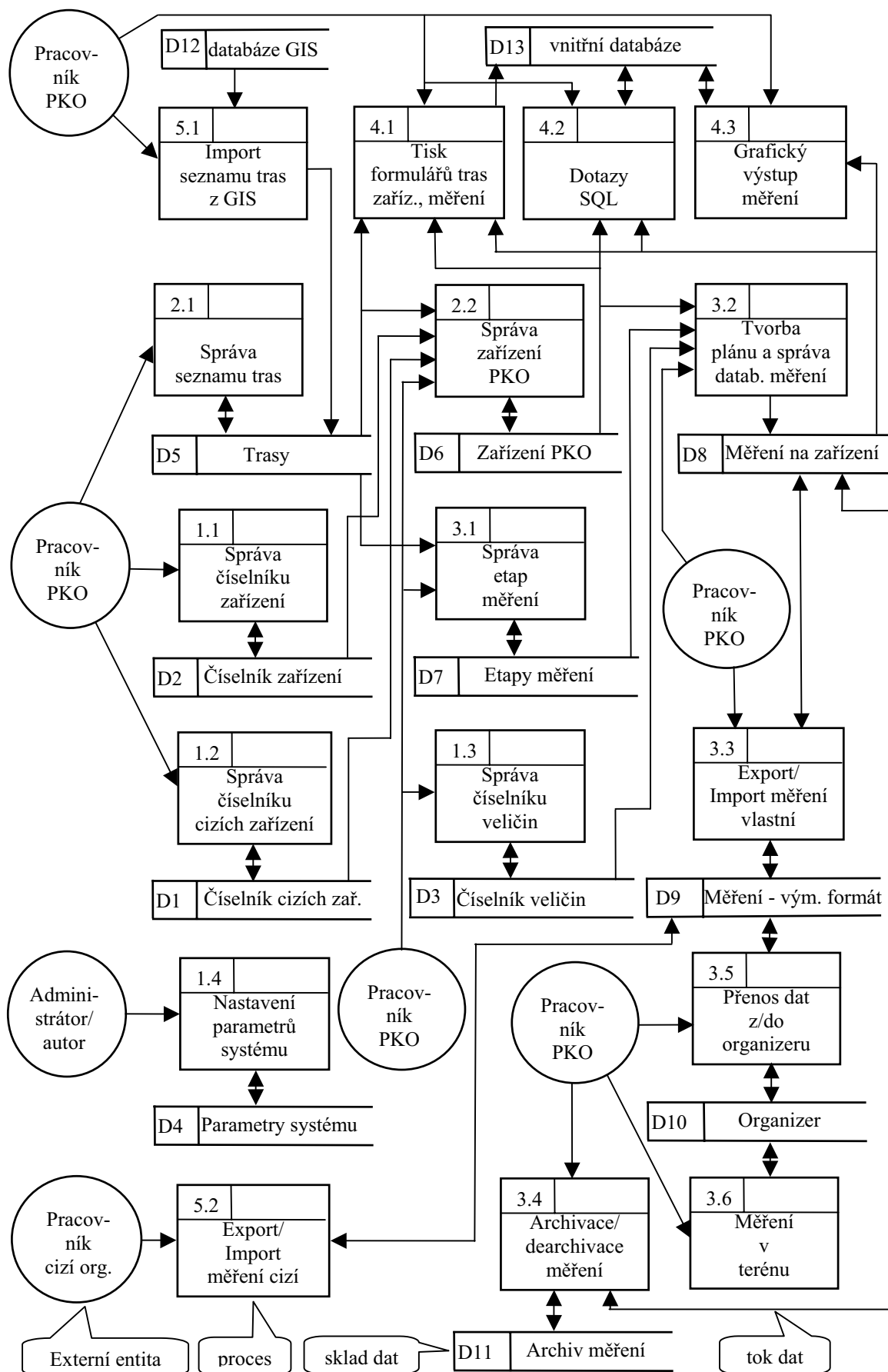
### 2.4.3 Model chování systému

Zatímco datový i funkční model popisoval systém v klidu, model chování popisuje činnosti systému v závislosti na čase. Z množiny nástrojů, které jsou pro modelování k dispozici tj. graf životního cyklu údajové entity, stavový diagram, Petriho síť, diagram činností, interakční diagramy (diagram spolupráce, sekvenční diagram, UML) jsem zvolil 2 metody:

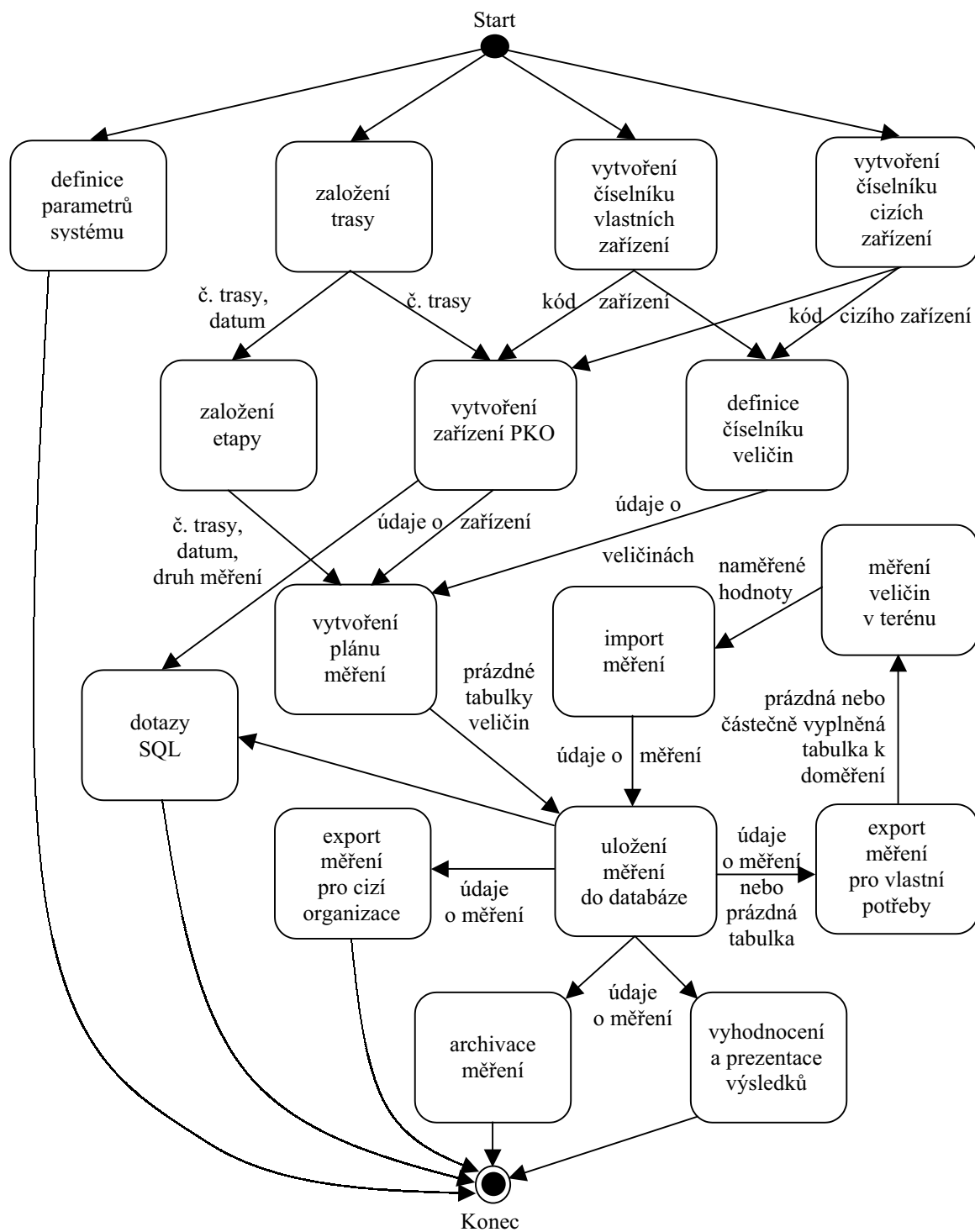
- stavový diagram (obr. 2.4.), který vyjadřuje návaznosti dílčích stavů systému (možné přechody z jednoho stavu do jiného) a
- sekvenční diagram (obr. 2.5.), jenž znázorňuje časové posloupnosti jednotlivých činností v systému.



Obr. 2.2. Datový model systému protikorozní ochrany



Obr. 2.3. Diagram toku údajů systému protikorozní ochrany

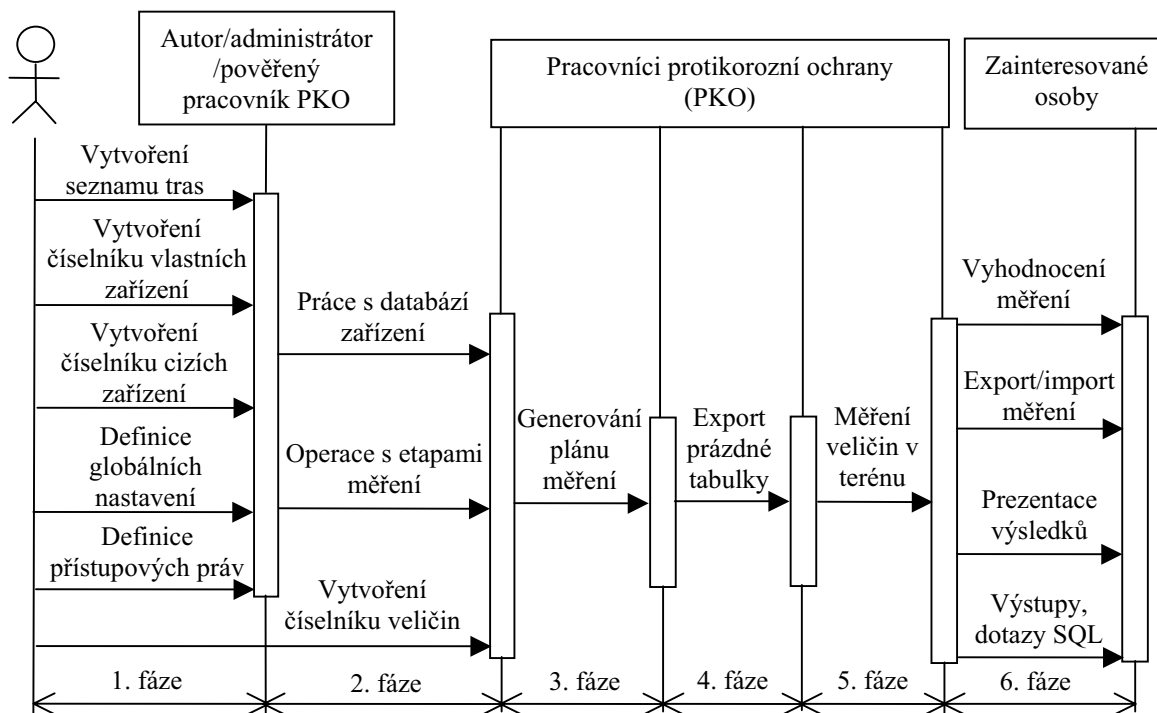


Obr. 2.4. Stavový diagram systému protikorozní ochrany

Na obr. 2.4. jsou zobrazeny nejdůležitější stavy systému, které korespondují s entitami v diagramu toku údajů (obr. 2.3.). Stavem v našem případě rozumíme určitou činnost v daném okamžiku k jejíž realizaci je zapotřebí, aby byly splněny nějaké podmínky. Podmínku pro daný stav lze chápat tak, že systém byl již ve stavu, který musí časově předcházet danému stavu.

Stavový diagram sice zachycuje časové posloupnosti dílčích činností systému a podmínky pro jejich uskutečnění, ale není z něj zřejmé, které procesy jsou časově nezávislé a tedy je lze provádět paralelně. To je zřejmé ze sekvenčního diagramu, který je na obr. 2.5.





Obr. 2. 5. Sekvenční diagram systému protikorozní ochrany

## 2.5 IMPLEMENTACE SYSTÉMU

### 2.5.1 Implementace systému pod DOS

Prvním krokem v této části byla transformace datového modelu (obr. 2.2.) do tabulek databáze. Jednoduchá byla implementace tabulek číselníků, tras, převodníků apod., u nichž je jednoznačně daná struktura včetně primárního klíče. Složitější transformace vyžadovala databáze zařízení a měření. U databáze *zařízení* jde o ISA hierarchii, která se vzhledem k tomu, že většina zařízení je jen základního typu (nadtypu) řešila samostatnými tabulkami pro nadtyp a podtypy – viz např. [Pokorný 2001]. Protože se ukázalo, že samostatné tabulky pro každý podtyp by v praxi byly řídké, proto byl učiněn pokus o jejich sloučení z důvodu úspory místa.

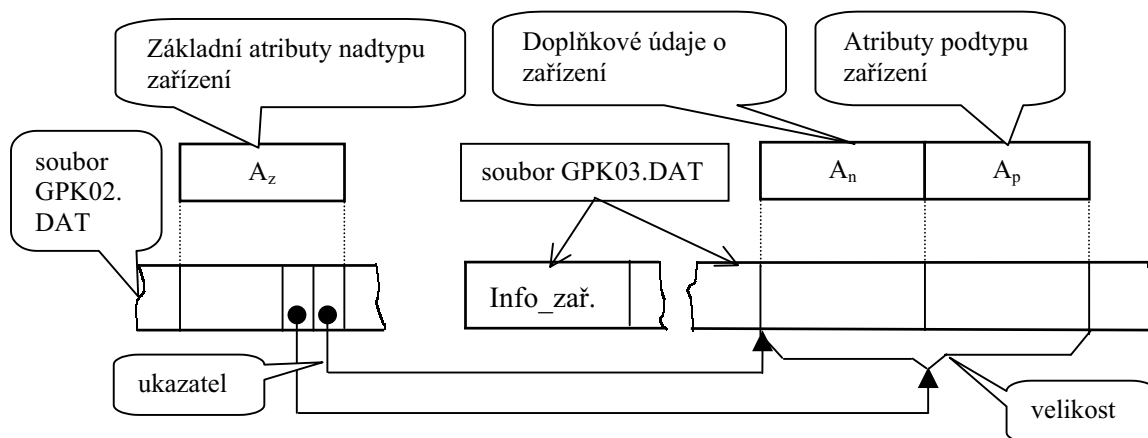
Princip tohoto optimalizačního procesu spočíval v tom, že atributy s kompatibilními doménami se sloučily do ekvivalentních tříd, jejichž sjednocením dostaneme stejnou množinu jakou bychom dostali sjednocením domén původních atributů. Nově vzniklých tříd atributů pak přiřadíme nové atributy, čímž pokryjeme původní atributy a zredukujeme jejich počet. Redukce atributů do ekvivalentních tříd se může provést např. pomocí tabulky nebo grafu. V našem případě bylo použito *tabulky pokrytí atributů*, kde v záhlaví sloupců jsou jednotlivé podtypy zařízení a v záhlaví řádků jejich atributy. Jádrem optimalizace je speciální test založený na odhadu četnosti výskytu hodnot jednotlivých atributů. Z hlediska implementace databázového schématu do interní úrovně se ukázalo jako výhodné rozlišit atributy do dvou skupin podle datového typu:

- atributy typu textový řetězec,
- atributy ostatního typu.

Optimalizační proces ukázal, že existují celkem tři ekvivalentní třídy atributů podtypů, které je možné transformovat z původních 7 (viz obr. 2.2) do 3 tabulek.

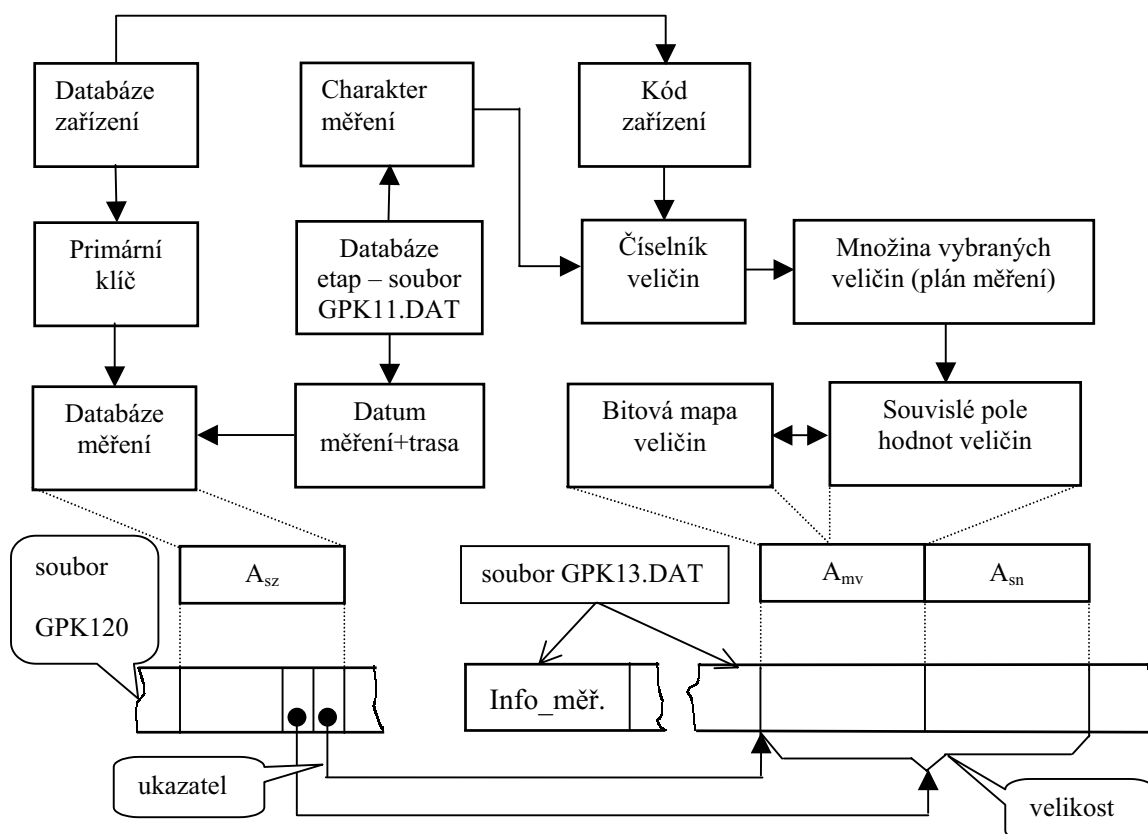
*Interní tj. fyzická úroveň databáze zařízení* je na obr. 2.6. Celý záznam se ukládá do dvou různých souborů. Základní tabulka s povinnými atributy  $A_z$  nadtypu je uložena v souboru GPK02.DAT se záznamy pevné délky, v souboru GPK03.DAT jsou uloženy jednak doplňkové

atributy  $A_n$  (mohou být NULL) a hodnoty redukovaných atributů podtypů  $A_p$ . Záznamy mají proměnnou délku, která je dána hodnotou pole „velikost“. Textové položky v proměnné části jsou z úsporných důvodů uloženy zřetězeně za sebou podle pořadí v datové struktuře tabulky ve dvou polích. První pole obsahuje délku textového řetězce, ve druhém poli je uložen vlastní řetězec.



Obr. 2.6. Způsob uložení záznamu databáze zařízení v souborech

Při modifikaci nebo vkládání se záznamy ukládají na konec souboru GPK02.DAT resp. GPK03.DAT. Aby časem nedocházelo v velké kumulaci původních nepotřebných záznamů, jsou soubory po určité době rekonstruovány. To zajišťuje speciální procedura (trigger), který je spuštěn tehdy je-li splněna podmínka zkonstruovaná z údajů v položce na obr. 2.6 *Info\_zář.*



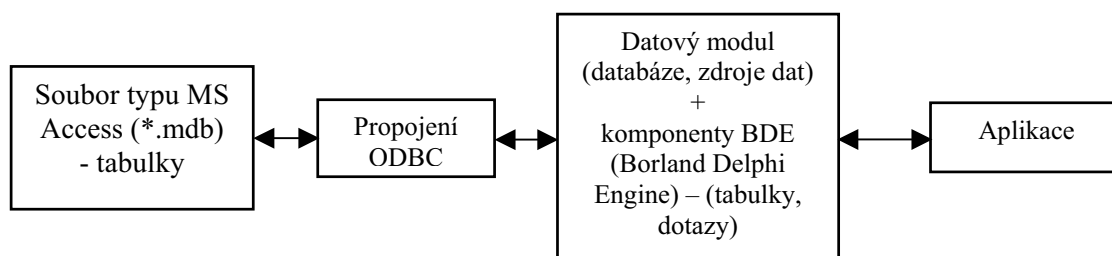
Obr. 2.7. Metodika práce s veličinami v souvislosti s jejich uložením v databázi měření

Pro rychlejší přístup jsou záznamy v databázi zařízení indexovány podle čísla trasy. Klasický indexový soubor se vytváří dočasně při otevření databáze zařízení.

Fyzická organizace databáze *měření* má podobnou koncepci jako databáze zařízení a je uložena do 3 souborů – viz obr. 2.7. V prvním je databáze etap, další soubor (na obr. 2.7 GPK120.DAT) obsahuje základní údaje o měření (atributy  $A_{sz}$ ) a ve třetím souboru GPK13.DAT jsou uloženy doplňkové informace (atributy  $A_{sn}$ ) včetně hodnot veličin (atributy  $A_{mv}$ ). Stejně jako u databáze zařízení probíhá restrukturalizace databáze. Netextové položky se ukládají úsporně do formátu proměnné délky. Pro ukládání veličin v tabulce měření bylo využito zahrnuté tabulky realizované polem v záznamu měření.

## 2.5.2 Implementace datového modelu pod Windows

Implementace datového modelu pod operačním systémem Windows je realizována v současné verzi systému protikorozní ochrany. Koncepcí je znázorněna na obr. 2.8. K uložení hodnot se využívá tabulek databázového produktu MS Access. Komunikace mezi MS Access a aplikací je zajištěna rozhraním ODBC (Open Database Connectivity) přes datový modul. Tabulky v MS Access jsou vytvořeny podle tabulek uvedených v příloze a podle datového modelu na obr. 2.2.



Obr. 2.8. Koncepcí datového modelu pod Windows

Výhodou této koncepce je relativní jednoduchost implementace datových struktur proti variantě pracující pod systémem MS DOS. Další výhodou je možnost využití nástrojů SQL (Structured Query Language) pro definici a manipulaci s daty.

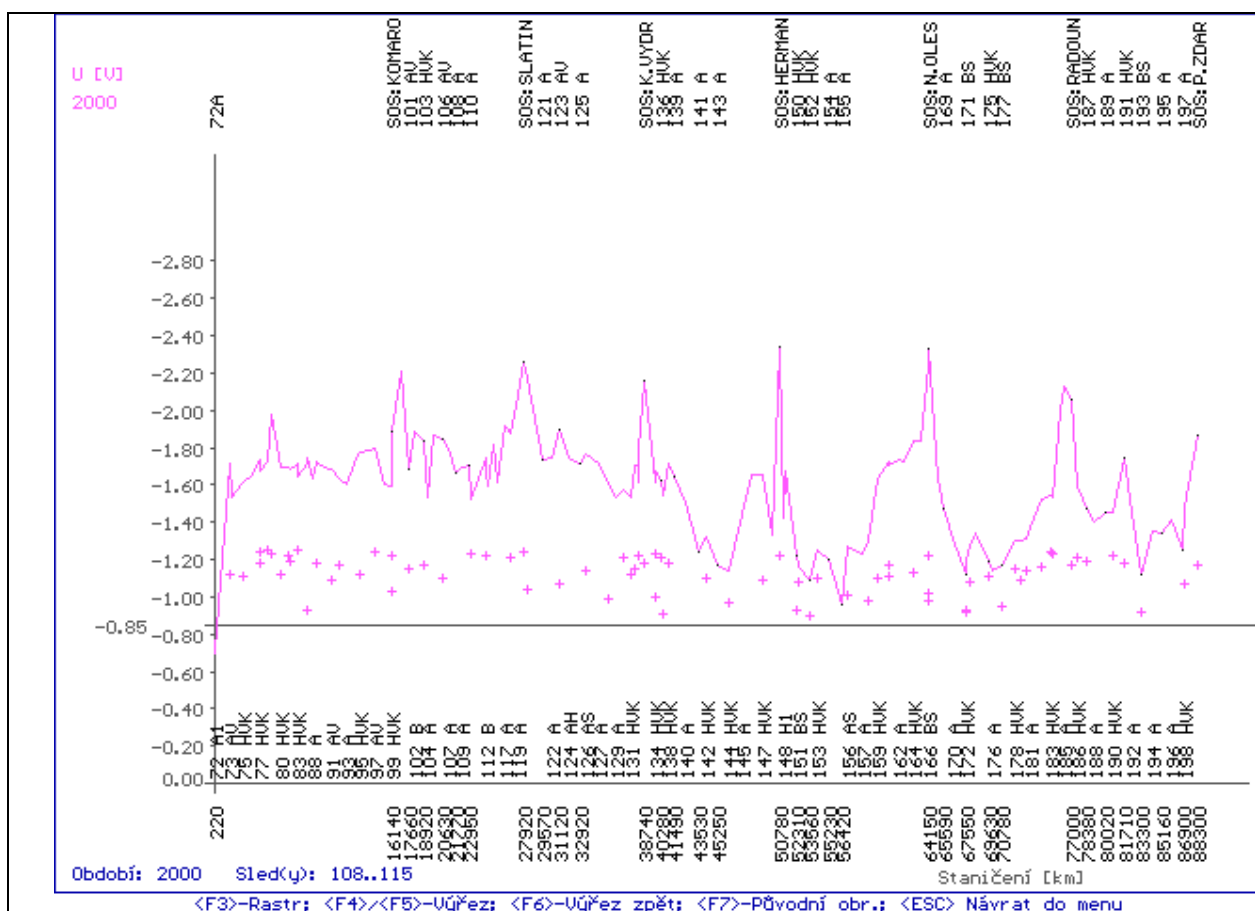
## 2.5.3 Implementace funkčního modelu

Při implementaci funkcí systému protikorozní ochrany se zvažovala možnost využít dostupných programových systémů např. dBASE, později MS Office apod., které jsou ověřeny praxí a jsou dostupné okamžitě. Tyto systémy jsou však koncipovány univerzálně s bohatou nabídkou funkcí, což s sebou nese dva hlavní problémy:

1. mnoho funkcí vede ke složitosti systému a jeho neefektivnímu využití (mnoho funkcí by zůstalo nevyužito, jiné – chybějící by se musely naprogramovat vlastními silami),
2. složitost znamená zdlouhavé zaškolení obsluhy, která vzhledem ke svému profesnímu zaměření nemá dostatečné zkušenosti s výpočetní technikou.

Po zvážení všech přínosů a rizik se autoři spolu s kolektivem potenciálních uživatelů rozhodli pro vlastní řešení v jazyku Borland Pascal (DOS) popř. Borland Delphi (Windows).

V letech 1990 – 1992 byly vytvořeny základní moduly programů GAS-ACOR (používá se v Českých plynárenských podnicích, od 1997 i v ČEPRO, a. s.) a GASSERV (v provozu v Transgas a. s., od 1996 i v MERO ČR, a. s.). Všechny uvedené systémy byly v letech 2001 – 2003 postupně inovovány tak, aby pracovaly pod operačním systémem Windows. Vzhledem ke kompatibilitě obsluhy byly základní funkce obou verzí (DOS, Windows) pokud možno zachovány. Oba systémy vycházejí ze stejné koncepce a zajišťují funkce popsané ve funkční analýze systému v kap. 2.3.2. a upřesněné ve funkčním modelu (kap. 2.4.2.) resp. v modelu chování (kap. 2.4.2.).



Obr. 2.9. Ukázka grafu ochranných veličin v systému GASSERV

## 2.6. ZÁVĚR

Popsané systémy pro protikorozní ochranu potrubí se používají v mnoha organizacích téměř v celé ČR (plynárenské podniky Brno, Plzeň, Ústí n. Labem, Praha, Ostrava, MERO Kralupy, Transgas Praha, ČEPRO Roudnice n. Labem, Šlapanov, Klobouky u Brna). Několik instalací je i na Slovensku (Středoslovenské a Východoslovenské plynárny, Transgas Prievidza). Nová verze pro Windows byla v letošním roce instalována v rámci testování do všech výše uvedených organizací v ČR. V případě, že zkušební provoz v těchto podnicích bude úspěšný, uvažuje se i o rozšíření systému do zahraničí v rámci územní působnosti RWE.

Hlavní přínosy při zavedení systému lze stručně shrnout do těchto bodů:

- úspora ruční práce při vyplňování tabulek měření a kreslení potenciálových grafů,
- rychlé vyhledávání míst s nedostatečnou protikorozní ochranou na trasách,
- možnost porovnání naměřených údajů u jednotlivých zařízení v různých etapách,
- snadná výměna naměřených dat mezi různými organizacemi,
- výpis statistických údajů o zařízení a měření na různých trasách (dotazy SQL),
- rychlé a pohotové plánování korozního průzkumu na základě naměřených hodnot,
- automatizovaný sběr naměřených dat v terénu z organizérů a jejich přenos do počítače,
- pružnost v případě metodických změn (do systému může částečně zasáhnout i uživatel).

Nejvýraznější přínos lze vidět v tom, že se podařilo sjednotit metodiku protikorozní ochrany v různých organizacích v rámci celého resortu plynárenství a naftového průmyslu.

### 3. VYHODNOCENÍ VAD IZOLACE POTRUBÍ DETEKOVANÝCH PEARSONOVOU METODOU

#### 3.1 PRINCIP METODY

Pearsonova metoda slouží k detekci vad izolace potrubí uloženého v zemi. Na potrubí se přivádí v určitém místě (kontrolní vývod KVO nebo propojovací objekt POA) střídavé napětí z generátoru o tónovém kmitočtu. Signál se šíří v porušených místech izolace z potrubí do okolí, kde současně způsobuje spád napětí. Změnu úrovně signálu detekuje přijímač, což se projevuje zvětšením výchylky měřicího přístroje přijímače i akustickým signálem.

V původní variantě prováděli měření Pearsonovou metodou nejméně tři osoby. Dva z nich postupovali s přijímačem na trase, další pracovník musel zapisovat výsledky měření spolu se staničením měřeného místa do speciálního formuláře. Hodnoty staničení se zjišťovaly měřením vzdálenosti pásmem od pevných bodů trasy, aby bylo možné objevenou vadu zpětně lokalizovat. Z protokolu se pak údaje přepisovaly ručně do počítače, kde byly vyhodnoceny.

Největšími nevýhodami této varianty bylo:

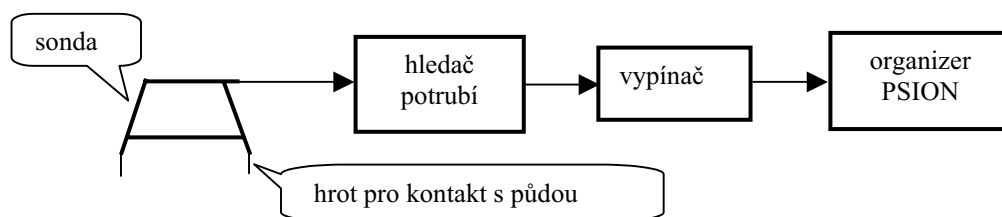
1. obtížná manipulace s pásmem zejména v členitém terénu,
2. velká pravděpodobnost vzniku chyby jak při ručním zápisu měření v terénu, tak i během přepisování protokolu do počítače.

Inovace stávající metody spočívá v tom, že hledač potrubí je doplněn detekční sondou tvaru písmene „A“ a propojen s organizérem typu PSION – viz obr. 3.1.

Měření v terénu probíhá takto:

Na kontrolní bod potrubí se připojí generátor střídavého signálu o kmitočtu 8 nebo 16 kHz podle konkrétní varianty – viz dále. Měření se zúčastní jen dvě osoby. Jeden pracovník identifikuje trasu hledačem potrubí, druhý jde za ním a je vybaven přístroji podle obr. 3.1. Sonda přijímá signál z potrubí a posílá jej do hledače, odkud je ve tvaru standardní textové zprávy a odeslán přes sériové rozhraní do organizeru. Registrace naměřených hodnot může probíhat dvěma způsoby:

1. ručně stisknutím příslušného tlačítka na panelu hledače,
2. automaticky v pravidelných časových intervalech, které může nastavit uživatel.



Obr. 3.1. Blokové schéma zapojení přístrojů pro měření Pearsonovou metodou

Staničení (pozice) měřeného místa se stanoví automaticky na základě počtu kroků, které ujde pracovník s měřicí soupravou mezi dvěma bezprostředními registracemi naměřených hodnot. Toto staničení v pomocných krocích se přepočítá na staničení v [km] interpolací na základě souboru pevných bodů trasy, který se musí přenést z počítače do organizeru ještě před měřením v terénu. Dále lze podle potřeby (únava obsluhy apod.) měření kdykoliv přerušit mechanickým vypínačem – viz obr. 3.2. Každý záznam o měření lze interaktivně doplnit poznámkou. Vzhledem k tomu, že trasy plynovodů mohou dosahovat řádově délky od desítek až do 100 km a proměřovat podrobně celé trasy by bylo časově náročné, používají se v praxi 3 varianty Pearsonovy metody:

1. proudová, která se používá pro detekci vad potrubí na vzdálenosti řádově stovky m,
2. napěťová, která detekuje vady v úseku řádově desítky m,

3. CD (Current Direction), používaná pro měření na vzdálenosti řádově v jednotkách m.

Proudovou nebo napěťovou metodu používáme tehdy, potřebujeme-li otestovat delší úsek trasy, zda obsahuje vady potrubí. Pokud v úseku dané délky poklesne amplituda signálu u proudové metody o více než 80%, popř. u napěťové metody o více než 70 dB, je velmi pravděpodobné, že v uvažovaném úseku se vyskytují vady izolace potrubí. V tomto případě se daný úsek proměří metodou CD, která detekuje vady potrubí s přesností asi na 0,5 m.

### 3.2. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PRO PEARSONOVU METODU

Pro měření a vyhodnocení výsledků bylo vyvinuto programové vybavení [Sedláček, Bartoněk, 96], které má 2 části:

1. soubor procedur pro organizér PSION,
2. program PEARSON pro PC.

ad 1) Programové vybavení pro PSION vytvořil autor v prostředí jazyka OPL (Organiser Programming Language), které je v organizéru k dispozici. Procedury zajišťují tyto funkce:

- a) prohlížení seznamu souborů s naměřenými hodnotami,
- b) procedura pro založení nového souboru měření,
- c) přenos dat mezi organizérem a počítačem,
- d) rušení a editace záznamů o měření,
- e) prohlížení souboru s měřením nebo souboru s pevnými body trasy,
- f) modul pro nápovědu,
- g) podprogram pro systémové informace,
- h) procedura pro vlastní měření, která patří k nejsložitějším, protože mimo jiné analyzuje zprávu z hledače ze které vybírá jen ty nejdůležitější informace (úspora kapacity paměti).

ad 2) Programové vybavení PEARSON pro PC zpracovává a vyhodnocuje naměřené hodnoty z terénu. Skládá se z relativně samostatných modulů, z nichž každý realizuje určitou třídu funkcí:

- a) Komunikační modul, který zajišťuje přenos dat mezi organizérem a počítačem.
- b) Databázový modul se základními funkcemi pro databázové operace se soubory.
- c) Modul pro grafickou prezentaci výsledků měření. Z ukázky grafu na obr. 3.2. jsou patrné význačné shluky vad na staničení 61,6 km, 62,0 km, 62, 4 km a 62,8 km a 63,0 km.
- d) Modul systémových a obslužných funkcí.
- e) Jádrem systému je modul pro zpracování měření, obsahující procedury pro:
  - i) transformaci dat z formátu organizéru do databáze měření,
  - ii) přepočítání přibližného staničení měřeného místa v krocích, které se nalézá mezi dvěma pevnými body na přesné staničení podle interpolačního vztahu:

$$x_m = x_p^1 + (x_{mk} - x_{pk}^1) \frac{x_p^2 - x_p^1}{x_{pk}^2 - x_{pk}^1} \quad (3.1)$$

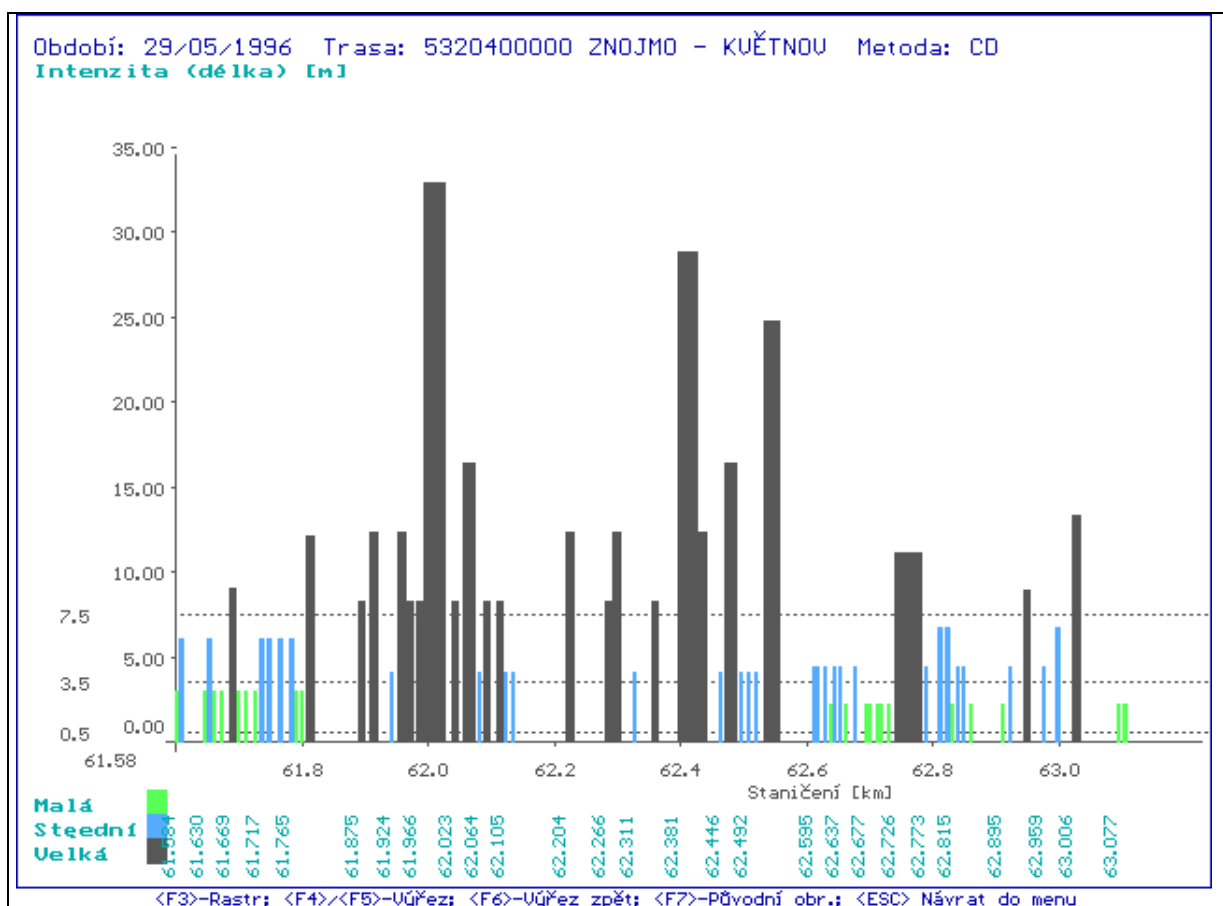
kde  $x_p^1$  resp.  $x_p^2$ , je přesné staničení 1. resp. 2. pevného bodu na trase v [m],  
 $x_{pk}^1$  resp.  $x_{pk}^2$  je přibližné staničení 1. resp. 2. pevného bodu na trase v krocích,  
 $x_m$  resp.  $x_{mk}$  je vypočtené v [m] resp. přibližné v krocích staničení měřeného místa.

- iii) filtry, jimiž lze prohlížet databázi naměřených dat podle různých kritérií,
- iv) tvorbu protokolu o měření, který se skládá ze tří částí:
  - (1) z hlavičky měření, která obsahuje společné údaje,
  - (2) z podrobné zprávy o průběhu měření se záznamy všech měřených míst na trase,
  - (3) ze statistiky měření. V této části se vady člení podle intenzity na malé, střední a velké. V rámci statistiky se zpracovávají především tyto údaje:

- základní statistické údaje – viz kap. 3.2.1,
- shluková analýza- viz kap. 3.2.2.

### 3.2.1 Základní statistické údaje

Naměřené hodnoty Pearsonovou metodou můžeme považovat za náhodný výběr, protože jde o výsledky navzájem nezávislých měření stejného druhu (údaje lze považovat za hodnoty náhodných veličin se stejným rozložením pravděpodobnosti). Označme výsledky  $n$  navzájem nezávislých měření symboly  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Pak  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) lze považovat za výsledek náhodné veličiny  $X$ . Podle [Rektorys 1981] nazýváme libovolnou náhodnou veličinu, která je funkcí náhodného výběru  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  výběrovou charakteristikou nebo statistikou, popř. pozorováním. Kromě základních údajů jako např. četnost výskytu vad podle jednotlivých kategorií v rámci daného úseku, hustota vad v měřeném úseku apod. se v programu vyhodnocují i nejběžnější **výběrové charakteristiky** (statistiky): výběrový průměr, výběrový rozptyl, výběrová směrodatná odchylka, k-tý výběrový obecný moment a k-tý výběrový centrální moment.



Obr. 3.2. Ukázka grafického výstupu měření vad potrubí Pearsonovou metodou varianta CD

### 3.2.2 Shluková analýza

Cílem shlukové analýzy - viz [Hebák, Hustopecký 1987] je rozdělit množinu pozorování (statistiku) do několika stejnorodých shluků. Vstupem metody je množina hodnot  $X = \{x_1, x_2, \dots, \dots\}$

$x_n$ }, výstupem je rozklad  $S^{(k)}$  množiny  $X$  o  $n$  prvcích (objektech) do  $k$  disjunktních shluků. Snahou je, aby objekty uvnitř hluku si byly podobné co nejvíce a objekty z různých shluků co nejméně. Algoritmy ve shlukové analýze lze klasifikovat podle různých hledisek:

1. podle charakteru zadání rozlišujeme úlohy:
  - a. se zadaným počtem shluků,
  - b. úlohy, kdy počet shluků  $k$  není zadán. Potom můžeme probrat buď všechny reálné možnosti volby  $k$  nebo použít některý z algoritmů hierarchického shlukování – viz dále,
2. podle způsobů posuzování podobnosti. V různých fázích algoritmu posuzujeme podobnost dvou objektů, podobnost objektu a shluku a podobnost dvou shluků na základě míry podobnosti  $A$  nebo míry vzdálenosti  $D$ . Přitom podle [Bock 1970] lze každou míru vzdálenosti  $D$  ( $D \geq 0$ ) převést na míru podobnosti  $A$  ( $0 \leq A \leq 1$ ) a naopak podle vztahu:

$$A = e^{-D} \quad (3.2)$$

V programu je implementována metoda ad 2) s kritériem rozdělení objektů do shluků podle jejich vzdálenost vyjádřené maticí měř vzdálenosti  $D$  (má na diagonále nuly). Pro vyhodnocení vad potrubí použijeme Euklidovskou vzdálenost:

$$D_E(x_i, x_i') = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{ij}')^2} \quad (3.3)$$

**Algoritmy pro vytvoření hierarchické posloupnosti rozkladů** lze rozdělit do 2 skupin:

1. *aglomerativní postup*, kdy se vychází z  $n$  shluků  $S^{(n)}$ , přičemž v každém z nich je jen jeden objekt. V každém kroku se tyto shluky spojují ve shluky vyšší úrovně na základě vzdálenosti či podobnosti objektů – viz předchozí odstavec,
2. *divizivní postup*, který vychází z jediného shluku  $S^{(1)}$  a v každém kroku jeden ze shluků rozštěpíme na dva, takže na konci procesu dostáváme  $S^{(n)}$ .

V další části blíže popíšeme aglomerativní postup, který je často používaný. V praxi méně uplatňované divizivní algoritmy lze nalézt např. v [Bock 1970]. Ze všech aglomerativních postupů (metoda nejbližšího souseda, metoda nejvzdálenějšího souseda, metoda průměrné vazby (Sokalova – Sneathova), centroidní metoda (Gowerova), Wardova metoda) se jako nejvhodnější jevila metoda nejbližšího souseda, která byla použita v programu. Další postupy jsou v podstatě její modifikací.

*Algoritmus metody nejbližšího souseda:*

1. Vypočteme matici  $D$  vhodných měř vzdáleností (volí uživatel v inicializační fázi).
2. Výchozím stavem je  $n$  shluků  $S^{(n)}$ , každý s jedním objektem.
3. V matici  $D$  najdeme 2 shluky  $h$  a  $h'$ , jejichž vzdálenost  $D_{hh'}$  je minimální tj.:

$$D_{gg'} = \min(D_{g'h}, D_{g'h'}) \quad (3.4)$$

4. Spojíme  $h$ -tý a  $h'$ -tý shluk do nového  $g$ -tého shluku. V matici vymažeme  $h$ -tý a  $h'$ -tý řádek i sloupec a nahradíme je řádkem i sloupcem pro nový  $g$ -tý shluk.
5. Uložíme hodnoty: a) pořadí cyklu do proměnné  $l = 1, 2, \dots, n-1$ , b) identifikaci spojených shluků  $h, h'$  a c) hladinu pro spojení  $d_l = D_{hh'}$ .
6. Pokud se dosud nepodařilo vytvořit jediný shluk  $S^{(1)}$ , pokračujeme krokem 3.

### Optimalizační algoritmy ve shlukové analýze

Pokud se nepodaří vytvořit shluky pomocí výše popsané metody nejbližšího souseda, lze použít další možné postupy. Vytvořit kompaktní a dobře separované shluky lze docílit aplikací funkcionalů kvality rozkladu např. Wardova kritéria. K dosažení tohoto optimálního rozkladu bylo zapotřebí otestovat výpočtem každou variantu rozkladu ze všech možných variant. Tato cesta



je však prakticky nereálná, protože v konkrétních úlohách v praxi existuje značné množství variant. Počet způsobů, kterými lze  $n$  objektů rozdělit do  $k$  shluků udává Stirlingovo číslo 2. druhu:

$$G^{(k)} = \frac{1}{k} \sum_{l=1}^k (-1)^{k-1} \binom{k}{l} l^n \quad (3.5)$$

Není-li předepsán počet shluků  $k$ , pak počet způsobů jimiž lze  $n$  objektů rozdělit do shluků je:

$$G = \sum_{k=1}^n G^k \quad (3.6)$$

Podle vztahů (3.5) a (3.6) se úloha rozkladu do shluků jeví jako NP-úplný problém (s lineárním rozsahem vstupních dat roste exponenciálně složitost řešení) a úlohy podobného druhu se v praxi obvykle řeší vhodnými heuristickými postupy, které vedou k suboptimálním výsledkům. K těmto metodám patří i dva osvědčené postupy a to Forgyův a McQueenův algoritmus:

#### *Metoda k- průměrů (Forgyův algoritmus)*

1. Zvolíme počáteční rozklad do  $k$  shluků buď náhodně nebo na základě nějaké vnější informace.
2. Určíme centroidy pro všechny shluky v aktuálním rozkladu.
3. Postupně probereme všechny objekty. Pokud má právě zkoumaný objekt nejbližší k vlastnímu centroidu, ponecháme jej na místě, jinak jej přeneseme do shluku, k jehož centroidu má nejbližší. Nedošlo-li v tomto kroku k žádným přesunům, algoritmus končí a dané řešení je definitivní (suboptimální), jinak se vracíme do kroku 2.

#### *McQueenův algoritmus*

Algoritmus je velmi rozšířenou modifikací předchozího postupu. Centroidy se přepočítávají po každém přesunu objektu (nikoliv až po skončení každého cyklu). Výsledek je kromě počátečního rozkladu závislý také na pořadí objektů, které vstupují do 3. kroku.

### **3.3 ZÁVĚR**

Popsanou Pearsonovou metodou se měří a vyhodnocují vady potrubí ve všech plynárenských podnicích v ČR kromě Jihočeské a Západočeské plynárenské.

Dále se metoda používá jako součást systému pro antikorozi ochranu v organizacích:

- MERO ČR, Kralupy nad Vltavou a
- ČEPRO a. s.
- Východoslovenské plynárny Michalovce.

Mezi hlavní přínosy zavedení metody patří:

- úspora ruční práce při vyplňování tabulek měření,
- úspora ruční práce při kreslení sloupcového grafu průběhu vad na trasách,
- rychlé vyhledávání míst s vadami na trasách,
- prohlížení naměřených dat podle různých hledisek (filtry),
- možnost porovnání naměřených údajů v různých místech tras v různých etapách,
- snadná výměna naměřených dat mezi různými organizacemi,
- automatizovaný výpis statistických údajů o měření na různých trasách,
- rychlé a pohotové plánování oprav a revizí izolace potrubí,
- automatizovaný sběr naměřených dat v terénu z organizací a jejich přenos do počítače,
- pružnost v případě metodických změn (do systému může částečně zasáhnout i uživatel).

Praktické zkušenosti potvrdily, že jde o metodu spolehlivou, protože v oblastech, kde byl detekován shluk velkých vad, šlo vždy o závažné poškození izolace potrubí.

## 4. SYSTÉM PRO TVORBU KARTOGRAMŮ

### 4.1 OBECNĚ O KARTOGRAMECH

Kartogram je účelová mapa s dílčími územními celky, do kterých jsou plošným způsobem znázorněna statistická data (relativní hodnoty), většinou geografického charakteru.

Podstatnou charakteristikou kartogramu je to, že znázorňuje relativní hodnotové ukazatele. Kvantitativní data jsou přepočtena na jednotku plochy dílčího územního celku (např. počet obyvatel na 1 km<sup>2</sup>, průměrný výnos plodiny z 1 ha atd.). Pokud nejsou kvantitativní data přepočtena na plochy dílčích územních jednotek, ale mají jen vnější formu kartogramu, jsou to pouze kartogramy nepravé neboli pseudokartogramy. V žádném případě nemohou plně vystihovat srovnatelnou intenzitu jevu v celém území. Vnější forma kartogramu je charakteristický způsob znázornění statistických relativních hodnot. To znamená, že dílčí územní jednotky jsou vyplněny rastrem nebo barevnými odstíny, které odpovídají relativní velikosti sledovaného jevu. Hustota rastru nebo barevné odstíny jsou stanoveny na základě objektivně sestavené stupnice.

Při jednoduchém dělení podle konstrukce - viz [Kaňok, Voženílek 2000] dojdeme k 22ti konstrukčně odlišným kartogramům. V počítačových programech zaměřených na GIS však můžeme konstruovat jen některé z nich. Z jednoduchých kartogramů to jsou: homogenní, kvalifikační, selektivní a geometrický a jeden vztahový (korelační). I z těchto pěti možností se v běžné praxi využívá pouze jeden a to kartogram jednoduchý homogenní, který prezentuje jen jeden jev. Podle formy znázornění jevu pak rozlišujeme jednoduché kartogramy homogenní, kvalifikační, selektivní dále kartogramy jednoduché tečkované a geometrické. Bližší informace lze nalézt především v publikacích [Kaňok, Voženílek 2000], [Rapant 1994] a dalších.

### 4.2 KONCEPCE PROGRAMU

Kartogramy je možné pořídit v podstatě dvěma základními metodami:

1. ruční kresbou kartogramu v některém grafickém editoru,
2. automatizovaně pomocí speciálních programů GIS.

První způsob je velmi pracný a časově náročný, druhá možnost je limitována ekonomickými poměry. Pro uživatele, kteří nemohou investovat do programového vybavení vysoké částky, a z různých důvodů si chtějí vytvořit kartogramy vlastními silami, je určen programový systém popsáný v této části. Při jeho návrhu se vycházelo z praktických zkušeností, na základě nichž byly stanoveny tyto požadavky na systém:

1. Ze stávající databáze vytvořit kompletní předpis kresby kartogramů pro další zpracování.
2. Výstup realizovat v obecném standardním grafickém formátu tak, aby jej bylo možné importovat do libovolného grafického systému.
3. Pokud možno nesuplovat grafické funkce, které jsou k dispozici ve všech běžně používaných grafických editorech.
4. Konečné doplňkové úpravy ponechat na uživateli.
5. Snadná a jednoduchá obsluha, přijatelný uživatelský komfort.

Jednotlivé body byly v projektu vyřešeny takto:

ad 1) V navrhovaném systému lze pořídit hrubou, ale úplnou kresbu kartogramu tj. hranice obcí a vyšších územních celků (např. okresů), značky středů obcí včetně názvů obcí a příslušnou

legendu s popisem. Logicky související grafické elementy jsou umístěny do navzájem různých vrstev.

ad 2) Pro výstupní soubor s kresbou byl zvolen standardní výměnný formát DXF (Data eXchange Format), který lze importovat prakticky do všech běžně používaných grafických editorů.

ad 3) Do programu jsou zabudovány algoritmy pro generování úseček, textů a areálových prvků. Jako nejsložitější grafickou operací v programu bylo nutné vyřešit šrafování a vyplňování uzavřených polygonů, protože formát DXF nemá pro tento případ definován standardní předpis.

ad 4) Autor vycházel z toho, že na trhu je dostatek obecných grafických systémů v různých cenových relacích podle rozsahu a složitosti funkčního vybavení. Předpokládá se, že uživatel pracující v dané oblasti, má k dispozici alespoň jeden z těchto systémů a po importu kresby si konečné úpravy provede sám. Jde většinou o jednoduché editační funkce v grafice.

ad 5) Kromě kontextové nápovědy byl do programu zabudován i průvodce, pomocí kterého si může kartogram vytvořit i počítačově méně zkušený uživatel.

### 4.3 ZPŮSOB VYTVOŘENÍ KRESBY

Jak již bylo řečeno v předchozí kapitole, generuje program předpis kresby na základě údajů v databázi, která obsahuje tyto typy souborů:

1. Řídicí soubor pro tvorbu kartogramu.
2. Soubor s číselníky a popisnými informacemi.
3. Soubor s grafickými informacemi.

Soubor č. 1 si vytváří uživatel, soubory v pořadí 2, 3 jsou nedílnou součástí programu. Dále si blíže charakterizujeme jednotlivé databázové soubory:

ad 1) Řídicím souborem je soubor typu \*.DBF, který musí povinně obsahovat alespoň 2 pole:

- a) číslo základní územní jednotky (obce) - ZUJ,
- b) jedno popř. několik polí s hodnotami územně vázaného jevu, který chceme v kartogramu sledovat.

Tento soubor si vytváří uživatel sám.

ad 2) Soubor má název MORAVA.DAT a jeho struktura je uvedena v tabulce 4.1.

ad 3) Tento soubor se jmenuje MORAVA.ARE a jeho struktura je zřejmá z tabulky 4.3.

Uvedené soubory jsou součástí databáze relačního typu, jejíž datový model je znázorněn na obr. 4.1. Tučně vytištěné názvy atributů v tabulkách představují primární klíče příslušných relací. Konvence pro kreslení E-R diagramu v datovém modelu je stejná jako v kap. 2.4.1., obr. 2.2.

Databáze jsou svým územním rozsahem omezeny na území Moravy. Hodnoty v souboru MORAVA.ARE byly získány sejmutím mapy Moravy o měřítku 1:50 000. Souřadnice X, Y jsou v systému SJTSK v jednotkách [m]. Z topologického hlediska jsou hranice UTJ v databázi uloženy v základním tzv. špagetovém modelu, což je pro naše účely zcela dostačující.

Program vytváří kresbu podle tohoto algoritmu:

1. Pro každý záznam v souboru MORAVA.DAT se stejnou hodnotou vybraného ZUJ se na základě hodnoty UTJ postupně načtou z databáze MORAVA.ARE všechny lomové body hranic všech UTJ, která tvoří příslušné ZUJ.
2. Z lomových bodů UTJ se vytvoří hranice obcí (ZUJ) tak, že se vyloučí vnitřní hranice UTJ a ponechají se jen hranice vnější. Vnitřní hrany tvořící hranici UTJ lze poznat snadno, protože jsou v paměti mezivýsledků uloženy duplicitně (oba lomové body jsou totožné).

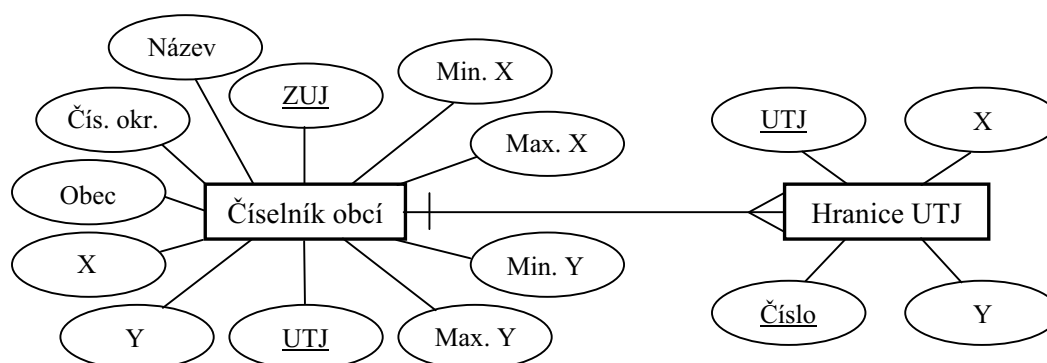
3. Program dále analyzuje druhé povinné pole s hodnotami územně vázaného jevu a na základě požadavku uživatele (zadáva se počet vět legendy) stanoví (podle statistických metod) meze jednotlivých záznamů legendy. Používá se členění do intervalů podle výběrových kvantilů. Je to taková hodnota, že pozorování (hodnoty jevu), která jsou menší než tato hodnota, tvoří předepsaný díl výběru. 50% kvantil nazýváme mediánem. Většinou se používá členění do pěti intervalů (pentilů), které odpovídají celistvým násobkům 20% z celého souboru.
4. Každému záznamu legendy se jednoznačně přiřadí typ výplně, kterým se vyšrafuje příslušný areál v kartogramu. K dispozici je jednoduché a křížové šrafování a gradientní vyplňování areálů tečkami. Algoritmus šrafování je popsán v další kapitole o konverzi dat.
5. Na závěr se vygeneruje vlastní legenda, která je součástí kartogramu.
6. Všechny grafické prvky se zapíší do výstupního souboru \*.DXF, který je možné importovat do libovolného grafického editoru a tam provést finální úpravy. Pro přehlednost se prvky zapisují tak, aby hranice obcí, hranice vyšších územních celků (okresy apod.), značky středů obcí, texty (popisy) a legenda byly umístěny v navzájem různých vrstvách. Číslo vrstvy si volí uživatel.

Tabulka 4.1. Struktura souboru MORAVA.DAT (číselník obcí)

Název	Datový typ	Poznámka
ZUJ	LongInt	Číslo základní územní jednotky
UTJ	LongInt	Číslo územně technické jednotky
CisOkr	Word	Číslo okresu
Obec	Boolean	Příznak, zda dané sídlo je obec
Nazev	String[33]	Název sídla
X	LongInt	Souřadnice X středu sídla
Y	LongInt	Souřadnice Y středu sídla
MinX	LongInt	Minimální souřadnice X v areálu daného UTJ
MaxX	LongInt	Maximální souřadnice X v areálu daného UTJ
MinY	LongInt	Minimální souřadnice Y v areálu daného UTJ
MaxY	LongInt	Maximální souřadnice Y v areálu daného UTJ

Tabulka 4.2. Struktura souboru MORAVA.ARE (hranice UTJ)

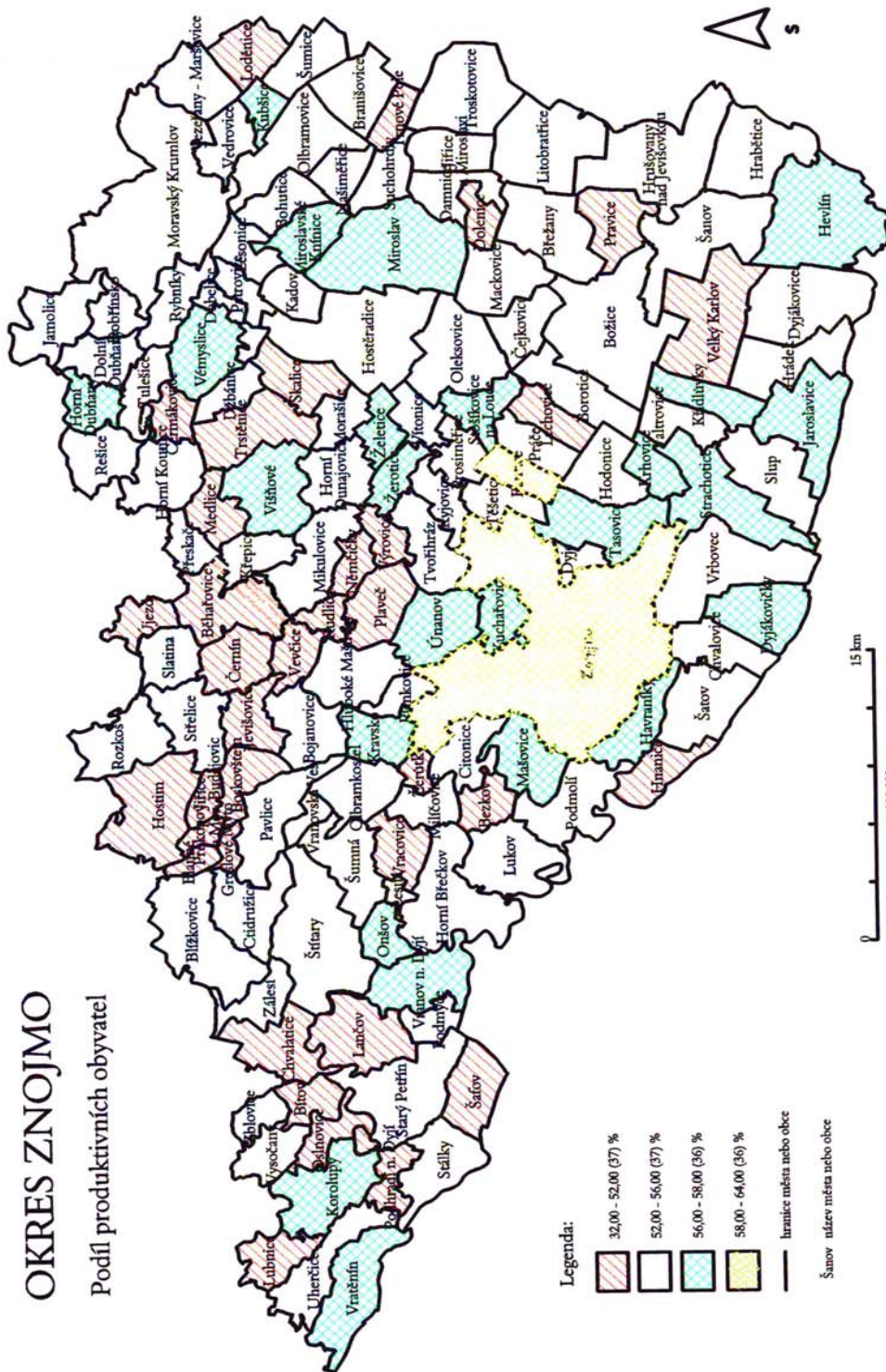
Název	Datový typ	Poznámka
UTJ	LongInt	Číslo územně technické jednotky
Číslo	LongInt	Číslo hrany UTJ
X	LongInt	Souřadnice X lomového bodu hranice UTJ
Y	LongInt	Souřadnice Y lomového bodu hranice UTJ



Obr. 4.1. E-R diagram datového modelu systému

# OKRES ZNOJMO

## Podíl produktivních obyvatel



Obr. 4.1. Kartogram podílu produktivních obyvatel z celkového počtu v obcích okresu Znojmo

## 4.4 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ

Koncepci, analýzu a původní zdrojový kód vytvořil autor v jazyku Borland Pascal. V diplomové práci [Věrná 1998] byly aktualizovány databázové soubory, v práci [Finstlrle 1999] byl programový kód přepsán do prostředí Borland Delphi a v práci [Pikalová 2000] byl program upraven v části tvorby legendy. Hlavním cílem diplomových projektů bylo ověření funkčnosti systému na konkrétních příkladech z praxe. Po úspěšné verifikaci byl program začleněn do programového vybavení jak stávající počítačové učebny tak i moderního vzdělávacího pracoviště oboru Geodézie a kartografie. Toto pracoviště vzniklo v rámci projektu FRVŠ na Ústavu geodézie FAST VUT v Brně v roce 2000 [Bureš, Bartoněk 2001].

Těžiště práce na analýze systému spočívalo v návrhu databáze programu (viz předchozí kapitola) a v tvorbě metodiky pro šrafování areálů. Obě koncepce představují původní řešení. V algoritmu šrafování bylo využito osvědčených postupů pro výpočet průsečíků s hranicemi oblastí (Weiler-Athertonův algoritmus – viz [Žára, Beneš, Felkl 1998]). Potvrdily se také dosavadní zkušenosti z obdobných úloh v tom smyslu, že pokud šrafovací čáry nejsou rovnoběžné s některou ze souřadných os, je pro výpočet průsečíků výhodnější otočit hranice daného areálu tak, aby podmínka rovnoběžnosti byla splněna. Po skončení algoritmu se pak hranice i šrafovací čáry transformují zpět do původní polohy.

K důležitým funkcím programu patří i analýza hodnot zkoumaného jevu. K dispozici je automatické generování mezí legendy ihned po zadání počtu intervalů. Implicitně je nabízeno dělení na pentily. Výpočet je založen na statistických metodách (rovnoměrné rozdělení nebo medián). Prakticky se to provede tak, že hodnoty jevu se seřídí metodou QuickSort [Wirth 1989] a potom se rozdělí rovnoměrně na pět částí (pentily). Pokud by uživatel zadal 2 záznamy legendy, pak se použije dělení mediánem podle efektivního algoritmu v [Wirth 1989]. Meze intervalů lze interaktivně editovat. Ukázka výstupu z programu jsou na obr. 4.1. Zdrojem údajů je sčítání lidu ČR z roku 2001.

## 4.5 ZÁVĚR A DALŠÍ DOPORUČENÍ

Popsaný program je využíván především ve výuce předmětu „Územní informační systémy“ a „Databáze“ na Ústavu geodézie FAST VUT v Brně. Je vhodný jako součást informačního systému ve státní správě pro sledování vybraných sociálně ekonomických jevů v rámci určitého regionu.

Perspektivně se uvažuje o doplnění některých funkcí: Z mnoha variant uvedeme nejdůležitější:

- rozšíření vstupního řídicího souboru o další standardní formáty,
- možnost zobrazení kontrolní kresby na obrazovce před výstupem do \*.DXF,
- zabudování algoritmu pro automatizované rozmíst'ování popisu tak, aby se textové řetězce navzájem nepřekrývaly,
- doplnění o funkce, umožňující generovat kartodiagramy tj. kartogramy s grafickými ukazateli (koláčový graf, histogram apod.).

K hlavním přínosům systému pro kresbu kartogramů patří:

- odstranění mechanické práce při ručním pořizování kresby kartogramů v grafickém editoru,
- automatické statistické vyhodnocení sledovaného sociálně ekonomického jevu,
- systém je možné využít ve státní správě pro informaci o určitých sociálně ekonomických jevech nebo jako podkladový materiál pro různé formy rozhodování v určitém regionu,
- jednoduchá obsluha a manipulace s programem.

## 5 KONVERZE GRAFICKÝCH FORMÁTŮ

### 5.1 TISK KRESBY V JAZYKU HPGL NA BODOVOU TISKÁRNU

Tisk v grafickém režimu patří k nejnáročnějším procesům ze všech tiskových úloh a to především v těch případech, kdy grafický formát obrázku, který se má tisknout, neodpovídá principu činnosti dané tiskárny. Tak je tomu v případě tisku grafického souboru ve vektorovém formátu – jazyku HPGL (Hewlett-Packard Graphic Language) na tiskárně, která pracuje na bitmapovém principu tj. na tiskárně bodové. Řešení lze rozdělit do dvou základních etap:

1. Konverze vstupního vektorového grafického formátu na formát bitmapový.
2. Přenos bitmapového souboru do tiskárny (realizace tisku).

#### 5.1.1 Konverze souboru ve formátu HPGL do bitmapového souboru

Konverze má tyto fáze:

1. Analýza souboru s kresbou v jazyku HPGL,
2. vytvoření bitové mapy (bitmapového souboru) ve vhodném formátu pro tisk.

##### *ad 1) Analýza souboru s kresbou v jazyku HPGL*

Při analýze vyjdeme z definice standardu jazyka HPGL. Jde o posloupnost příkazů pro řízení kresby na zapisovacím zařízení (plotru). Syntax příkazu HPGL lze symbolicky zapsat takto:

**<mnemotechnický kód> <pole parametrů> <terminátor příkazu>**

kde

<mnemotechnický kód> je tvořen dvěma písmeny (malá a velká písmena se nerozlišují), který identifikuje příkaz pro zapisovač.

<pole parametrů> je množina (může být i prázdná tj. existují i příkazy bez parametrů) hodnot (číslic) oddělená čárkami jako oddělovačem. Tyto hodnoty specifikují atributy kresby,

<terminátor příkazu> je středník, který je nepovinný.

Př.: PUPA0,0PD10,0,0,10,0,10,0,0PUCI15 nebo  
PU;PA0,0;PD10,0,0,10,0,10,0,0;PU;CI15;

Protože HPGL je jazyk s regulární gramatikou (substituční pravidla obsahují na pravé straně buď celý řetězec nebo levý podřetězec terminálních symbolů) viz např. [Chomsky 1959], [Chytil 1984] můžeme jeho syntaktickou analýzu provést pomocí konečného automatu viz např. [Manna 1981]. Konečný automat si můžeme znázornit konečným orientovaným grafem nebo tabulkou.

Pro syntaktickou analýzu souboru s kresbou v jazyku HPGL použijeme konečného automatu, který vyjádříme jednak tabulkou (nazývá se také přechodovou tabulkou) jednak grafem.

Přechodovou tabulku sestavíme takto:

Tabulka bude mít tolik řádků, kolik je stavů a tolik sloupců, kolik je možných typů vstupních znaků (podle syntaxe jazyka HPGL) a to – viz tab. 5.1:

1. písmeno **a .. z** nebo **A .. Z**
2. číslice **0 .. 9**
3. oddělovač **","**
4. terminátor **","**
5. ostatní znaky, které nejsou uvedeny ad 1) - ad 4).

Tabulka 5.1. Stavby jazyka HPGL

Stav/vstup	a .. z, A .. Z	0 .. 9	","	";"	X (ostatní znaky)
1	2	E	E	E	E
2	1	3	E	1	E
3	2	3	3	1	E
E	E	E	E	E	E

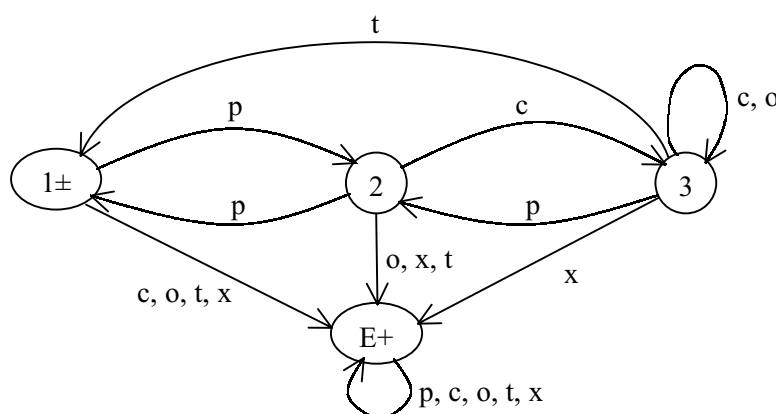
Tabulka 5.2. Význam jednotlivých stavů:

Stav	Význam
1	Na začátku počáteční stav, potom vyhodnocení instrukce
2	Přijato písmeno
3	Přijata číslice, po oddělovači nebo terminátoru vyhodnocení celého čísla
E	Chybový stav (Error) - generování chybového hlášení

Na základě přechodové tabulky 5.1. sestrojíme orientovaný graf. Uzly budou reprezentovat stavy, hrany pak přechody mezi stavy. Hrany ohodnotíme vstupními znaky (záhlaví tab. 5.1). Graf je na obr. 5.1 a jednotlivé symboly mají tento význam:

- symbolem "-" je označen počáteční stav
- symbolem "+" jsou označeny koncové stavy
- p - písmena a ..z, A .. Z
- c - číslice 0 .. 9
- o - oddělovač parametrů ","
- t - terminátor ";"
- x - ostatní znaky.

Kontrola správnosti grafu: sjednocení ohodnocení všech hran vycházejících z každého uzlu musí dát množinu všech existujících vstupních symbolů tj. {p, c, o, t, x}.



Obr. 5.1. Přechodový graf konečného automatu pro analýzu HPGL

### ad 2) Vytvoření bitové mapy (bitmapového souboru)

Těžiště práce v této části spočívá v procedurách pro vyhodnocení instrukcí (stav 1). Převážně jde o instrukce pro kreslení prvků (entit). Procedury řeší postupně 2 úlohy:

1. transformace kresby ze souřadného systému jazyka HPGL (x, y) do souřadného systému tiskárny (X, Y),
2. rozkreslení prvků z vektorové do rastrové formy (rasterizace entit).



### ad 1) transformace souřadnic kresby

Ze všech možných transformací v rovině viz např. [Hanzl 1997] (shodnostní, podobnostní, afinní, kolineární, nelineární, konformní) je použitelná pouze podobnostní transformace, protože potřebujeme změnit měřítko kresby, ale zachovat tvar obrazu, což transformace od afinní dále nespĺňují. Pro převod použijeme těchto transformačních vztahů pro podobnostní transformaci:

$$X = X_0 + A_{11}(x_p + x - x_{\min}) - A_{12}(y_p + y - y_{\min}) \quad (5.1)$$

$$Y = Y_0 + A_{21}(x_p + x - x_{\min}) - A_{22}(y_p + y - y_{\min}) \quad (5.2)$$

kde

- $x_p$ , resp.  $y_p$  je posun kresby ose x resp. y vzhledem k počátku souřadnic,
- $X_0$ , resp.  $Y_0$  jsou okraje kresby na tiskárně v ose X resp. Y,
- $x_{\min}$ , resp.  $y_{\min}$  jsou hodnoty minimálních souřadnic kresby v ose x resp. y,
- $A_{11} = k_x M_x \cos(\alpha)/R_x$
- $A_{12} = k_y M_y \sin(\alpha)/R_y$
- $A_{21} = k_x M_x \sin(\alpha)/R_x$
- $A_{22} = k_y M_y \cos(\alpha)/R_y$
- $k_x$  resp.  $k_y$  je rozlišení (krok) zapisovače -  $k_x = k_y = 0,025$  mm, (u digigrafu 0,01 mm),
- $M_x$ , resp.  $M_y$  je měřítko kresby v ose x resp. y,
- $\alpha$  je úhel natočení kresby,
- $R_x$ , resp.  $R_y$  je rozlišení tiskárny v ose x resp. y:

ad 2) rasterizace entit. Tuto fázi můžeme rozdělit na 2 části:

- a) vytvoření rastru pro konkrétní tiskárnu,
- b) vlastní rasterizace entit.

### ad a) Vytvoření rastru

Pro rastr stanovíme souřadný systém tak, že orientace os je dána pohybem tiskového média. Na kratší stranu ve směru pohybu tiskové hlavy umístíme osu Y, delší stranu formátu ve směru řádkování ztotožníme s osou X. Rastr musí odpovídat konstrukci tiskacího mechanismu konkrétní tiskárny. Veškeré tiskárny lze v režimu grafického tisku rozdělit do 3 skupin:

1. tiskárny s 9ti jehličkovou hlavou, které jsou unikátní. Souvislost mezi daty a tiskací hlavou je vidět na obr. 5.2. V grafice se využívá jen 8 jehel (mapování na 1 slabiku). V nejnižší hustota je 72 dpi ve směru svislém a 120 dpi ve směru vodorovném. Nejvyšší hustota je 216 dpi ve směru osy X (3x průchod hlavy) a 240 dpi ve směru osy Y (2x průchod hlavy).
2. tiskárny s 24ti jehličkovou hlavou. Do této skupiny patří převážná většina barevných inkoustových tiskáren, které tento tisk emulují – viz obr. 5.3.
3. laserové tiskárny a některé barevné tiskárny firmy Hewlett Packard – viz obr. 5.4.

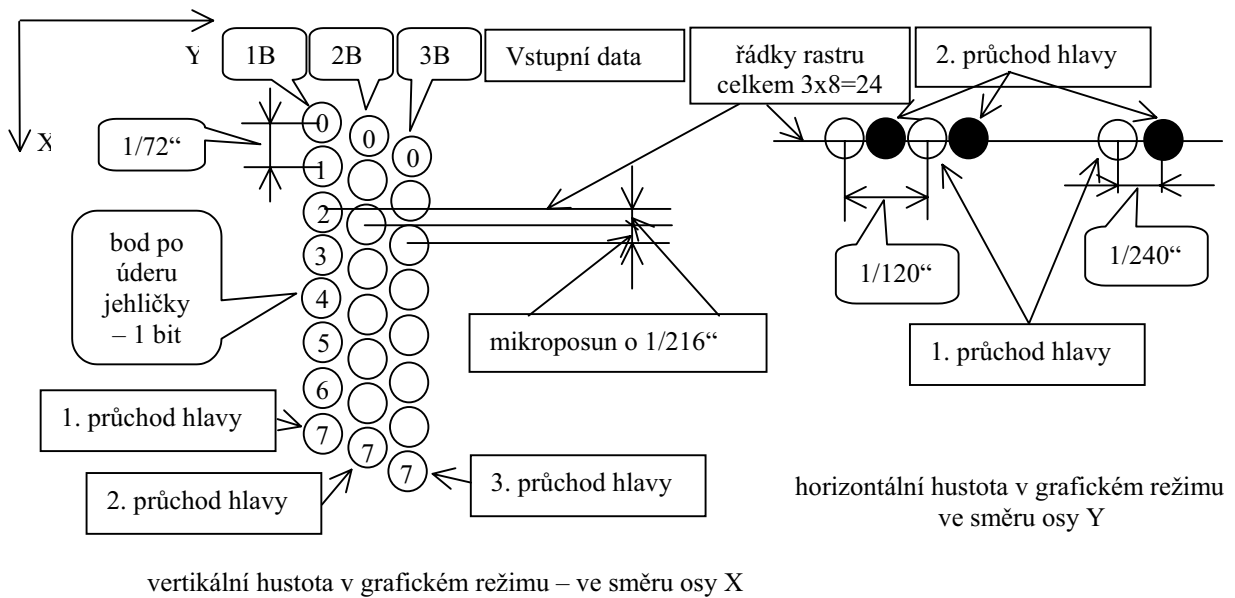
Protože zvláště ve vysokém rozlišení může rastr zabírat značný prostor, je výhodné rozdělit si bitovou mapu do dlaždic (submatic). Další předností je, že neobsahuje-li submatice žádný prvek, nemusí se zařadit do výstupního souboru (úspora místa) a daný prostor se pak vyplní barvou pozadí. V případě barevné kresby použijeme 3 submatice, každou pro jednotlivé složky barevného modelu CMY. Rozměry dlaždic (počet bodů v ose X x Y) budou odpovídat koncepci tisku a to:

- 24 x 256 bodů u bodové tiskárny s hlavou o 9ti jehlách – viz obr. 5.2.,
- 48 x 256 bodů u tiskáren s hlavou s 24 jehlami – viz obr. 5.3.,
- 32 x 256 u laserových tiskáren – viz obr. 5.4. (32 řádků bylo stanoveno empiricky).

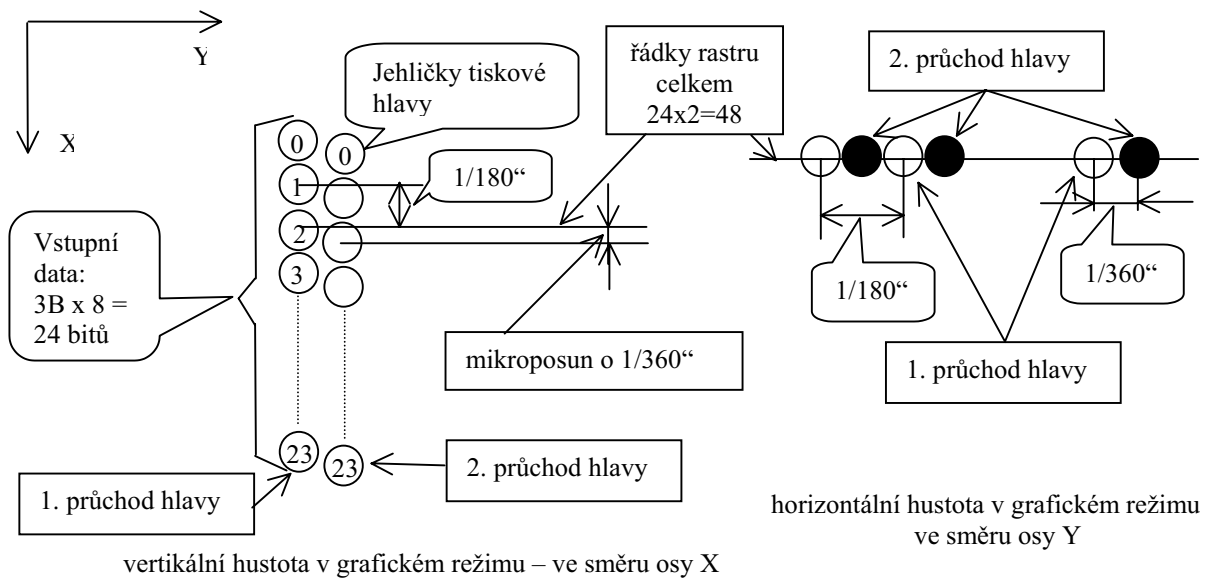
256 bodů v ose Y je výhodné z hlediska rychlosti transformace:

$X \text{ div } 256 = \text{Hi}(X)$  (operace Hi je rychlejší než operace div),

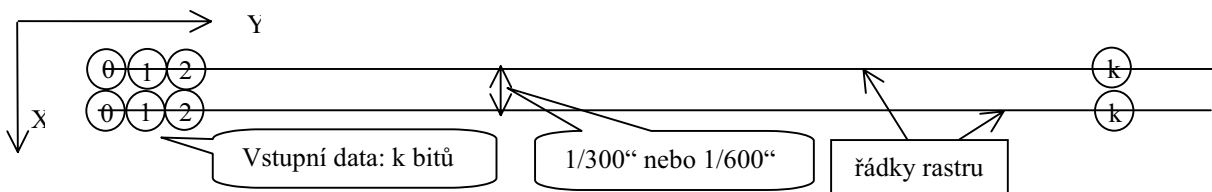
$X \text{ mod } 256 = \text{Lo}(X)$  (obdobně operace Lo je rychlejší než operace mod).



Obr. 5.2. Koncepce tisku u devítijehličkové tiskárny v grafickém režimu



Obr. 5.3. Koncepce tisku u 24jehličkové tiskárny v grafickém režimu

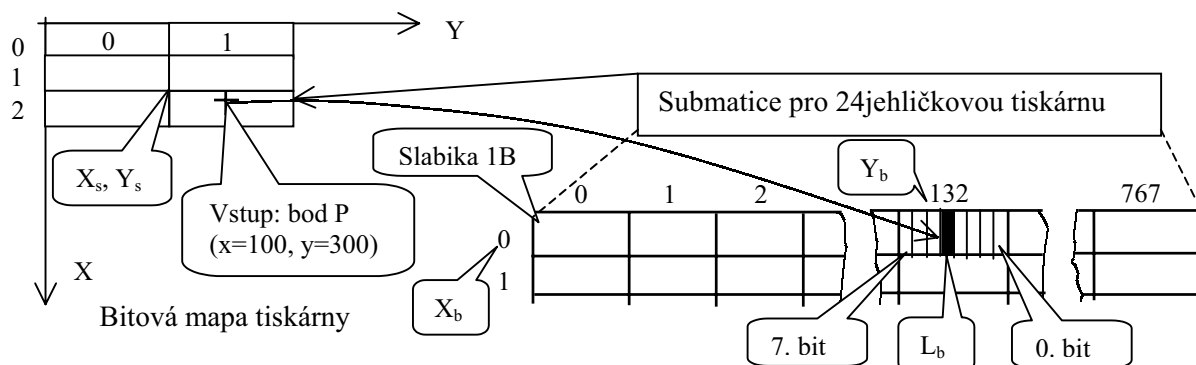


Obr. 5.4. Koncepce tisku u laserové tiskárny v grafickém režimu

Pro každý bod o souřadnicích (x, y) musíme vypočítat - viz obr. 5.5.:

- souřadnice submatice  $X_s, Y_s$  v rastru X, Y,
- souřadnice slabiky (Byte)  $X_b, Y_b$  v rámci submatice,
- pozici bitu ve slabice  $L_b$ .

Příklad transformace bodu P o souřadnicích ( $x=100$ ,  $y=300$ ) z kresby HPGL do bitové mapy pro 24 jehličkovou tiskárnu s nižším rozlišením tisku je na obr. 5.5.



Výpočet indexů – nižší hustota tisku:

a) souřadnice submatice:  $X_s = 100 \text{ div } 48 = 2$   $Y_s = \text{Hi}(300) = 1$

b) souřadnice slabiky v submatici:

$X_b = (100 \text{ mod } 48) \text{ div } 24 = 0$ ,  $Y_b = 3 * \text{Lo}(300) + [(100 \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ shr } 3 = 132$

c) pozice bitu ve slabice:  $L_b = [(100 \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ and } 7 = 4$

Vysvětlivky:

Operace *Shr 3* je ekvivalentní operaci *div 8*, ale je rychlejší (jde jen o logický posun bez použití aritmetické jednotky), *and 7* je ekvivalentní (a rychlejší) operaci *mod 8*.

Obr. 5.5. Transformace bodu P(100, 300) do submatice pro 24jehličkovou tiskárnu

ad b) *Vlastní rasterizace prvků* probíhá podle osvědčených algoritmů tří typů:

- rasterizace úsečky,
- rasterizace oblouků, kružnic a křivek,
- rasterizace textů.

Základem všech algoritmů je rasterizace úsečky, protože konverze oblouků, kružnic a křivek probíhá tak, že se tyto prvky aproximují třetivými se středovým úhlem o implicitní hodnotě  $5^\circ$ . Texty jsou v podstatě entity složené z úseček, oblouků, kružnic a křivek, takže situace je zde obdobná. Pro rasterizaci úsečky použijeme Bresenhamova algoritmu – viz [Žára, Beneš, Felkl 1998]. Pro složitější kresbu však s tímto algoritmem nevystačíme, protože je třeba vyřešit:

- *různé tloušťky čar*. Byl vytvořen speciální algoritmus, který vytváří u silnějších čar zaoblené konce, takže spoje jsou bez přesahu a nepůsobí rušivě – viz obr. 5.6. b).
- *typy čar* (plná, čárkovaná, tečkovaná apod.). Různé typy čar se generují tak, že mezi dva body, které se mají spojit nanášíme bezprostředně za sebou příslušné vzory čar. Pro každý typ čáry je definován vzor ve formě číselného pole konstant. Kladné číslo udává délku čárky, záporné číslo délku mezery. Délky jsou zapsány jako poměrné normalizované veličiny, kdy délku celého vzoru považujeme za jednotkovou. V programu jsou dále ošetřeny případy, aby nedocházelo k napojování nebo lomení čar v mezerách vzorů.
- *barvy čar mimo základní paletu CMY, RGB* např. hnědá nebo oranžová, kterou požadují např. geodetické kanceláře pro výkresy určené SPT Telecom. Např. dojem hnědé barvy vytvoříme tak, že nakreslíme čáru červenou (purpurová + žlutá) a každý 5. bod této čáry přebarvíme na černo. Podobně oranžovou získáme tak, že do červené čáry (purpurová + žlutá) přebarvíme každý 5. bod žlutou. Výsledky jsou uspokojivé, ale prodlužuje se tisk.
- *šrafování a vyplňování uzavřených ploch*.



a) ostré zakončení čar



b) zaoblené zakončení čar

Obr. 5. 6. Způsoby napojení silných čar

### 5.1.2 Přenos bitmapového souboru do tiskárny

Tento proces má 2 základní části:

1. *výběr submatic* ze souboru MATICE.DAT a jejich sestavení do registru tisku. Registr tisku je paměť na jeden grafický řádek tisku (1 grafický řádek je množina řádků rastru podle typu tiskárny – počet řádků rastru je totožný s počtem bodů ve sloupci submatice), jejíž velikost je dána formátem tiskárny (A4/A3), rozlišením kresby a uspořádáním slabik v submatici.
2. *vlastní tisk* probíhá ve třech etapách:
  - a) *inicializace tiskárny*.
  - b) *nastavení grafického režimu*
  - c) *přenos dat z registru tisku do tiskárny* s následným tiskem jednoho grafického řádku.

Ve všech uvedených operacích se využívá řízení tiskárny pomocí tzv. ESC posloupností, které jsou pro danou tiskárnu obsaženy v příslušných programátorských příručkách.

## 5.2 PŘEVOD KRESBY V HPGL JAZYKU NA DIGIGRAF

Digigraf je výstupní zařízení určené pro pořizování kresby velkých formátů až do velikosti 2 x A0. Kreslicím prvkem je hlava s vyměnitelnými pisátky, která se pohybuje ve směru souřadných os x, y v rastru s rozlišením 0,01 mm. Jde o robustní zařízení dodávané k počítačům řady JSEP, které vyžadovalo velký prostor pro instalaci, bylo energeticky náročné a poruchové. S nástupem počítačů typu PC, k nimž byly nabízeny souřadnicové zapisovače (plotry) s nepoměrně menšími rozměry a úsporným provozem ztrácely digigrafy svoje postavení mezi zařízeními pro výstup kresby z počítače.

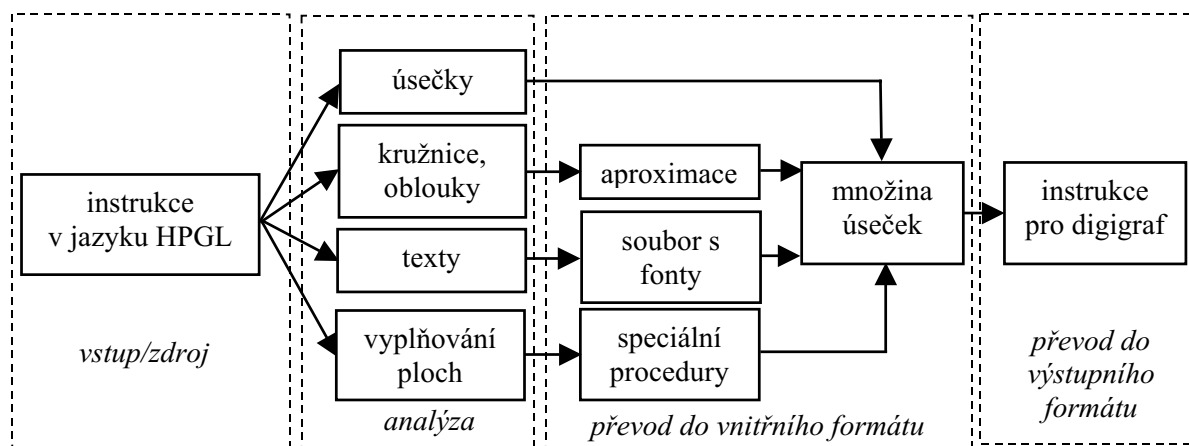
Protože digigraf měl relativně vysokou pořizovací cenu hledaly organizace, které byly tímto zařízením vybaveny, oblast jeho efektivního využití. Ta se nabízela zejména u těch aplikací, kde bylo možné zužitkovat přednosti digigrafu proti nově nastupujícím zapisovačům (plotrům). K hlavním přednostem digigrafu ve srovnání s plotry v 90. letech patřily:

- jemnější rozlišení rastru (digigraf 0,01 mm, plotr 0.025 mm),
- větší formát kresby (digigraf až 2 x A0, plotr max. A1),
- u digigrafu bylo možné použít rycí hlavu, u plotru v té době ne.

Protože instrukce pro kreslení na digigrafu jsou vektorově orientované (kresba je složena ze základních geometrických prvků), je převod kresby z jazyka HPGL do formátu digigrafu v podstatě konverzí z vektorového do jiného vektorového grafického formátu. Proces má tyto fáze:

1. Analýza souboru ve formátu HPGL – viz kap. 5.2.1.
2. Převod instrukcí jazyka HPGL do vnitřního formátu systému.
3. Zápis transformovaných instrukcí do souboru a přenos do digigrafu.

Pro jednoduchost byla zvolena taková strategie, že veškeré prvky v HPGL byly nejdříve převedeny do množiny úseček a pak teprve transformovány do instrukcí digigrafu – viz obr. 5.7.



Obr. 5.7. Schéma převodu formátu z HPGL do digigrafu

Jádrum konverze je převod do vnitřního formátu, který používal 4 různé metody podle větvení ve schématu na obr. 5.7.:

1) nejjednodušší je převod úseček, kde dochází jen k transformaci souřadnic krajních bodů úsečky ze souřadnicového systému HPGL do souřadnicového systému digigrafu podle vztahů:

$$X_d = \text{Round}(k(x_{poc} + M_x \cos(\alpha)(x_0 + x - x_{min}) - M_y \sin(\alpha)(y_0 + y - y_{min}))) \quad (5.3)$$

$$Y_d = \text{Round}(k(y_{poc} + M_x \sin(\alpha)(x_0 + x - x_{min}) + M_y \cos(\alpha)(y_0 + y - y_{min}))) \quad (5.4)$$

kde

- $X_d, Y_d$  jsou souřadnice výstupní kresby v digigrafu,
- $x, y$  jsou souřadnice kresby ve vstupním formátu HPGL,
- *Round* je funkce, která vrací zaokrouhlenou hodnotu argumentu,
- $k$  je konstanta, která vyjadřuje poměr rozlišení kresby v HPGL (plotry = 0.025 mm) k rozlišení digigrafu (0.01 mm). V našem případě je  $k = 0.025/0.01 = 2.5$ ,
- $x_{poc}, y_{poc}$  jsou souřadnice počátku kresby (posunutí) zadané uživatelem,
- $x_{min}, y_{min}$  jsou minimální souřadnice kresby ve formátu HPGL,
- $x_0, y_0$  jsou velikosti okraje kreslicí plochy (papíru) zadané uživatelem,
- $M_x, \text{resp. } M_y$  je měřítko kresby v ose  $x$ , resp.  $y$  zadané uživatelem,
- $\alpha$  je úhel otočení výsledné kresby v digigrafu proti původnímu obrazu v HPGL,

2) převod oblouků a kružnic do vnitřního vztahu (úseček) probíhal tak, že příslušné prvky byly aproximovány úsečkami (tětivami) se středovým úhlem  $5^\circ$ .

3) převod textů do vnitřního formátu se realizuje prostřednictvím souboru ces.shx tak, že pro každý vstupní znak se v souboru vyhledá posloupnost úseček, která daný znak aproximuje. Vygenerované úsečky se potom transformují podle vztahů (5.3) a (5.4) do kresby v digigrafu.

4) šrafování nebo vyplňování (vyplňování = šrafování s nulovou roztečí šrafovacích čar) uzavřených ploch se provádí speciální procedurou podobně jako u převodu HPGL formátu do bitmapové matice pro tisk – viz kap. 5.2.1. Využívá se 2 procedur:

- a) Procedura pro šrafování a souvislé vyplňování,
- b) Procedura pro nesouvislé (tónové, gradientní) vyplňování, která využívá speciální funkci (filtr). Ten testuje, zda daný bod matice patří nebo nepatří do vyplňované oblasti a propustí ze

vstupu na výstup jen takovou část bodů, která je úměrná zadané hodnotě vyplnění (např. při vyplnění 50% pustí na výstup jen každý druhý bod).

Poslední fází celého procesu je přenos transformovaných úseček kresby do digigrafu. To probíhá tak, že konvertovaný soubor se запиše na magnetickou pásku, která je ke kreslicímu zařízení připojena a z ní se data přenesou přímo do digigrafu.

## 5.3 ZÁVĚR

### 5.3.1 Převod kresby v HPGL do bitmapového formátu

Podle metodiky popsané v kap. 5.2. pracují 2 programy:

1. program HPGLVIEW, který umožňuje zobrazit soubory v jazyku HPGL resp. HPGL 2 na obrazovku nebo převést do formátu \*.bmp,
2. program HPGLPRIN, který slouží k vykreslení souboru libovolné kresby zapsané v grafickém jazyku HPGL na mozaikové tiskárně s hlavou o 9/24 jehel dále na laserové tiskárně a na tiskárnách, které tyto režimy emulují. Kresbu lze také zobrazit na obrazovce.

Oba programy byly vytvořeny v 90. letech pod operačním systémem DOS. Velké uplatnění našel zejména program *HPGLPRIN*, protože v dané době nebylo mnoho možností, jak vytisknout kresbu z některého editoru v libovolném formátu a kvalitě. Např. ze systému AUTOCAD bylo možné tisknout kresbu o délce max. 170 cm, což bylo nedostatečné např. při pořizování výkresové dokumentace pro inženýrské sítě (Telecom apod.), kdy bylo zapotřebí vytvářet nestandardní formáty (úzké dlouhé např. 21 x 220 cm apod.). Navíc tisk z grafických editorů byl možný jen v tzv. plot kvalitě (72 x 72 dpi) nebo max. draft kvalitě (12 x 72) dpi na 9jehličkové tiskárně a 180 x 180 dpi na 24jehličkové tiskárně). Dále se program stal součástí mnoha jiných aplikací např. systému pro navrhování osvětlení interiérů, programu pro tvorbu kartogramů – viz kap. 4, atd.

### 5.3.2 Výstup kresby v HPGL na digigraf

Program byl vytvořen pro Katastrální úřad v Brně. Umožňuje vykreslit soubor v jazyku HPGL na digigraf 3,5 G s využitím magnetopáskové jednotky (MGP) připojené k počítači IBM PC. Program byl využíván především k pořizování fólií mapových podkladů rycí hlavou na digigrafu, protože v té době to byla jediná možnost, jak získat tento výstup z kresby vytvořené v grafickém editoru na počítači.

Zcela původní jsou ve všech uvedených konverzních programech tyto algoritmy:

- tónování barev na liniových prvcích, kdy z několika barev na tiskárně se vytváří dojem více odstínů kombinací těchto barev metodou prokládáním bodů s různými barvami v různých intervalech na liniích,
- gradientní vyplňování uzavřených ploch buď barevnými tóny nebo odstíny šedi. Provádí se vkládáním bodů do různě husté mřížky (podle sytosti tónu), která se položí na daný areál. Jádrem algoritmu je test polohy bodu vůči polygonu.
- tvorba vzorů různých typů čar (tečkovaných, čárkovaných, čerchovaných apod.) pomocí vzorových konstant uložených ve statických polích. Vzory se pokládají na reálné přímky tak, aby mezery vzorů neležely v lomových či koncových bodech přímky.

## 6. LITERATURA

- [Bartoněk 2000] BARTONĚK, D.: Počítačová grafika. Skriptum VUT Brno, FAST. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2000, ISBN 80-214-1624-6, 109 s.
- [Bartoněk 2004] Bartoněk, D.: MGASSERV pro MERO. Uživatelská příručka. SHINE, Brno, 2004.
- [Bock 1970] Bock, H. H.: Automatische Klassifikation. In: Walter E. a kol.: Statistische Methoden II. Berlin, Springer 1970.
- [Booch, Jacobson, Rumbaugh 1999] Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J.: The Unified Software Development Process. Addison Wesley, 1999.
- [Bureš, Bartoněk 2001] Bureš, J., Bartoněk, D.: Vybudování moderního vzdělávacího pracoviště Geodézie a kartografie na VUT v Brně. Zeměměřič 4/2001, str. 8-9.
- [Člupek, Davidová 1998] Člupek, O., Davidová, H.: Protikorozní ochrana. GAS s. r. o., Praha, 1998, 141 s., ISBN 80-902339-8-8.
- [Date 1995] Date, C., J.: An Introduction to Database Systems. Sixth Edition. Addison-Wesley, 1995.
- [DIGEST 1994] DIGEST, Part 2, 4, 5 – Terminology, Data Models. DGIWG, January 1994.
- [EN ISO 8044, 1996] EN ISO 8044. Corrosion of metals and alloys - Basic terms and definitions. (Koroze kovů a slitin - Základní termíny a definice), 1999.
- [Finstrel 1999] Finstrel, A.: Program pro tvorbu kartogramů. Diplomová práce. VUT Brno, FAST, Ústav geodézie, 1999.
- [Hanzl 1997] HANZL, V.: Matematická kartografie. Skriptum VUT Brno, FAST. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997, 55 s.
- [Hebák, Hustopecký 1987] HEBÁK, P. – HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. SNTL Praha, 1987. 456 s.
- [Chomsky 1959] CHOMSKY, N.: On certain Formal Properties of Grammars. Inf. & Control, No. 2, 1959, s. 137 – 167.
- [Chytil 1984] CHYTIL, M.: Automaty a gramatiky. SNTL Praha, 1984, 336 s.
- [Kaňok, Voženílek 2000] Kaňok, J., Voženílek V.: Tvorba tematických map v GIS, příloha časopisu Geoinfo 4/99, 5/99, 6/99 a 1/00.
- [Kenneth, Lynch] KENNETH, F – LYNCH, M. Katedra geografie, Texas University, Austin, USA.
- [Jeffrey, Estes 1990] JEFFREY, S. – ESTES, J.: Geographic Information Systems, Prentice Hall, NJ, 1990.
- [Kolář 1997] Kolář, J.: Geografické informační systémy 10, Vydavatelství ČVUT, Praha 1997.
- [Korth, Silberschatz 1996] Korth, H. F., Silberschatz, A.: Database System Concept. Third edition. McGraw-Hill, 1996.
- [Lehman 2001] Lehmann, M. M.: Rules and Tools for Software Evolution Planning and Management. 2001. <http://www-dse.doc.ic.ac.uk/~mml>.
- [Manna 1981] MANNA, Z.: Matematická teorie programů. SNTL Praha, 1981, 468 s.
- [Pikalová 2000] Pikalová, P.: Modifikace programu pro tvorbu kartogramů. Diplomová práce. VUT Brno, FAST, Ústav geodézie, 2000.
- [Pokorný 2001] Pokorný, J.: Konstrukce databázových systémů. Skriptum ČVUT Praha, 2001, 166 stran, ISBN 80-01-01935-7.
- [Polák, Veleta 2002] POLÁK, J. – VELETA, P.: Rukověť katodické protikorozní ochrany. Český plynárenský svaz, Praha, ISBN 3-527-29586-0, 534 s.
- [prEN 13509, 1999]. prEN 13509. Cathodic Protection Measurement Techniques. (Postupy měření v katodické ochraně), 1999.

- [Ramakrishnan, Gehrke 1999] Ramakrishnan, R., Gehrke, J.: Database Management Systems. WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [Rapant 1999] Rapant, P.: Úvod do geografických informačních systémů, příloha časopisu Geonifo 1/99, 2/99 a 3/99
- [Rektorys 1981] Rektorys a spolupracovníci. Přehled užití matematiky. SNTL Praha, 1981.
- [Riordan 2000] Riordan, M., R.: Vytváříme relační databázové aplikace. Computer Press, Praha, 2000.
- [Sedláček, Bartoněk 2004] Sedláček, S., Bartoněk, D.: GAS – ACOR pro Windows. Uživatelská příručka. SHINE, Brno, 2004.
- [Sedláček, Bartoněk 1996] Sedláček, S., Bartoněk, D.: Systém PEARSON. Uživatelská příručka, SHINE Brno, 1996.
- [Sedláček, Bartoněk 1997] Sedláček, S., Bartoněk, D.: GASSERV. Uživatelská příručka. SHINE, Brno, 1997.
- [Sedláček, Bartoněk 1999] Sedláček, S., Bartoněk, D.: GAS-ACOR pro ČEPRO. Uživatelská příručka. SHINE, Brno, 1999.
- [SWEBOK 2001] SWEBOK - Software Engineering Body of Knowledge. IEEE Computer Society and ACM. <http://www.swebok.org>.
- [Tuček 1998] Tuček, J.: GIS - geografické informační systémy, Computer Press, Praha 1998
- [Understanding GIS 1993] Understanding GIS: The ARC/INFO Method [příručka]. Environmental Systems Research Institute, Inc. Arcdata Praha, 1993.
- [Věrná 1998] Věrná, K.: Příprava a verifikace dat pro tvorbu kartogramů. Diplomová práce. VUT Brno, FAST, Ústav geodézie, 1998.
- [Veverka 1993] VEVERKA, B.: Autoreferát doktorské disertační práce, Praha 1993.
- [Wirth 1989] WIRTH, N.: Algoritmy a struktury údajov. ALFA, Bratislava, 1989, ISBN 80-05-00153-3.
- [Žára, Beneš, Felkl 1998] ŽÁRA, J. – BENEŠ, B. – FELKEL, P.: Moderní počítačová grafika. Computer Press Praha, 1998, 448 stran, ISBN 80-7226-049-9.



## 7. SUMMARY

This habilitation work consists of projects belonging to the GIS applications, that have been solved by author since 1990's. There are following four projects:

1. Information system for anticorrosive protection of pipeline is described in this part. The general phases of the information system design e.g. data and function analysis, data and function model creation, use case and state diagram and other tools are presented. The projects have been realized as the program systems GAS-ACOR and GASSERV. These applications are used for the processing of the periodical measurement within an anticorrosive protection of pipelines. These systems have been used since 1990's in Czech gas-enterprises and in some gas-enterprises in Slovakia as well. They have also been used in companies Transgas Inc., ČEPRO Inc. and MERO ČR Inc.
2. The evaluation of pipeline isolation defects detected by Pearson method. This part deals with Pearson system program assessing defects of pipeline isolation evaluation which were found when measured by Pearson method. It describes a new method how to apply this, nowadays already a classical way of detecting isolation defects, including a special software which automatically processes the data, taking into consideration the individual defects of pipeline isolation on given routes. The cluster analysis and other statistical methods were used for evaluation of measured data in field. The conclusion sums up practical experience complemented with a graphical output from the software.
3. A special utility for the creation of thematic maps. Cartograms belong among special maps, the aim of which is to inform about a certain socio-economic phenomenon (unemployment, age structure, etc.) within a given territory. To create a cartogram in a general graphic system is laborious and time consuming. This part deals with one possible solution concerning this problem. A special utility, which makes use of two databases, has been created in Borland Delphi: 1) graphic, which contains cadastral boundaries, and 2) statistical, where the values of the socio-economic phenomenon in question are stored. The application works according to a DBF (dBase) control file. This file defines the extent of the territory with the aid of codes from a municipality code list. Further it contains the values of the given socio-economic phenomenon. Based on the user's needs (the range of the legend and type of hatching or filling), the application will generate a cartogram file in a standardized DXF (Data eXchange Format) graphic format. The file can be imported into any graphic system where relevant modifications can be completed before the final output. This paper includes some examples of the cartograms.
4. This part deals with two special methods for graphic format conversion from the input vector HPGL format into:
  - a. output bitmap format. The conception of conversion processes e.g. HPGL syntax analysis, coordinate transformation, bitmap matrix creation in tiles and way of the data transfer into printer is discussed here. There are two basic variants of bitmaps for a 24 pin matrix and a laser printer presented in this part. The printing on other commonly used printers is based on these principles as well. The way of the bitmaps creation for a certain printer is described in greater detail at the very end of this part.
  - b. output vector graphic format for the control of special plotter is named digigraf. This device with the plot area of 2xA0 format is used for maps creation and other drawings in Cadastral office in Brno.