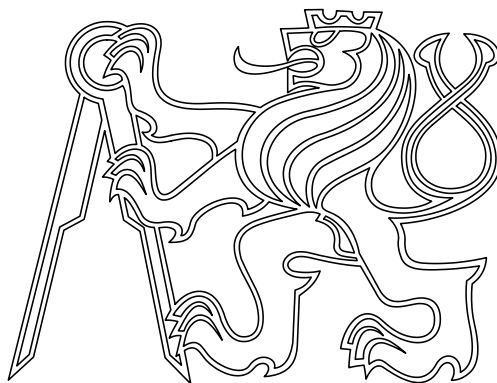


České vysoké učení technické v Praze



# STŘEDOŠKOLSKÁ TECHNIKA 2007

Prezentace prací středoškolských studentů a jejich škol na ČVUT v Praze

STRETECH 2007

Editoval

Tomáš Mareš, Matej Daniel, Michael Fürbacher, Viktor Kreibich  
Radek Šulc, František Tatíček, Karel Vítek

Praha, 2007

©Tomáš Mareš, Matej Daniel, Michael Fürbacher, Viktor Kreibich, Radek Šulc, František Ta-  
tíček, Karel Vitek

**ISBN 978-80-01-03751-5**

## Obsah

1	Jan Suchomel, ALBUM	6
2	Jan Suchomel, SESTAVOVANÁ KRABICE	7
3	Jan Suchomel, KRONIKA	8
4	Matyáš Kopp, Kryštof Měkuta, KORELAČNÍ ANALÝZA	9
5	Jaroslav Plavec, Miroslav Marek, HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU	12
6	Michaela Pavlíčková, Veronika Dejdarová, SOLÁRNÍ ZAŘÍZENÍ	13
7	Martin Bureš, Petra Šrůtková, AEROBNÍ MIKROFLÓRA DUTINY ÚSTNÍ PSA SE SPECIÁLNÍM ZAMĚŘENÍM NA BAKTERIE PATOGENNÍ PRO ČLOVĚKA	15
8	Petr Bezděk, Michaela Mimovičová, ZELENÉ OÁZY UPROSTŘED ŠEDI PANELOVÝCH SÍDLIŠŤ	78
9	Michaela Pokorná, DEKORATIVNÍ BYTOVÉ SVÍTIDLO	105
10	SUŠS Kamenický Šenov, ELEKTRONICKÁ PREZENTACE	106
11	Zdeněk Hajdůšek, TERÉNNÍ ČTYŘKOLKA	107
12	Tomáš Škývara, NÁVRH ZÁVODNÍ MOTOKÁRY	138
13	Jakub Jirůtka, Martin Kováčik, Jan Zahradník, VÝPOČET A 3D MODEL MOSTOVÉHO JEŘÁBU	163
14	Lukáš Vydržel, REALIZACE METEOROLOGICKÉ STANICE	169
15	Bohumil Horák, Filip Kučák, MODEL PRACOVIŠTĚ S ROBOTEM, DO- PRAVNÍKEM, LISEM A JEŘÁBEM	175
16	Michal Drápalík, DIGITÁLNÍ ZESILOVAČ	177
17	Jakub Ďurák, STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM – Pražská 5	179
18	Belinda Karlová, DĚTSKÉ HŘIŠTĚ	181
19	Jakub Ešner, Maroš Beňo, MOBILNÍ ROBOT	185
20	Michael Skřepský, TESLŮV TRANSFORMÁTOR	190
21	Matěj Novotný, KŘIVKY KINEMATICKÉ GEOMETRIE – VÝUKOVÝ PRO- GRAM	193
22	Jindřich Bašek a kolektiv, POMŮCKA PRO ZÁKLADNÍ ELEKTROTECH- NICKÁ MĚŘENÍ	194
23	SPŠ Třebešín, KONSTRUKČNÍ NÁVRH A VÝROBA TĚLESA PŘEVO- DOVKY	196

24 Tomáš Burda, MODEL ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU S AUTOMATICKÝM ŘÍZENÍM	197
25 Jan Horník, INTELIGENTNÍ NABÍJEČKA AKUMULÁTORŮ	199
26 Ondřej Navrátil, TEORIE VZNIKU DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE	201
27 Matěj Tripský, SROVNÁNÍ METOD STANOVENÍ CELKOVÝCH AKTIVIT ALFA A BETA VE VODÁCH	203
28 Martin Knotek, Roman Pliska, DOSTAVBA PROLUK V CENTRU MĚSTA PROSTĚJOVA	233
29 Michaela Koutná, SÍRA	262
30 Jan Štěpánek, DIGITÁLNÍ REKONSTRUKCE STABILNÍHO MOTORU	264
31 František Zahálka, INTELIGENTNÍ OVLADAČ USB	270
32 Pavel Polcr, Petr Jurečka, STABILIZACE STRUKTURY PROTEINŮ A ROLE DISPERZNÍCH INTERAKCÍ	271
33 Tereza Kulatá, JAK EXPERIMENTOVAT? RENTGENFLUORESCENČNÍ ANALÝZA	272
34 Barbora Hanáková, Michaela Jaborníková, Alena Konečná, Sandra Obritzhauserová, Jana Poskerová, Veronika Žďárková, CHEMIE A SVĚTLO	275
35 Pavel Svoboda, Jan Mandelíček, HAVARIJNÍ STAV MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ	278
36 Jonáš Vorác, FILMOVÁ KAMERA	279
37 Zbyněk Hyrák, FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM NA SPŠ UHERSKÉ HRADÍŠTĚ A INFORMAČNÍ PORTÁL O OBNOVITELNÝCH ZDROJÍCH ENERGIE	282
38 Michal Slivecka, Jan Harapát, VODÍK V AUTOMOBILOVÉ DOPRAVĚ	290
39 Michal Slivecka, Jan Harapát, EKONOMICKÉ SROVNÁNÍ DVOU ODLIŠNÝCH DOMŮ	302
40 Radim Laga, VZDUCHOVÁ DRÁHA	312
41 Petr Louman, MCP—MODE CONTROL PANEL	317
42 Aneta Neubauerová, Jana Hejlová, ANALÝZA ZVONU	321
43 Miroslav Dvouletý, STUDIE PŘÍSTAVBY KNIHOVNY B.B.BUCHLOVANA	325
44 Petr Mikeska, Hana Hanychová, Iva Malinová, Veronika Benešová, Vít Čermák, Vít Kopecký, Šárka Ledvinková: HAVLÍČKŮV HYDE PARK	333
45 Ondřej Tomšů, TERASOVÝ DŮM	334

46 Martin Vyška, ZOBECNĚNÍ MAXWELLOVÝCH ROVNIC DO ČTYŘROZ- MĚRNÉHO PROSTORU	336
47 Jiří Matoušek, Martin Nesrsta, Ondřej Pluhař, ANIMOVANÁ ELEKTRINA	365
48 Daniel Lukáš, NÁVRH RÁMU JÍZDNÍHO KOLA	371
49 Vyšší odborná škola a Střední odborná škola technická Litomyšl: VÝUKOVÉ MODELY	377
50 Břetislav Bakala: TESTER SÉRIOVÝCH ROZHRANÍ	391
51 Jan Broulím: TRANSMITTERS & BANDSCAN	424
52 Vladimír Černý, Štěpán Vyterna: MATEMATICKÉ NÁSTROJE NA ŘE- ŠENÍ POHYBU A KOLIZÍ OBJEKTŮ VE VIRTUÁLNÍ REALITĚ	425
53 David Kratina: VYTVOŘENÍ PROPOJENÍ PROGRAMU EAGLE S CNC FRÉZKOU FC16 PRO VRTÁNÍ DĚR DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	456
54 Libor Nouzák: VÝVOJOVÁ DESKA PIC 16F84, 16F627	474
55 Střední škola technická hl.m.Prahy, Radlická 115: SOLÁRNÍ VOZÍTKA A VOZÍTKO POHÁNĚNÉ VODÍKEM	503
56 Provazník Jaroslav, Slavík Zdeněk: VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMKU SO- LÁRNÍM KOLEKTOREM	505
57 Petr Újezdský: TRŽDÍCÍ ALGORITMY	506
58 Rostislav Dlouhý: ŘEZ VYSOKOTLAKÝM ČERPADLEM COMMON RAIL	507
59 Burda Ladislav, Pik Ivan: ODEČÍTÁNÍ ČASU ŠKOLNÍCH HODIN A PŘE- STÁVEK	513
60 Karel Jedlička: GRAFICKÉ ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY SIL	515
61 Michal Reiter, Pavel Hořava: SOLÁRNÍ ENERGIE A VLIV NAKLONĚNÍ SOLÁRNÍCH PANELŮ NA JEJICH ÚČINNOST	516



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

**ALBUM**

**Jan Suchomel**

Integrovaná střední škola polygrafická  
Šmahova 110, 627 00 Brno

Bílá kozinka, morušový papír se zlatou nití. Provedena plastika a aplikace na přední straně alba. Kazetové pouzdro celopapírové, aplikace zlaté stuhy a saténu. Velikost 320x215x25 mm.



Obr. 2: Fotoalbum



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **SESTAVOVANÁ KRABICE**

**Jan Suchomel**

Integrovaná střední škola polygrafická  
Šmahova 110, 627 00 Brno

Kombinace sestavované a nařezávané krabice. Na potah použita flokáž, škrabový papír, aplikace zlatých růžků a linek.  
Velikost 140x140x140 mm.



Obr. 3: Sestavovaná krabice



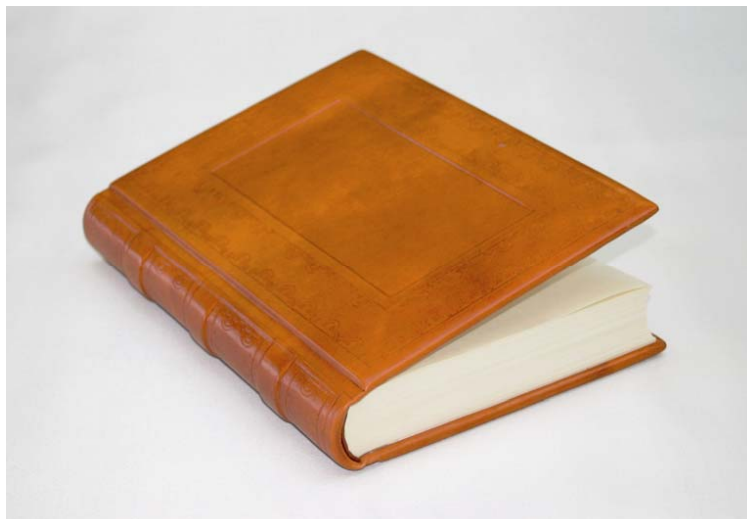
**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **KRONIKA**

**Jan Suchomel**

Integrovaná střední škola polygrafická  
Šmahova 110, 627 00 Brno

Celokožená vazba s pružným hřbetem, falešné vazy, slepotisk, strojní zlacení. Kazetové pouzdro celoplátěné, výstelka mikroplyš.  
Velikost 230x310x50 mm.



Obr. 1: Kronika



# KORELAČNÍ ANALÝZA

**Matyáš Kopp, Kryštof Měkuta**

Gymnázium  
Jírovcova 8, České Budějovice

Naše práce se zabývá teorií regresní a korelační analýzy a aplikací získaných poznatků na příkladech.

Zabývali jsme se určením správné regresní funkce (funkce, která by měla vystihovat zadaná data) a výpočtem jejích koeficientů. Zde jsme mimo jiné řešili problém směru závislosti. Proměnná  $y$  je zpravidla označena za řídicí (nezávislou) proměnnou, proměnná  $x$  za proměnnou řízenou (závislou). Je však často obtížné rozhodnout, která z proměnných je skutečně řídicí a která řízená. Dále jsme se zabývali určením míry korelační závislosti (tzn. zda je jedna z proměnných závislá na druhé a do jaké míry, tedy jaký vliv má změna jedné proměnné na proměnnou druhou). Míru této závislosti určují korelační ukazatelé. Popsali jsme použití Pearsonova korelačního koeficientu, korelačního indexu, korelačního poměru. Dále jsme se zabývali přibližnými grafickými i početními metodami určení korelačního ukazatele a výhodami i nevýhodami jejich použití. Zabývali jsme se také problémem klamné korelace, což je zdánlivá závislost dvou proměnných způsobená obvykle přítomností další zanedbané proměnné.

V celé práci jsme prováděli demonstrace uvedených metod na dvou testovacích souborech dat. Pro demonstraci práce s přibližně lineárními daty jsme použili příklad o závislosti měsíční spotřeby elektrické energie ve výrobě na počtu odpracovaných hodin, pro práci s nelineárními daty to byla závislost velikosti populace králíků na čase. Oba tyto soubory dat jsou fiktivní.

Výpočty regresních koeficientů jsme prováděli pomocí matic v softwaru Maple, k ostatním výpočtům jsme používali většinou program Excel. Pro grafické určení korelačního koeficientu jsme použili Cabri Geometry. Dále jsme napsali vlastní program pro jednoduchý výpočet korelačních ukazatelů, AoS (Analysis of streight) verze 1beta0.

S naší prací jsme se zúčastnili soutěže SOČ. Obsadili jsme druhé místo v jihočeském krajském kole. Porotou nám bylo doporučeno v práci pokračovat a do SOČ se přihlásit ještě jednou v příštím ročníku. Jako cíl jsme si nyní vytýčili navázání kontaktů s praxí a zpracování reálných dat.

### Co je to korelační analýza?

Korelační analýza se zabývá závislostmi mezi veličinami – proměnnými. Jedna veličina je považovaná za závislou (vysvětlovanou), obvykle ji značíme  $y$ . Další proměnná nebo proměnné jsou považovány za nezávislé (vysvětlující). Statistika neurčí, která veličina je příčinou a která následkem, tedy která je nezávislá a která je závislá, sleduje pouze, zda existuje mezi veličinami takový vztah, že když se mění jedna veličina, mění se i druhá, a to takovým způsobem, že to nelze vysvětlit pouze náhodnými změnami. Proto se také používají raději pojmy vysvětlující veličina a vysvětlované veličina.

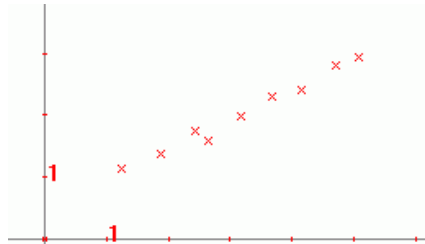
Pro statistické sledování vztahu musíme mít k dispozici výběr s hodnotami jedné proměnné a zároveň s odpovídajícími hodnotami proměnné druhé. Jedná se vlastně o **dvourozměrná případně i vícerozměrná data** (vektory), kdy pro jeden prvek výběru jsou současně zjištěny hodnoty více proměnných.

Mezi proměnnými může být

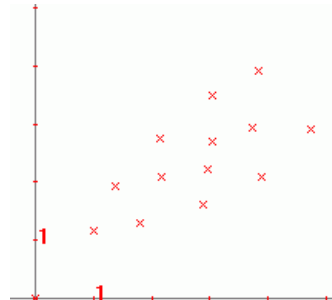
1. **závislost funkční (pevná)** - určité hodnotě vysvětlující proměnné odpovídá jen určitá hodnota vysvětlované proměnné. Lze vyjádřit vztahem  $y=f(x)$
2. **závislost stochastická (volná)** - závislost, kdy vysvětlovaná proměnná (případně i vysvětlující proměnná) jsou náhodné veličiny. Určité hodnotě vysvětlující proměnné pak přísluší možné hodnoty vysvětlované proměnné vybrané z určitého rozdělení.
3. **nezávislost** - náhodná veličina sledovaná jako vysvětlovaná se mění pouze náhodně bez ohledu na vysvětlující proměnnou, nebo se střední hodnota jedné veličiny nemění, i když se hodnoty druhé veličiny mění.

Volnou závislost dále můžeme rozdělit na silnou a slabou, nebo na kladnou a zápornou.

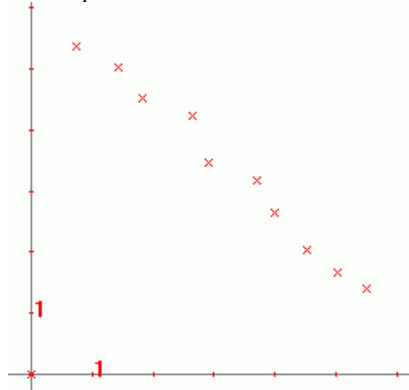
silná kladná závislost:



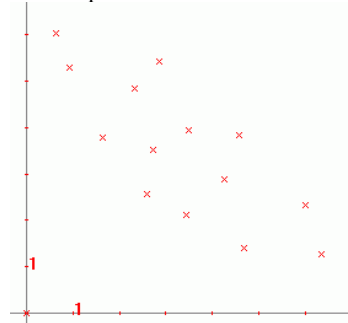
slabá kladná závislost:



silná záporná závislost:



slabá záporná závislost:



**Použitá literatura:**

- Regresní a korelační analýza pro ekonomy  
Prof. Dr. František Egemayer  
Ing. Ilja Novák, CSc.  
Státní nakladatelství technické literatury 1964
- Grafická korelační analýza  
Prof. Dr. František Egemayer  
DrSc. Ing. Zdeněk Janeček, CSc.  
Státní nakladatelství technické literatury 1968
- Metody matematické statistiky  
Doc. RNDr. Jiří Rieř, CSc.  
Západočeská univerzita v Plzni 2004, ISBN 80-7043-302-7
- Inženýrská statistika 1. díl  
Ing. Sláva Balatka, CSc.  
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 1981, 440-33181
- Metody statistické analýzy  
RNDr. František Pavelka  
Vysoké učení technické v Brně 1982, 414-33384
- Regrese II. část  
Prof. Ing. Petr Hebák, CSc.  
Ing. Alžběta Svobodová  
Vysoká škola ekonomická v Praze 2001, ISBN 80-245-0134-1
- Inženýrská statistika pro ekonomy  
Doc. Ing. Sláva Balatka, CSc.  
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 2000, ISBN 80-7080-406-8
- Průvodce moderními statistickými metodami  
Doc. Ing. Petr Hebák, CSc.  
Ing. Jiří Hustopecký, CSc.  
Státní nakladatelství technické literatury 1990, ISBN 80-03-00534-5
- Ottův naučný slovník
- Internetové zdroje:  
<http://www.wilfridkendall.co.uk/>  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Friedrich\\_Gauss](http://cs.wikipedia.org/wiki/Carl_Friedrich_Gauss)



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU**

**Jaroslav Plavec, Miroslav Marek**

SPŠ Duchcov  
Kubicových 2, Duchcov

V práci jsme se snažily zvýšit zájem o hospodaření dešťovou vodou. Nejprve jsme se zabývali její kvalitou a čištěním, možnostmi využívání vody k závlahám, zalévání zahrady, mytí aut, k úklidu, splachování WC nebo praní prádla. Dále jsme popsali potřebná technická zařízení, např. nádrže na skladování zachycené vody. Ve své práci jsme se zabývali také stanovením průměrné spotřeby pitné vody na obyvatele na den a uvedli jsme, že polovinu tohoto množství je možno nahradit vodou dešťovou. Tím by docházelo k úsporám pitné vody, které je a bude nedostatek, jelikož 97% vody na Zemi je voda slaná.

Recyklování vody bude hrát v budoucnu důležitou úlohu v celkovém zásobování vodou.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Solární Zařízení**

**Michaela Pavlíčková, Veronika Dejdarová**

SPŠ Duchcov  
Kubicových 2 , Duchcov

Středoškolskou odbornou činností na téma: „Solární zařízení“ jsme si zvolili záměrně.

V této práci by jsme chtěli objasnit vše o tomto zařízení, práce by měla poukázat na výhodnosti solární energie zejména chceme-li poukázat na jeho přednosti co se týče ekonomického a ekologického hlediska.

Tato práce pojednává o solárním zařízení a o slunci jako zdroji energie.

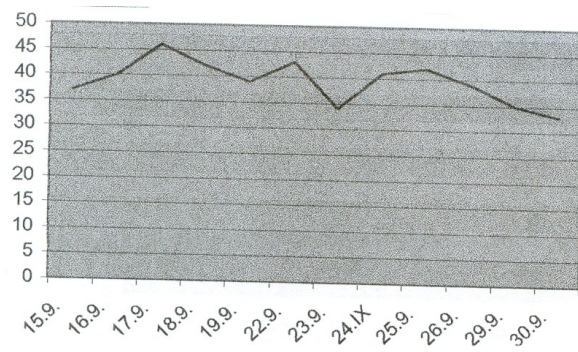
V práci je shrnutý celý solární okruh a jeho možnosti při využití TUV, vytápění či vyhřívání bazénů.

Součástí práce je schéma zapojení, výhody a nevýhody, návratnost investice, projekt Slunce ve školách a také projekt s Německou školou v Chemnitz a vlastní měření solárního systému a spousta dalších zajímavostí

Obr.1 Měření solárního systému

Objekt: SPŠ Duchcov

Den	T3	T4	Teplota v nádrži	T1/T2
15.	38	34	37	17/10
16.9	40	37	40	19/12
17.	53	45	46	24/13
18.	47	39	42	22/14
19.	47	38	39	25/14
22.	50	40	43	26/15
23.	42	34	34	22/19
24.	48	39	41	21/8
25.	49	40	42	23/9
26.	46	38	39	19/9
29.	32	16	35	16/14
30.	17	20	33	17/12



T1 - Teplota na slunci (orientace jih)

T2 - Teplota ve stínu

T3 - Teplota přívodní vody

T4 - Teplota zpátečky

**AEROBNÍ MIKROFLÓRA DUTINY ÚSTNÍ PSA SE SPECIÁLNÍM ZAMĚŘENÍM  
NA BAKTERIE PATOGENNÍ PRO ČLOVĚKA**

**Martin Bureš, Petra Šrůtková**

Vyšší odborná škola zdravotnická a střední zdravotnická škola,  
Hradec Králové, Komenského 234

Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola, Komenského 234, Hradec  
Králové

**MOTTO:**

*„Lidstvo se mnoho tisíciletí udrželo, aniž vědělo o bakteriích. Lidský organizmus je zařízen na obranu proti mikroorganizmům - jde jen o to, nechtít po něm příliš mnoho. Lidský rod se udržel navzdory bakteriím, ale jedinec si musí dát pozor.“*

Louis Pasteur

## SHRNUTÍ

Tato práce se zabývá aerobním mikrobiálním osídlením dutiny ústní domácích psů v konfrontaci s mikrobiální flórou chovatelů a možností oboustranného přenosu patogenních kmenů. Do projektu byli zavzati pouze zdraví psi.

Vyšetření výtěrů od psů a od jejich majitelů bylo provedeno standardními mikrobiologickými postupy a s využitím komerčních diagnostických setů firem: Bio–Rad Laboratoire Diagnostick Group, France; PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Czech Republic; TRIOS s. r. o., Czech Republic a ITEST plus s.r.o., Czech Republic.

První fází tohoto projektu bylo vyizolování a určení bakterií z výtěrů dutiny ústní psů s možnou patogenitou pro člověka. Prokázali jsme tyto rody bakterií: *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Escherichia sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Pasteurella sp.*, *Neisseria sp.*, *Enterobacter sp.* a *Bacillus sp.* Prozatím neurčené kmeny jsou uchovány v bujónových kulturách a jsou k dispozici k podrobnějšímu, spíše veterinárnímu průzkumu.

Druhá fáze zahrnuje zpracování výtěrů z dutiny ústní chovatelů a osob, které jsou s vyšetřovaným psem v úzkém kontaktu. Z těchto materiálů jsme prokázali tyto rody bakterií: *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Neisseria sp.*

Třetí fází je zpracování dat získaných formou dotazníku k ověření dlouhodobého zdravotního stavu vyšetřovaných jedinců



## Úvod

V minulých letech jsme se při práci v mikrobiologické laboratoři několikrát setkali se záchytem patogenních bakterií *Streptococcus beta haemolyticus* sk. G u lidí s respiračními obtížemi (angína) a se stejným bakteriálním nálezem u jejich psů. Dva pacienti museli podstoupit operaci odnětí mandlí pro opakované angíny způsobené tímto mikroblem. Chronická nákaza *Streptococcus beta haemolyticus* sk. G může vést k trvalému poškození organismu, například poškozením srdce, ledvin a kloubů.

Se záchytem těchto zástupců rodu *Streptococcus* jsme se také setkali při práci na projektu minulém - Kravaty v rukou mikrobiologa. Nositel kravaty, ze které byl vykultivován *Streptococcus beta haemolyticus* sk. G vypověděl že mu kravatu ráno před stěrem oslinil v domácnosti chovaný pes.

To nás vedlo k myšlence zjistit souvislost mezi nálezem patogenních bakterií u psů a možným záchytem stejných bakterií u jejich majitelů, příp. rodinných příslušníků a zvláště dětí. Zkusmo jsme provedli výtěry dutiny ústní u psů. Překvapil nás záchyt nejenom *Streptococcus beta haemolyticus*, ale i dalších podmíněně patogenních bakterií, např. *Staphylococcus aureus*.

Pátrali jsme v literatuře a narazili na několik sdělení, kde se záchyt těchto bakterií popisuje v souvislosti s vážným poškozením organismu člověka. Konzultovali jsme problematiku s několika odborníky z oboru veterinárního lékařství a mikrobiologie a zjistili jsme, že tato oblast není příliš prozkoumaná, a to ani v oblasti metodologie – museli jsme najít vhodné metody diagnostiky těchto patogenních bakterií.

Naše práce se nezabývá stavy po pokousání psem, ale možným vznikem nákazy při každodenním běžném styku psa a člověka.

## **Teoretický úvod**

### **Mikroflóra dutiny ústní psa**

Bakteriální osídlení dutiny ústní psa není příliš dobře probádaným polem, jelikož se veterinární mikrobiologové zajímají pouze o „podezřelé kmeny“ z hlediska možného původce onemocnění vyšetřovaného psa, tudíž není mnoho informací o normální fyziologické bakteriální flóře.

Pro první informace o možném bakteriálním nálezu z výtěrů dutiny ústní psa jsme pátrali ve zdrojích přístupných na internetu, a to hlavně v archivech veterinárních a mikrobiologických žurnálů. Bohužel i zde se jednalo především o reference o bakteriálních kmenech izolovaných z hnisavých komplikací stavů po pokousání člověka psem. Tyto separáty jsme využili až při porovnávání s výsledky námi nalezených pro člověka patogenních druhů.

Po dlouhodobém pátrání jsme referenci o výzkumu mikroflóry dutiny ústní psa objevili. Práce pánů Saphyra a Cartera z roku 1976 se zabývá bakteriemi získanými stěry z dutiny ústní psů, které by mohly kontaminovat ránu v případě kousnutí psem. Dále se také referuje o citlivosti vykultivovaných kmenů k antibiotikům. Prokázali tyto rody bakterií: *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Actinomyces sp.*, *Escherichia sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Pasteurella sp.*, *Caryophanon sp.*, *Mycoplasma sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Moraxella sp.*, *Neisseria sp.*, *Enterobacter sp.* a *Bacillus sp.*

Dokončení první fáze tohoto projektu, tj. přesné určování bakterií vyizolovaných z výtěrů od psů, budeme pravděpodobně nuceni přenechat na pozdější dobu z důvodu vysoké časové a finanční náročnosti (diagnostické sety) a spokojit se pouze se určením bakterií s možnou patogenitou pro člověka.

### **Mikroflóra dutiny ústní člověka**

Na neporušených sliznicích zdravého člověka nalézáme velké množství různých druhů mikroorganismů, jimž jednoznačně dominují viridující streptokoky (*S. mitis*, *S. salivarius*, *S. sanguis*, *S. mutans*) (Zahradnický 1987), dále *Neisseria sp.* a občasně i *Lactobacillus sp.*. V další řadě, zvláště na podrážděných sliznicích, se mohou objevit Moraxelly,

Corynebacterie, nebo při snížené ústní hygieně zástupci rodu Enterobacteriaceae (Zahradnický, 1987; Dobiáš 2003). Další bakterie můžeme najít za patologických procesů nebo se s jejich záchytem setkáváme u nosičů. Mezi tyto bakterie patří: *Streptococcus  $\beta$ -haemolyticus* skupin A, B, C, G, *Staphylococcus aureus*, *Moraxella (Branhamella) catharallis*, *Corinebacterium pseudodiphtheriae*.

## **Materiál a metodika**

### **Metodika**

#### **Odběr**

Sterilní vatový tampon (MEUS s. r. l., Plove di Sacco, Italy; pro ČR distribuuje JK TRADING s. r. o., Brno, Czech Republic) byl předán majitelům psů, aby oni sami provedli odběr materiálu, a to stěr z bukalní sliznice, jazyka a zubů psa (s cílem spíše nechat tampon psem oslinit a okousat) a výtěr z krku sobě a osobám přicházejícím do úzkého kontaktu se psem. Spolu s výtěrovkami byl distribuován i dotazník (Příloha II/1) a metodika provedení výtěru.

#### **Kultivace**

Biologický materiál z odběrového tamponu byl naočkován na krevní a MacConkey agar. Po kultivaci 24 hodin, 37 °C, v aerobní atmosféře (Saphyr a Carter, 1976) bylo přistoupeno k izolaci jednotlivých bakteriálních kmenů. Z důvodu časové náročnosti a rychlého odumírání bakterií jsme přikročili k přenesení kmenů do bujónové kultury (Budayová a kol., 2004) a jejich uložení do chladničky.

Z toho důvodu, že se bakterie, které jsme nacházeli u psů, běžně nevyskytují v klinickém materiálu od lidí, bylo nutno důkladné prozkoumání veškeré dostupné literatury a informačních zdrojů. Na základě získaných informací jsme sestavili níže uvedené diagnostické postupy.

Prvním rozhodujícím předpokladem pro určení bakterie je odečtení vzhledu kolonií na krevním agaru a její mikromorfologie odečtená z preparátu barveného standardní barvicí metodou dle Grama. Touto metodou rozlišujeme:

- a) grampozitivní koky
- b) grampozitivní tyčky
- c) gramnegativní koky
- d) gramnegativní tyčky

## **Mikroskopická identifikace**

### **Preparát barvený dle Grama**

(Budayová a kol., 2004)

Barvení dle Grama je nejpoužívanější barvení v mikrobiologii. Informuje o počtu a tvaru bakterií, jejich uspořádání a barvitelnosti dle Grama, což má diagnostický význam. Rozliší bakterie na grampozitivní (modré) a gramnegativní (červené).

Tato metoda barvení se opírá o skutečnost, že vytvořený komplex krystalové violeti a Lugolova roztoku po oplachu alkoholem zůstává pouze v grampozitivních bakteriích, z gramnegativních bakterií se alkoholem vymyje. Toto je dáno odlišnostmi ve stavbě stěny grampozitivních a gramnegativních bakterií. Gramnegativní bakterie jsou po oplachu alkoholem bezbarvé a musí se kontrastně dobarvit, např. karbolfuchsinem nebo safraninem.

Provedení:

1. označení podložního skla a sterilizace
2. nanesení suspenze bakterií
3. fixace preparátu protažením plamenem kahanu
4. převrstvení barvicími roztoky
  - a. krystalová violet 30 s
  - b. Lugolův roztok 30 s
  - c. oplach vodou
  - d. diferenciací ethanolem – oplachujeme, dokud odtéká barva
  - e. oplach vodou
  - f. kontrastní dobarvení safraninem 60 s
  - g. oplach vodou
5. hodnocení mikroskopicky imerzním systémem, zvětšení 1000-krát.

### **Barvení bakteriálních spor dle Wirtze a Conklina**

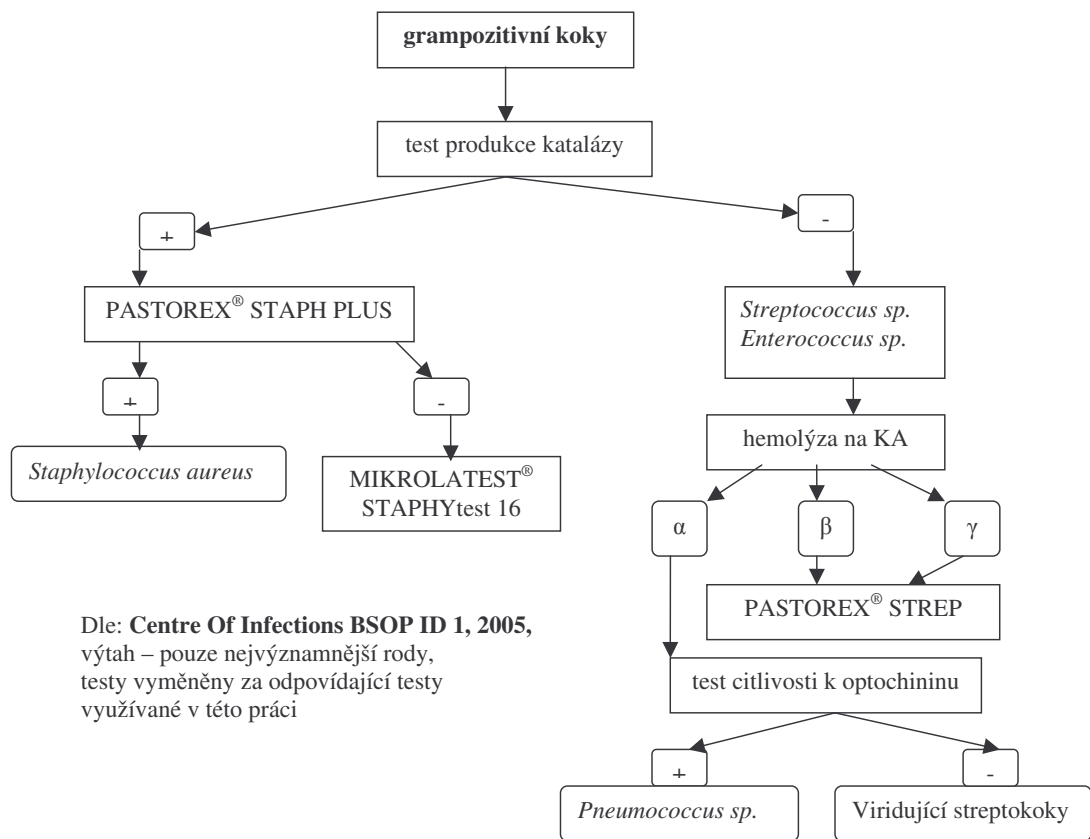
(Budayová a kol., 2004)

Slouží k diagnostice sporulujících bakterií dle umístění spory v buňce. Bakteriální spory se však běžnými barvicími postupy nebarví, proto využíváme koncentrovaná barviva a barvení za tepla.

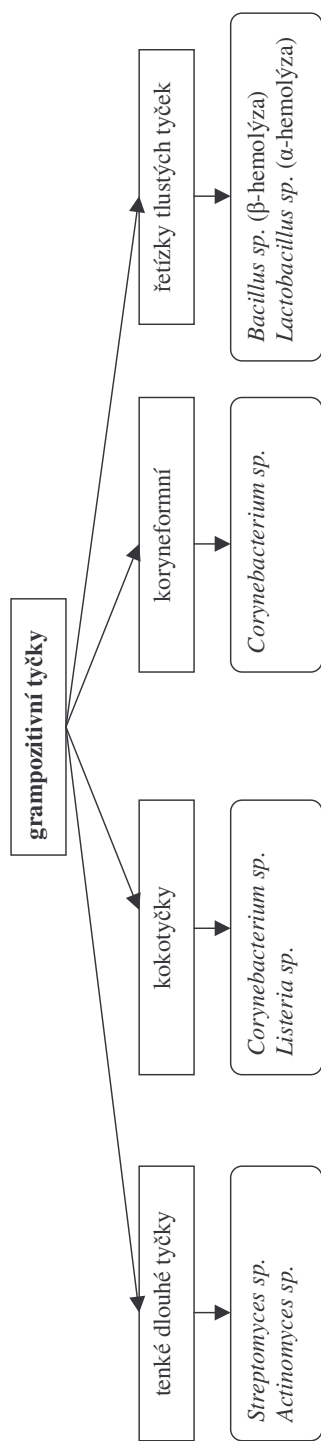
Provedení:

1. fixovaný preparát převrstvit roztokem malachitové zeleně
2. zahřát preparát 3-krát do výstupu par
3. opláchnout vodou
4. dobarvit zředěným karbolfuchsinem
5. hodnotit mikroskopicky imerzním systémem (zvětšení 1000 x), spory jsou obarveny zeleně a těla bakterií růžově

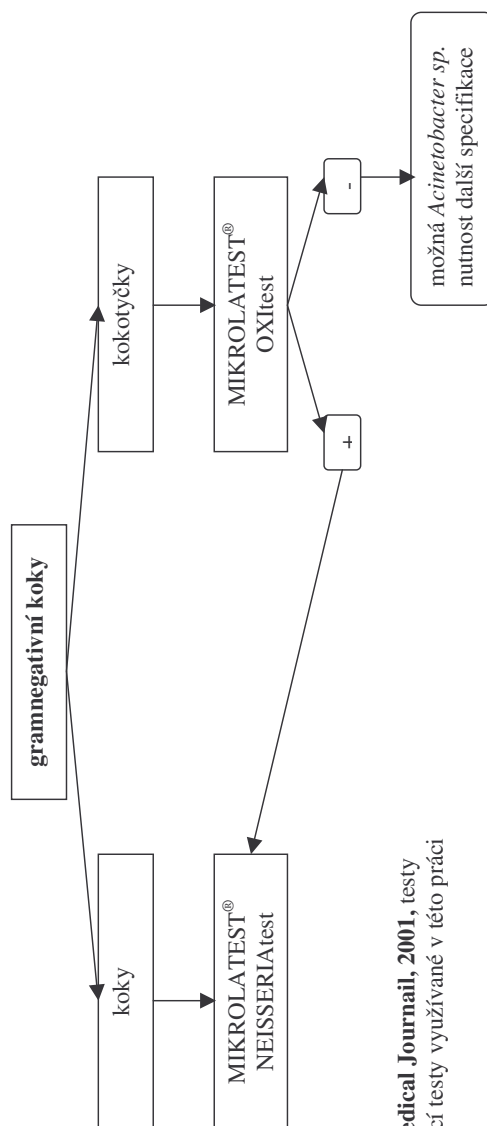
**Určování bakterií na základě mikroskopické morfologie a základních biochemických a imunochemických zkoušek**



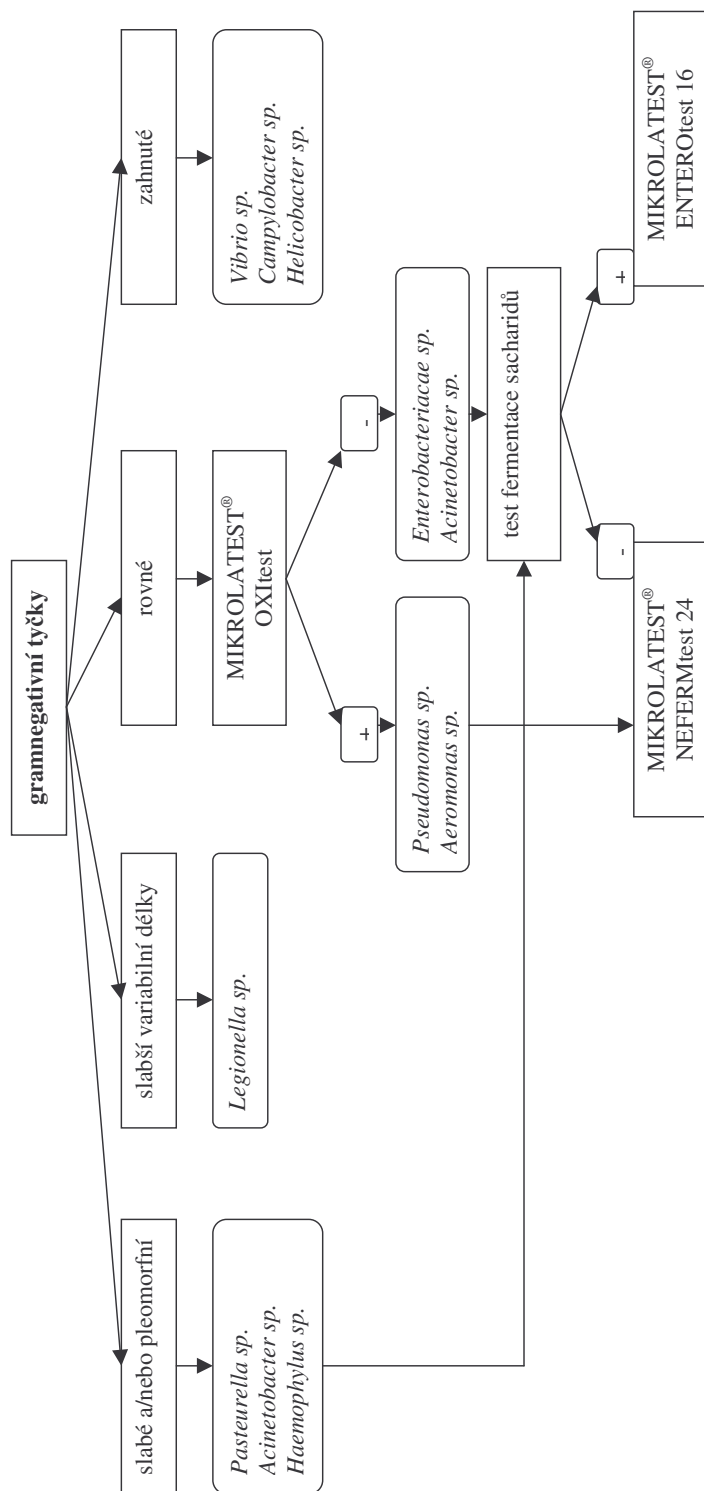
Dle: Centre Of Infections BSOP ID 1, 2005,  
výťah – pouze nejvýznamnější rody,  
testy vyměněny za odpovídající testy  
využívané v této práci



Dle: **BSOP ID 1, 2005**, výtah – pouze nejvýznamnější rody



Dle: **Postgraduation Medical Journal, 2001**, testy vyměněny za odpovídající testy využívané v této práci



Dle: **BSOP ID 1, 2005**, výťah – pouze nejvýznamnější rody, testy vyměněny za odpovídající testy využívané v této práci



Podle výše uvedených schémat bylo provedeno rychlé rozdělení do skupin bakterií. Každý z takto určených rodů nebo druhů byl podroben dalšímu zkoumání k potvrzení nebo zpřesnění výsledku.

V tabulce jsou uvedeny testy, které byly provedeny k potvrzení výsledků.

#### Testy k určení bakteriálního druhu

<i>Staphylococcus aureus</i> G+kok			
$\beta$ -hemolýza na krevním agaru	kataláza	ITEST <sup>®</sup> STAPHY-KOAGULÁZA	PASTOREX <sup>®</sup> STAPH-PLUS
+	+	+	+
Pro přesné určení bylo použito setu PASTOREX <sup>®</sup> STAPH-PLUS.			

<i>Streptococcus <math>\beta</math>-haemolyticus sk.G</i> G+kok			
$\beta$ -hemolýza na krevním agaru	kataláza	eskulin	PASTOREX <sup>®</sup> STREP (aglutinace s antiG sérem)
+	-	-	+
Pro přesné určení bylo použito setu PASTOREX <sup>®</sup> STREP.			

<i>Streptococcus <math>\alpha</math>-haemolyticus - viridující streptokok</i> G+kok			
$\alpha$ -hemolýza na krevním agaru	kataláza	test citlivosti k optochininu	PASTOREX <sup>®</sup> STREP (aglutinace s jedním z antisér)
+	-	-	-
Pro přesné určení bylo rozhodující makroskopické a mikroskopické zhodnocení morfologie.			

<i>Moraxella (Bramhamella) catharallis</i> G-kok			
$\beta$ -hemolýza na krevním agaru	kataláza	MIKROLATEST <sup>®</sup> OXItest	ITEST <sup>®</sup> TRIBUTYRIN
+	+	+	+
Pro přesné určení bylo použito setu MIKROLATEST <sup>®</sup> NEISSERIAtest.			

<i>Enterobacter intermedium</i> G-tyčka			
MIKROLATEST® VPtest	kataláza	MIKROLATEST® OXItest	růst na MC
+	+	+	+
Pro přesné určení bylo použito setu MIKROLATEST® ENTEROtest 16.			

<i>Providencia heimbachae</i> G-tyčka			
kataláza	MIKROLATEST® OXItest	indol	urea
-	-	-	-
Pro přesné určení bylo použito setu MIKROLATEST® ENTEROtest 16.			

<i>Proteus mirabilis</i> G-tyčka			
urea	indol	ornitin	eskulin
+	-	+	-
Pro přesné určení bylo použito setu MIKROLATEST® ENTEROtest 16.			

<i>Pasteurella aerogenes</i> G-tyčka			
kataláza	MIKROLATEST® OXItest	indol	urea
+	+	-	-
Pro přesné určení bylo použito setu MIKROLATEST® ENTEROtest 16.			

## **Materiál**

### **Kultivační média**

(Obr. 1)

### **Krevní agar**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Základní diagnostická pevná půda

### **MacConkey agar**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Selektivní diagnostická pevná půda

(Obr. 2, 3)

### **Müller – Hinton agar**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Základní pevná půda

(Obr. 4)

### **Játrový bujón**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Základní pomnožovací bujón

(Obr. 5)

### **Roztoky a činidla**

- Barvení dle Grama
  - roztok krystalové violeti – krystalová violet (5g), 96% ethanol (200 ml), 1% vodný roztok šťavelanu amonného (800 ml)
  - Lugolův roztok – jód (1g), 1% vodný roztok KI (200 ml)
  - 70% vodný roztok ethanolu
  - roztok safraninu - 1% vodný roztok
- Barvení dle Wirtze a Conklina
  - roztok malachitové zeleně – 5% vodný roztok
  - roztok karbofuchsinu
- Fyziologický roztok – 0,9% vodný roztok NaCl

- Test produkce katalázy – 5% vodný roztok H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- 0,5. stupeň zákalové stupnice dle MacFarlanda - 0,1 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9,95 ml) + 0,05 mol l<sup>-1</sup> BaCl<sub>2</sub> (0,05 ml)
- 1. stupeň zákalové stupnice dle MacFarlanda - 0,1 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9,90 ml) + 0,05 mol l<sup>-1</sup> BaCl<sub>2</sub> (0,10 ml)
- 2. stupeň zákalové stupnice dle MacFarlanda - 0,1 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9,80 ml) + 0,05 mol l<sup>-1</sup> BaCl<sub>2</sub> (0,20 ml)
- 3. stupeň zákalové stupnice dle MacFarlanda - 0,1 mol l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9,70 ml) + 0,05 mol l<sup>-1</sup> BaCl<sub>2</sub> (0,30 ml)

### Přístroje a pomůcky

termostat 37 °C, chladnička 4 °C, horkovzdušný sterilizátor, světelný mikroskop (1000-krát) bakteriologické kličky, sterilní zkumavky se zátkami, mikropipety a sterilní špičky s filtrem, podložní skla, krycí sklíčka, plynový kahan

### Jednotlivé testy k určení bakteriálního rodu a druhu

#### Test produkce katalázy

(Obr. 6)

Testem prokazujeme enzym katalizující reakci:



Provedení: Na plastovou nebo platinovou ( ne železnou nebo ocelovou – falešně pozitivní výsledek) bakteriologickou kličku nabere zkoumanou kolonii a ponoříme do kapky roztoku peroxidu vodíku.

Hodnocení: pozitivní – pozorujeme tvorbu plynu  
negativní - plyn se neuvolňuje

### **PASTOREX® STREP**

(výrobce: Bio-Rad Laboratoire Diagnostick Group, Marnes-la-Coquette, France)

Latexová aglutinace

(Obr. 7, 8)

Tento komerčně vyráběný set využívá reakce specifické protilátky s antigeny polysacharidové substance C vyskytujícími se specificky na membránách jednotlivých skupin  $\beta$ -hemolytických streptokoků. Podle jejich přítomnosti set odliší tyto skupiny A, B, C, D, F, G (streptokoky mají i skupiny další, ty však nejsou v této verzi setu obsaženy díky jejich sporadickému výskytu).

Specifické protilátky jsou navázány na barvených latexových částicích. Aby mohly protilátky reagovat, musíme antigenní substance odhalit z pouzdra bakterie pomocí k tomu určené směsi enzymů.

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

### **PASTOREX® STAPH-PLUS**

(výrobce: Bio-Rad Laboratoire Diagnostick Group, Marnes-la-Coquette, France)

Latexová aglutinace

(Obr. 9, 10)

Tento test je založen na simultánní detekci tří determinant pro určení druhu *Staphylococcus aureus*:

1. **vázané plazmakoagulázy**, též označované jako „clumping faktor“
2. **A-proteinu** = protein s afinitou pro fragment gama imunoglobulinů (IgG)
3. **specifické antigenní substance** membrány druhu *Staphylococcus aureus*

Reagencie (fibrinogen, IgG a specifická monoklonální protilátka) jsou nanášeny na obarvených latexových částicích. Kombinace přítomnosti těchto determinant zajišťuje přesné určení kmene *Staphylococcus aureus*, proti negativní kontrole obsahující pouze „holé“ latexové částice (vyloučení autoaglutinace a aglutinace s latexem).

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

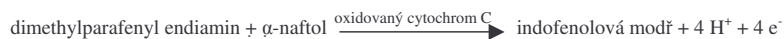
### **MIKROLATEST® OXItest**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Detekční proužky

(Obr. 11)

Detekční proužky OXItest jsou určeny pro detekci bakteriální cytochromoxidázy. Přítomnost tohoto enzymu je detekována barevnou reakcí N,N-dimethyl 1,4-fenylendiaminu s  $\alpha$ -naftolem za vzniku indofenolové modři. Za oxidaci či redukci cytochromů je odpovědné železo, obsažené v molekule cytochromu, proto pro provedení testu je nutné použít plastickou nebo platinovou kličku.



Provedení: dle návodu k diagnostickým proužkům

Hodnocení: dle návodu k diagnostickým proužkům

### **MIKROLATEST® ONPtest**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Detekční proužky

(Obr. 12)

V detekčním proužku je o-nitrofenil- $\beta$ -galaktopyranosid, který po rozštěpení b-galaktosidázou uvolní do roztoku žlutě zbarvený o-nitrofenol jako barevný indikátor proběhlé reakce.

Provedení: Do zkumavky s 3 ml husté bakteriální suspenze vložíme detekční proužek. Po 2 hodinové inkubaci při 37 °C hodnotíme změnu barvy indikátoru.

Hodnocení: pozitivní - žlutá barva suspenze

negativní - mléčný zákal

### **MIKROLATEST® STAPHYtest 16**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Set biochemických testů k druhové identifikaci bakterií

(Obr. 13)

Souprava STAPHYtest 16 je určena pro identifikaci zástupců rodu *Staphylococcus*. Souprava obsahuje 16 biochemických testů, umístěných ve dvou řádcích (duo-stripu) dělené mikrotitrační destičky.

Testy: ureáza, arginin, ornithin,  $\beta$ -galaktosidáza,  $\beta$ -glukoronidáza, eskulin, nitráty, fosfatáza, galaktóza, sacharóza, trehalóza, manitol, xylóza, maltóza, manóza, laktóza

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

### **MIKROLATEST® ENTEROtest 16**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Set biochemických testů k druhové identifikaci bakterií

(Obr. 14, 15)

Souprava ENTEROtest 16 je určena pro rutinní identifikaci významných gramnegativních tyčků do 24 hodin. Souprava obsahuje 16 biochemických testů, umístěných na dvou řádcích (duo-stripu) dělené mikrotitrační destičky.

Testy: sirovodík, lysin, indol, ornithin, ureáza, fenylalanin, eskulin, Simmons citrát, malonát, inositol, adonitol, celobióza, sacharóza, sorbitol, trehalóza, manitol

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

### **MIKROLATEST® NEFERMtest 24**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Set biochemických testů k druhové identifikaci bakterií

Souprava NEFERMtest 24 je určena pro rutinní identifikaci gramnegativních nefermentujících bakterií, izolovaných především z klinického materiálu. Pomocí soupravy lze též provést identifikaci nejběžnějších zástupců oxidáza pozitivních fermentujících gramnegativních tyček. Souprava obsahuje 24 biochemických testů, umístěných na třech řádcích (troj-stripu) dělené mikrotitrační destičky.

Testy: indol, arginin, ureáza, lyzin, glukóza, fruktóza, inositol, sacharóza, fosfatáza,  $\beta$ -galaktosidáza,  $\beta$ -glukosidáza, N-acetyl- $\beta$ -glukosaminidáza, manitol, xylóza, cellobióza, galaktóza, nitráty, nitrity, eskulin,  $\gamma$ -glutamyltransferáza, laktóza, maltóza, trehalóza, Simmons citrát

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

#### **MIKROLATEST® NEISSERIAtest**

(výrobce: PLIVA-Lachema Diagnostika s. r. o., Brno, Czech Republic)

Set biochemických testů k druhové identifikaci bakterií

Identifikační souprava NEISSERIAtest je určena pro identifikaci klinicky významných neisserií, především *N. gonorrhoeae* a *N. meningitidis*, a *Moraxella (Branhamella) catarrhalis*. Souprava je umístěna na krátkém 8jamkovém stripu dělené mikrotitrační destičky. Výsledky se hodnotí předběžně po 4hodinové inkubaci, definitivní odečtení po 24 h.

Testy:

Provedení: dle návodu k setu

Hodnocení: dle návodu k setu

#### **CAMP test**

(Obr. 16)



Tímto testem zjišťujeme vzájemné interakce mezi hemolyziny zkoumaného kmene a  $\beta$  – hemolyzinem druhu *Staphylococcus aureus*.

Provedení: Na KA uděláme bakteriologickou kličkou čáru zkoumaného kmene a k ní kolmo čáru  $\beta$  – hemolytickým druhem *Staphylococcus aureus*.

Hodnocení: hodnotíme zněnu zóny hemolýzy stafylokoka.

#### **ITEST® TRIBUTYRIN**

(výrobce: ITEST plus s.r.o., Hradec Králové, Czech Republic)

Diagnostické disky

(Obr. 17)

Hydrolyzou tributyrinu se odštěpí mastné kyseliny, čímž dojde ke snížení pH roztoku a následně ke změně barvy indikátoru.

Provedení: Do zkumavky s hustou bakteriální suspenzí vložíme tributyrinový disk a po 24hodinové inkubaci při 37 °C hodnotíme změnu barvy indikátoru.

Hodnocení: pozitivní - žlutá barva suspenze  
negativní - červená barva suspenze

#### **ITEST® STAFY-KOAGULÁZA**

(výrobce: ITEST plus s.r.o., Hradec Králové, Czech Republic)

Diagnostická plazma

*Staphylococcus aureus* vylučuje do svého okolí volnou plazmakoagulázu, která indukuje přeměnu fibrinogenu na fibrin a tím vznik koagula.

Provedení: Ve zkumavce s 0,5 ml diagnostického činidla (citrátované králičí plazmy) suspendujeme několik kolonií zkoumaného kmene stafylokoka, inkubujeme při 37 °C, odečítáme po 4, 8, 16 a 24 hodinách.

Hodnocení: pozitivní - vznik koagula (ztuhnutí plazmy, možnost rozpuštění koagula  
simultánní tvorbou fibrinolýzinu)  
negativní - plazma zůstává tekutá či zkapalněla

#### **ITEST® INDOL**

(výrobce: ITEST plus s.r.o., Hradec Králové, Czech Republic)

Diagnostické disky

(Obr. 18)

Tryptofan je bakteriemi metabolizován na indol, který prokážeme Kováčovým či Erlichovým činidlem.

Provedení: Do husté suspenze bakterií vložíme diagnostický disk a inkubujeme 18 hodin při 37 °C. Pro odečtení přikápneme Erlichovo činidlo.

Hodnocení: pozitivní - barva činidla se změní na červenou  
negativní - barva činidla se nemění

#### **ITEST® UREA**

(výrobce: ITEST plus s.r.o., Hradec Králové, Czech Republic)

Diagnostické disky

(Obr. 19)

Hydrolyzou urey enzymem ureázou vzniká amoniak, který způsobí vzrůst pH a tím změnu barvy indikátoru.

Provedení: Do husté suspenze bakterií vložíme diagnostický disk a inkubujeme při 37 °C po dobu 18-ti hodin.

Hodnocení: pozitivní - růžovočervené zbarvení  
negativní - barva se nemění

### **TRIOS® Eskulin**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Selektivní diagnostická půda ve zkumavce

(Obr. 20)

Hydrolýzou eskulinu vzniká eskuletin, který v přítomnosti citrátu železitého vytváří hnědočernou sraženinu, přídavek sušené žluči do půdy inhibuje většinu ostatních gram pozitivních mikrobů, půda je tedy i selektivní.

Provedení: Jehlovou kličkou provedeme inokulaci celého sloupce půdy. Inkubujeme 18 hodin při 37 °C.

Hodnocení: pozitivní - hnědočerné zbarvení  
negativní - barva půdy se nemění

### **TRIOS® Simmonsův citrát**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

Bakterie metabolizující citrát jakožto jediný zdroj uhlíku zvyšují pH půdy, což se projeví změnou barvy indikátoru.

Provedení: Jehlovou kličkou provedeme inokulaci celého sloupce půdy. Inkubujeme 18 hodin při 37 °C.

Hodnocení: pozitivní - modré zbarvení půdy  
negativní - barva půdy se nemění

### **TRIOS® Hajnova půda (Test fermentace sacharidů)**

(výrobce: TRIOS, spol. s. r. o., Hradec Králové, Czech Republic)

(Obr. 21)

Fermentací sacharidů (glukózy, laktózy) za anaerobních podmínek vznikají kyseliny, tím se snižuje pH půdy, což se projeví změnou barvy indikátoru.

Provedení: Jehlovou kličkou provedeme inokulaci celého sloupce půdy a na povrchové šikmé plošce uděláme masivní roztěr. Inkubujeme 18 hodin při 37 °C.

Hodnocení: pozitivní - žluté zbarvení půdy  
negativní - červené zbarvení půdy

### **Test produkce hemolyzinů druhem *Staphylococcus aureus***

(Obr. 22, 23, 24, 25)

Smísením supernatantu bujónové stafylokokové kultury obsahující hemolyziny s 3-krát propranými lidskými, ovčími, hovězími, králičími erytrocyty pozorujeme rozdílné působení jednotlivých hemolyzinů.

Provedení: Lidské, ovčí, hovězí, králičí erytrocyty 3-krát důkladně propereme fyziologickým roztokem (v případě, že supernatant není čirý a bezbarvý, v praní pokračujeme) a vytvoříme z nich v témže roztoku 5% náplav. Šestidenní bujónovou kulturu testovaných kmenů (použit játrový bujón) centrifugujeme 2000 otáček za minutu po dobu 3 minut. Supernatant odtáhneme do čisté zkumavky.

Do jamek U mikrotitrační destičky kápneme 1 kapku supernatantu bakteriální kultury a 1 kapku náplavu jednotlivých erytrocytů. Pozitivní kontrola: 1 kapka náplavu erytrocytů a 1 kapka destilované vody. Negativní kontrola: 1 kapka náplavů erytrocytů a 1 kapka fyziologického roztoku. Inkubujeme 60 minut při 37 °C. Hodnotíme proti pozitivní a negativní kontrole. Po vyhodnocení následuje inkubace při 4 °C po dobu 60 minut. Znovu hodnotíme proti pozitivní a negativní kontrole.

Hodnocení:

- Sediment – negativní účinek hemolyzinů
- Hemolýza - pozitivní účinek hemolyzinů

## Výsledky

### Bakterie vyizolované z dutiny ústní psů

V současné době zpracováváme výtěry (Obr. 26) od 31 psů, z nichž je vyizolováno více jak 100 kmenů. Díky časové náročnosti laboratorní práce a přítomnosti ne často se v klinickém materiálu vyskytujících a atypických kmenů jsme zatím nebyli schopni všechny izoláty přesně zařadit.

Prozatím jsme diagnostikovali tyto rody a druhy bakterií:

(Graf 1)

*Bacillus* a další rody sporulujících bakterií

*Enterobacter* sp.

- *Enterobacter intermedium*

*Escherichia* sp.

- *Escherichia blattae*
- *Escherichia coli*

*Klebsiela* sp.

- *Klebsiela ozaenae*

*Pasteurella* sp.

- *Pasteurella aerogenes*

*Proteus* sp.

- *Proteus mirabilis* (Graf 1: příloha III/1)

*Providencia* sp.

- *Providencia heimbachae*

*Staphylococcus* sp.

- *Staphylococcus aureus* (Obr. 28, Graf 2: příloha III/2)
- *Staphylococcus capitis*
- *Staphylococcus hominis*
- *Staphylococcus chromogenes*

*Streptococcus* sp.

- *Streptococcus α-haemolyticus* (Obr. 29)
- *Streptococcus β-haemolyticus* sk. G. (Obr. 30)

*Yersinia sp.*

- *Yersinia enterocolitica*

Nyní prověřujeme vyšetřovaný soubor izolátů na přítomnost rodů *Moraxella*, *Neisseria*, *Pasteurella* a nefermentujících gramnegativních tyčků.

### Bakterie vyizolované z dutiny ústní chovatelů

(Obr. 31)

Ve všech námi dosud zkoumaných vzorcích od chovatelů a lidí, kteří jsou v úzkém kontaktu s vyšetřovaným psem, byly diagnostikovány tyto bakterie: *Streptococcus  $\alpha$ -haemolyticus*, *Neisseria sp.*, *Staphylococcus sp.* Určené kmeny byly konfrontovány s izoláty od v domácnosti chovaného psa bez zjevné shody v oblasti patogenních bakterií.

### Vyhodnocení dotazníků

Dle námi provedeného šetření pomocí dotazníků se z větší části mezi chovateli jedná o imunokompletní jedince. Sporadicky se v dotazníku objevily odpovědi informující o diskrétně snížené imunitě.

Vyhodnocení otázek z dotazníků:

1. Váš pes je chován:

(Graf 3: příloha IV/1)

"na dvoře"	7
v bytě	9

2. Má Váš pes nějaké dlouhodobé problémy?

(Graf 4: příloha IV/2)

NE	11
alergie	2
dermatitýda	2
epileptické záchvaty	1
zubní kámen	1
zápach z tlamy	1

3. Míváte často respirační infekce (zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?

(Graf 5: příloha IV/3)

NE	26
záněty průdušek	2
kašel, rýma	3
kašel	1
dlouhodobá rýma	1

4. Máte nějaké problémy s imunitním systémem (snížená obranyschopnost, alergie)?

(Graf 6: příloha IV/4)

NE	21
snížená obranyschopnost	3
alergie	9

## Diskuze

V konfrontaci s prací pánů Saphyra Cartera z roku 1976 se ve výsledcích shodujeme v nálezů těchto bakteriálních rodů a druhů:

Streptococcus  $\beta$ -haemolyticus sk. G, Staphylococcus aureus, Escherichia sp., Corynebacterium sp., Pasteurella sp., Neisseria, Enterobacter sp. a Bacillus sp.

Přítomnost patogenních bakterií v dutině ústní psů nemusí nutně znamenat přenesení infekce na chovatele. Zvláště v případě, že má chovatel v pořádku imunitní systém.

V literatuře jsou však popsány případy, kdy bylo infekční agens, způsobující závažné onemocnění u pacientů, prokázáno z materiálů od jejich domácích psů. Dále uvádíme úryvky z kazuistik vydaných v odborných časopisech.

Corynebacterium ulcerans in an immunocompromised patient with diphtheria and her dog  
Marie-Frédérique Lartigue, Xavier Monnet, Anne Le Fle`che, Patrick A. D. Grimont, Jean-Jacques Benet, Antoine Durrbach, Monique Fabre and Patrice Nordmanni  
Journal Of Clinical Microbiology, 2005

*Corynebacterium ulcerans* causes zoonotic infections, such as diphtheria and extrapharyngeal infections. We report here the first case of a diphtheria-like illness caused by *C. ulcerans* in France and transmitted likely by a dog to an immunocompromised woman.

Tato kazuistika popisuje rozvoj diftherických příznaků u 47leté ženy. Po důkladném prošetření anamnézy bylo zjištěno, že její pes trpí chronickým vředem na pysku a rhytidou. Kultivací stěru z vředu a výtěru čenichu byl prokázán stejný bakteriální kmen jako u pacientky. Vzhledem k této skutečnosti a tomu, že mezilidský přenos nebyl popsán, byl učiněn závěr, že se pacientka nakazila od svého psa, u kterého se však žádné příznaky difterie neprojevíly.

GROUP G STREPTOCOCCAL ARTHRITIS

A. BRADLOW, R. G. MITCHELL AND A. G. MOWAT

Rheumatology and Rehabilitation, 1982



Six cases of Lancefield Group G streptococcal arthritis are described. Two cases had pre-existing chronic arthritis (one rheumatoid) with infection of a joint prosthesis. Three cases had neoplastic disease before or at the same time as septic arthritis. Skin reactions, including cellulitis and scarlatiniform rash, were prominent in five cases. One patient may have acquired a Group G streptococcus from her dog. Five cases responded well to penicillin and the sixth who was allergic to that drug was cured by erythromycin. This unusual cause of septic arthritis is being recognized more frequently in the United Kingdom.

V popisu případu č.2 uvedeném v této práci je jako zdroj infekce uveden pes této pacientky, u kterého byl prokázán shodný kmen  $\beta$ -hemolytického streptokoka sk. G.

Dále je zde uvedeno: Psi jsou důležitými nosiči  $\beta$ -hemolytického streptokoka sk. G (*Streptococcus canis*), a tři z námi uváděných pacientů psa chovali a u jednoho byl prokázán přímo shodný kmen jako u pacientky. Nebylo však jednoznačně dokázáno, že by přítomnost těchto mikrobů u chovaných psů měla přímou souvislost s onemocněním lidí.

SEPTICEMIA CAUSED BY *STREPTOCOCCUS CANIS* IN A HUMAN

F. BERT AND N. LAMBERT-ZECHOVSKY

Journal Of Clinical Microbiology, 1997

We describe a case of septicemia due to *Streptococcus canis* in a 77-year-old man. The organism was presumably transmitted from a domestic animal. Ulcers of the lower limbs were the likely portals of entry. The differentiation between *Streptococcus canis* and *Streptococcus dysgalactiae* was based on biochemical properties and DNA macrorestriction analysis by pulsed-field gel electrophoresis.

V tomto případě pacienta se septicémií bylo prokázáno, že zdrojem infekce byl jeho domácí pes. Vstupní bránou byl zřejmě předchozí vřed na horní končetině. Pro potvrzení této domněnky je také uváděn případ dvouleté dívky se streptokokovou peritonitidou ( uveřejnil Khan a spol..Pediatrics, 1975, Vol. 56, p. 1078-1079). Ta byla pravděpodobně způsobena kontaminací rány (spáleniny) v orofasciální oblasti slinami doma chovaného psa.

ISOLATION OF *MORAXELLA CANIS* FROM AN ULCERATED METASTATIC LYMPH NODE  
MARIO VANEECHOUTTE, GEERT CLAEYS, SOPHIA STEYAERT, THIERRY DE BAERE,  
RENAAT PELEMAN, AND GERDA VERSCHRAEGEN  
Journal Of Clinical Microbiology, 2000

*Moraxella canis* was isolated in large numbers from an ulcerated supraclavicular lymph node of a terminal patient, who died a few days later. Although the patient presented with septic symptoms and with a heavy growth of gram-negative diplococci in the lymph node, blood cultures remained negative. *M. canis* is an upper-airway commensal from dogs and cats and is considered nonpathogenic for humans, although this is the third reported human isolate of this species.

Tento článek pojednává o infekcích způsobeným druhem *Moraxella canis* u silně imunokomprimovaných osob. Tento druh bakterie je zde označen jako komenzál dutiny ústní u psů a koček. Možnost přenosu bakterií od domácích zvířat však nebyla prokázána.

Dalšími články využitými v této práci jsou pojednání o obdobných výzkumech, které se však zabývají spíše mikroby přenositelnými do rány po pokousání psem.

## Závěr

Dle námi provedeného průzkumu se v dutině ústní psů vyskytují tyto rody a druhy bakterií (červeně jsou označeny bakterie s možnou patogenitou pro člověka):

*Bacillus* a další rody sporulujících bakterií

*Enterobacter* sp.

- *Enterobacter intermedium*

*Escherichia* sp.

- *Escherichia blattae*
- *Escherichia coli*

*Klebsiela* sp.

- *Klebsiela ozaenae*

*Pasteurella* sp.

- *Pasteurella aerogenes*

*Proteus* sp.

- *Proteus mirabilis*

*Providencia* sp.

- *Providencia heimbachae*

*Staphylococcus* sp.

- *Staphylococcus aureus*
- *Staphylococcus capitis*
- *Staphylococcus hominis*
- *Staphylococcus chromogenes*

*Streptococcus* sp.

- *Streptococcus α-haemolyticus*
- *Streptococcus β-haemolyticus* sk. G.

*Yersinia* sp.

- *Yersinia enterocolitica*

**Ve vzorcích od chovatelů a osob, které jsou v blízkém styku s vyšetřovanými psi:**

*Streptococcus* sp.

- *Streptococcus α-haemolyticus*

*Staphylococcus sp.*

- *Staphylococcus epidermidis*
- *Staphylococcus aureus*

*Neisseria sp.*

Z dotazníkového průzkumu vyplývá, že všichni vyšetřovaní jedinci v době odběru netrpěli žádnou chronickou nebo akutní infekcí a jedná se imunokompletní jedince (ojediněle se vyskytovaly osoby a psi s diskrétně sníženou imunitou či alergií).

Na základě všech získaných informací jsme učinili tyto závěry:

**Bakterie přítomné v dutině ústní psů se pravděpodobně nemohou přenést na imunokompletního lidského jedince. Proto naše práce rozhodně nemíní odrazovat majitele psů od mazlení se svými psími miláčky.**

**Vyloučen však tento přenos není, proto by lékaři neměli v anamnéze chronických zánětlivých stavů zapomínat na chov domácích mazlíčků v domácnosti pacienta.**

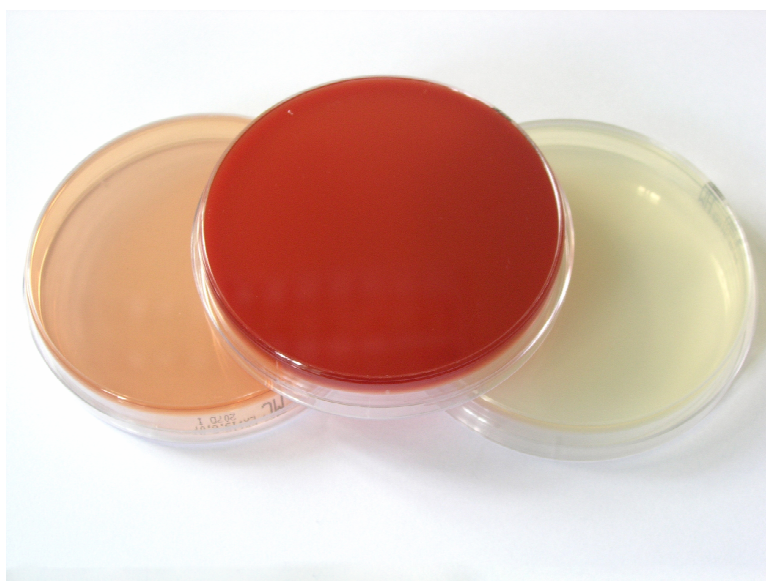
### Seznam zkratek

ADO	adonitol
ARG	arginin
bGA	$\beta$ -galaktosidáza
bGL	$\beta$ -glukosidáza
CEL	cellobióza
ESL	eskulin
FRU	fruktóza
GGT	$\gamma$ -glutamyl transferáza
GLU	glukóza
H <sub>2</sub> S	sirovodík
IND	indol
INO	inositol
KA	krevní agar
LAC	laktóza
LYS	lyzin
MAL	malonát
MAN	manitol
MC	MacConkey agar
MH	Müller-Hinton agar
MLT	melobióza
NO <sub>2</sub>	nitráty
NO <sub>3</sub>	nitrity
ORN	ornitin
PHE	fenylalanin
PHS	fosfatáza
SCI	Simmons citrát
SOR	sorbitol
SPS	syntéza polysacharidů
SUC	sacharóza
TRB	tributylin
TRE	trehalóza
URE	urea
XYL	xylóza

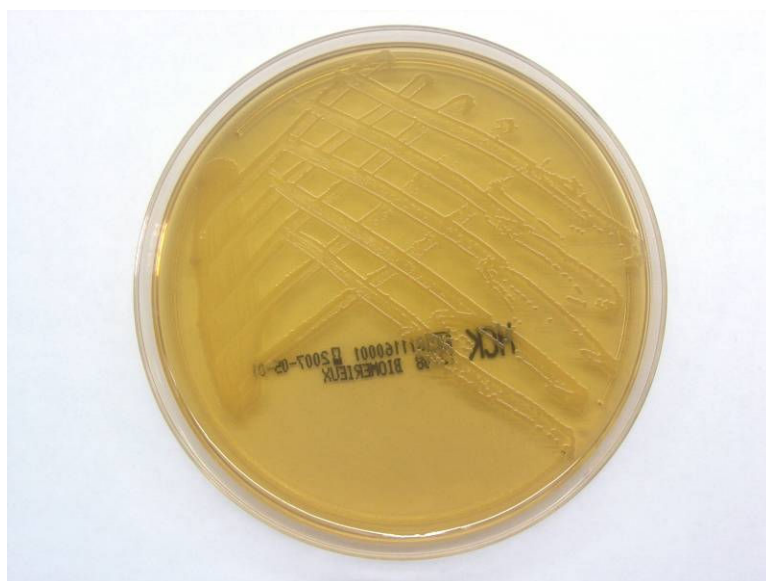
## **Příloha I**

### **Obrázky**

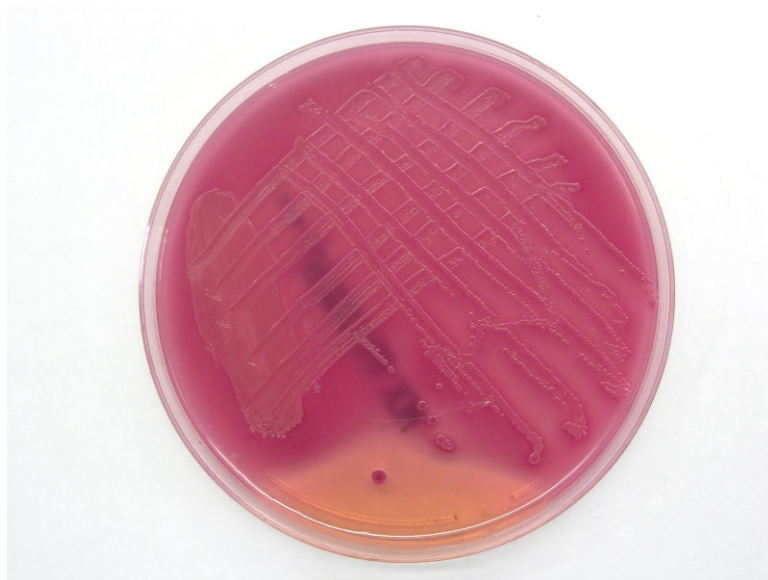
Poznámka: veškeré v této práci použité obrázky byly pořízeny autory fotoaparátem Olympus C-5060WZ.



**Obr. 1: Tuhé kultivační půdy ( zleva MC, KA, MH )**



**Obr. 2: Nárůst laktóza-negativních kolonií na MC po 24hodinové kultivaci**

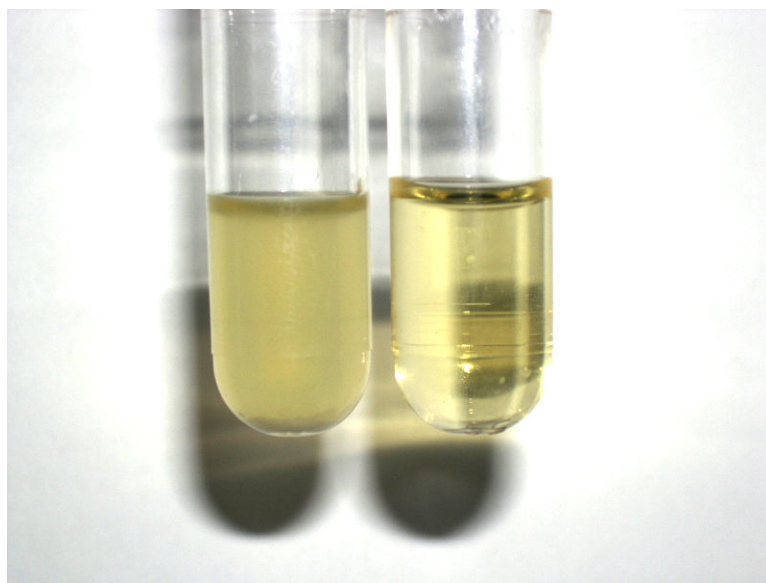


Obr. 3: Nárůst laktóza-pozitivních kolonií na MC po 24hodinové kultivaci

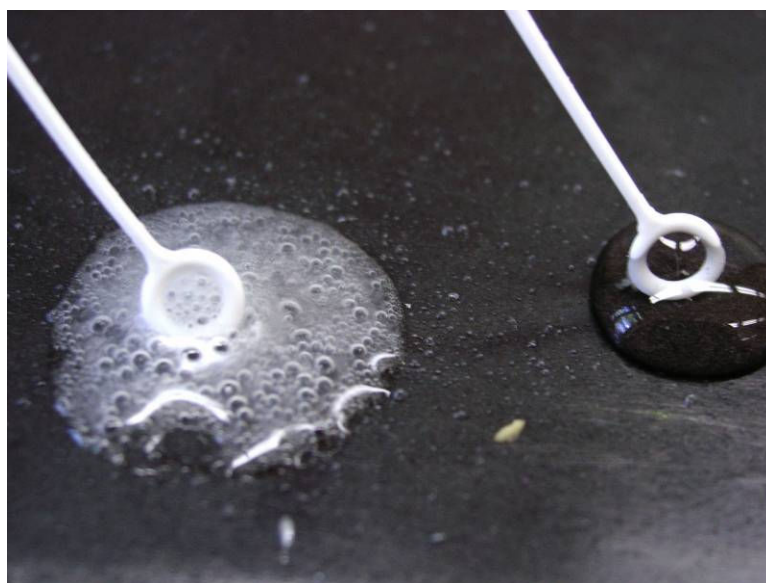


Obr. 4: Nárůst bakteriálních kolonií na MC po 24hodinové kultivaci





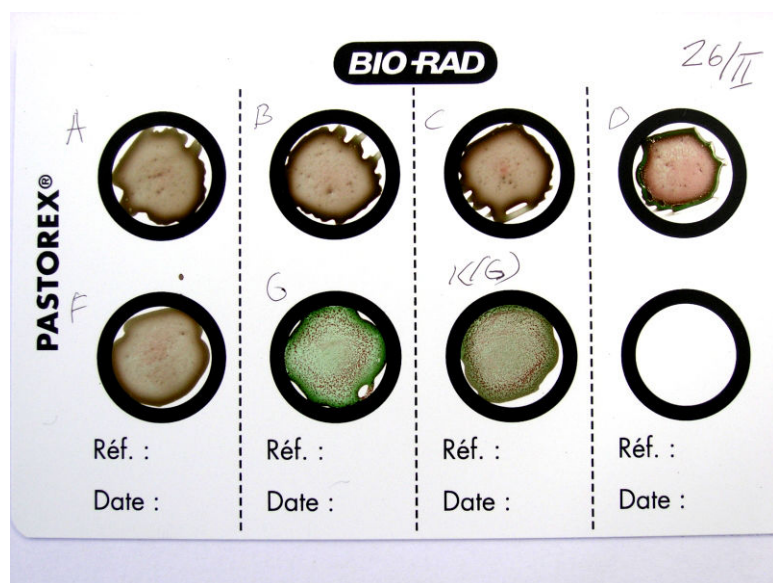
Obr. 5: Játrový bujón, vlevo naočkovaný, vpravo sterilní



Obr. 6: Test produkce katalázy, vlevo pozitivní, vpravo negativní



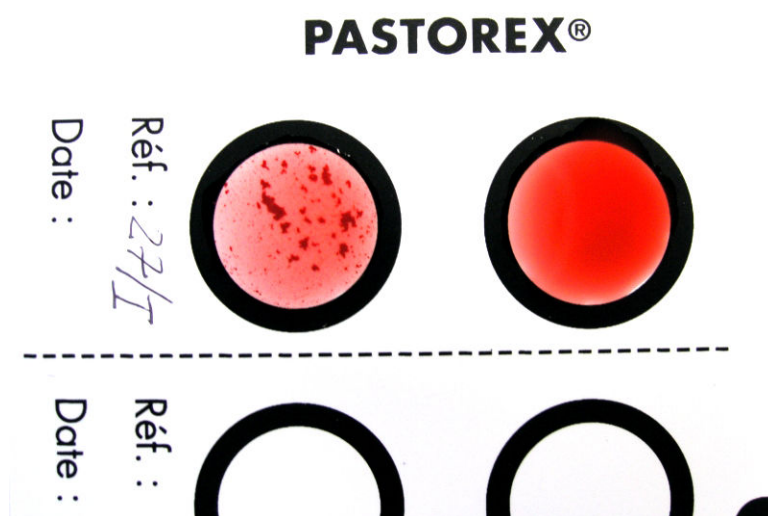
Obr. 7: Set PASTOREX®STREP



Obr. 8: Výsledek určení skupiny streptokokoka setem PASTOREX®STREP



Obr. 9: Práce se setem PASTOREX®STAPH-PLUS



Obr. 10: Výsledek detekce druhu *Staphylococcus aureus* setem PASTOREX®STAPH-PLUS, vlevo pozitivní, vpravo negativní



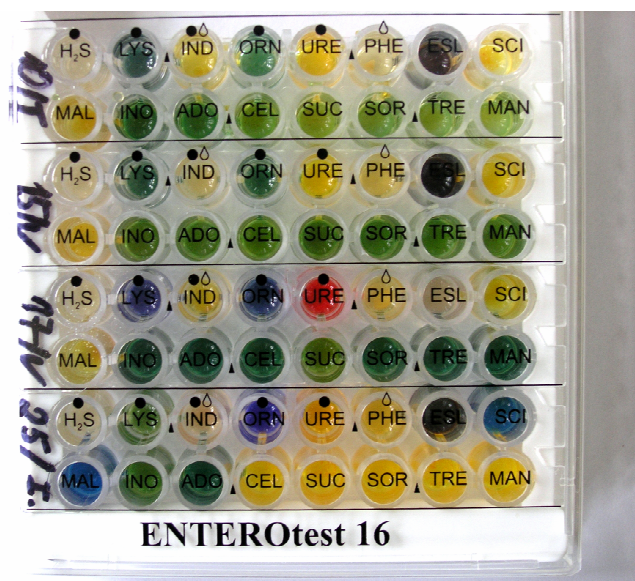
Obr. 11: Diagnostické proužky MIKROLATEST® OXItest, vlevo pozitivní vpravo negativní



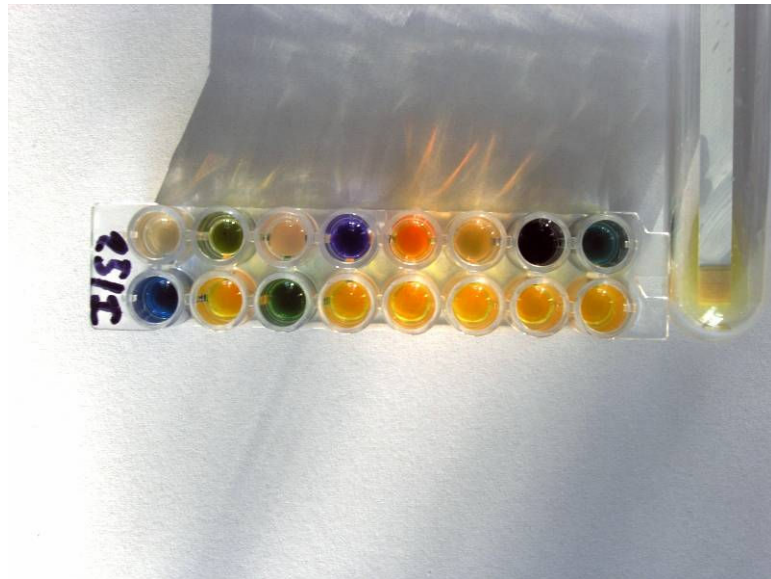
Obr. 12: Diagnostické proužky MIKROLATEST® ONPtest, vlevo pozitivní vpravo negativní



Obr. 13: Naplněný set biochemických testů MIKROLATEST® STAPHYtest 16, před inkubací



Obr. 14: Naplněný set biochemických testů MIKROLATEST® ENTEROtest 16, po 24hodinové inkubaci



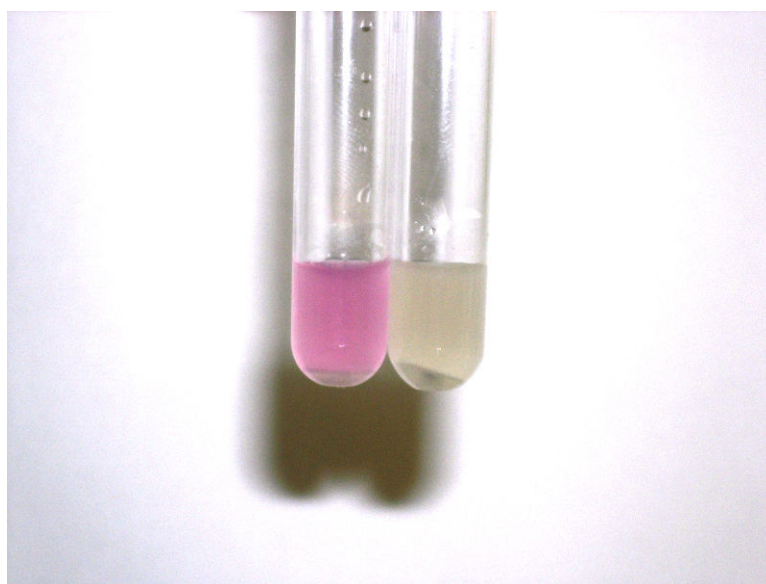
Obr. 15: Naplněný set biochemických testů MIKROLATEST® ENTEROtest 16, po 24hodinové inkubaci (výsledek :*Yersinia enterocolytica*)



Obr. 16: CAMPtest po 24hodinové kultivaci, pozitivní výsledek



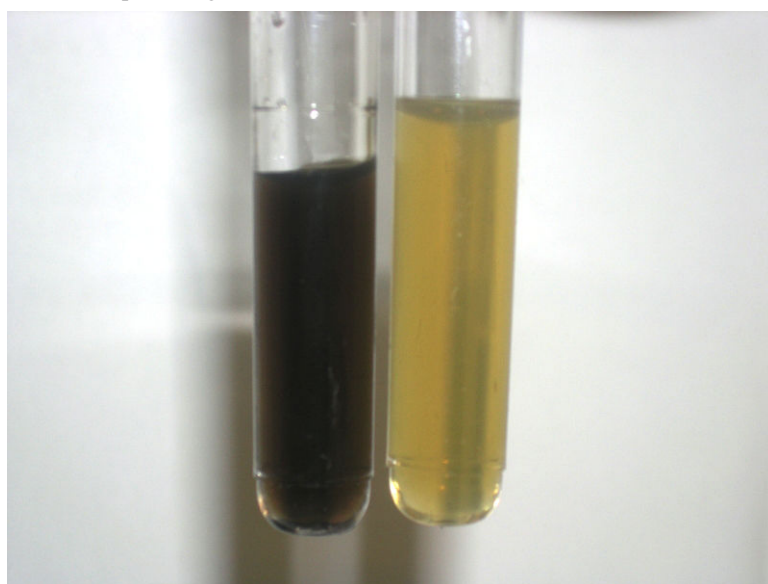
Obr. 17: ITEST<sup>®</sup> TRIBUTYRIN po 16hodinové inkubaci, vlevo pozitivní, vpravo negativní



Obr. 18: ITEST<sup>®</sup> INDOL po 4hodinové inkubaci, vlevo pozitivní, vpravo negativní



Obr. 19: ITEST<sup>®</sup> UREA po 4hodinové inkubaci, vlevo pozitivní, vpravo negativní

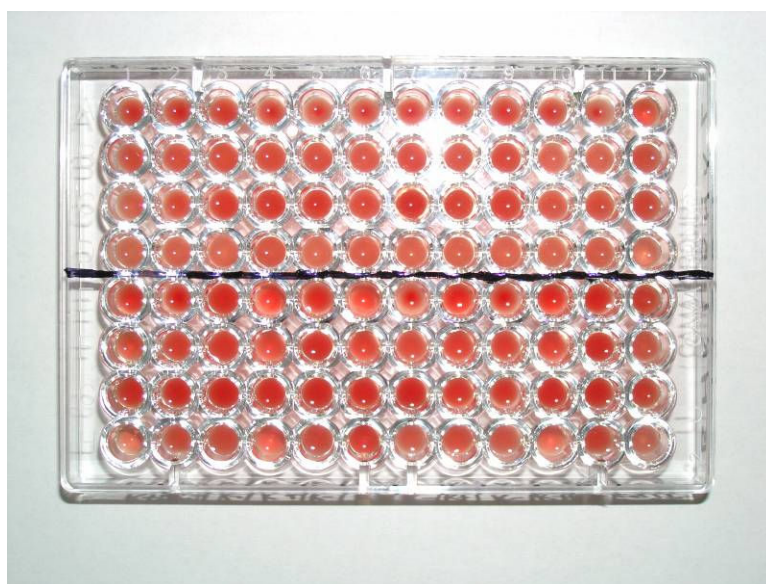


Obr. 20: TRIOS<sup>®</sup> Eskulin po 24hodinové inkubaci, vlevo pozitivní, vpravo negativní

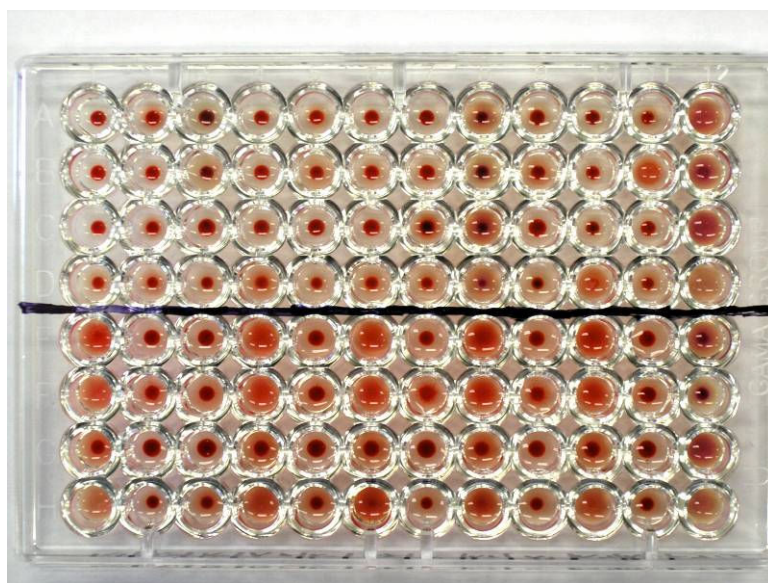




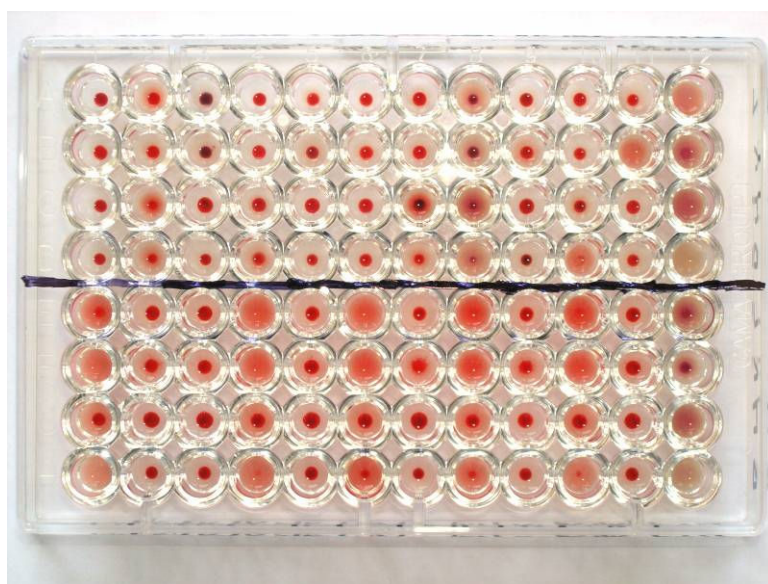
Obr. 21: TRIOS® Hajnova půda po 24hodinové inkubaci, různé vlastnosti zkoumaných mikrobu



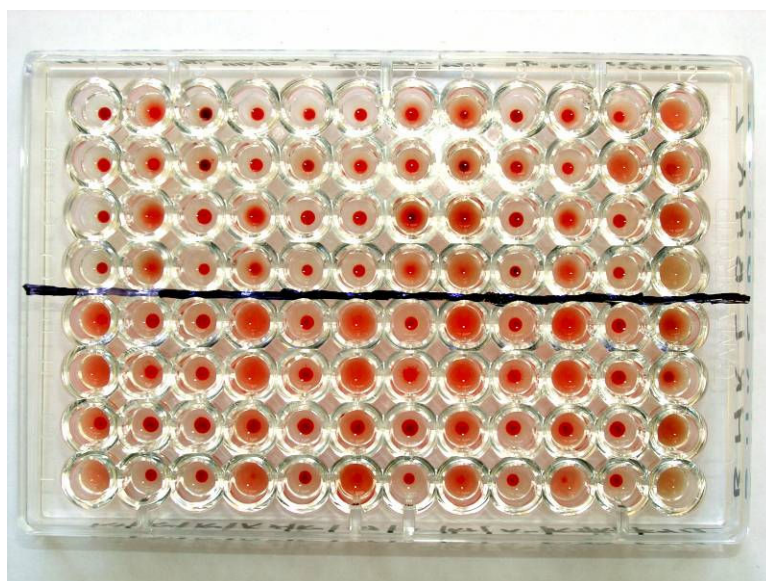
Obr. 22: Test produkce hemolyzinů druhem *Staphylococcus aureus*, po rozkapání



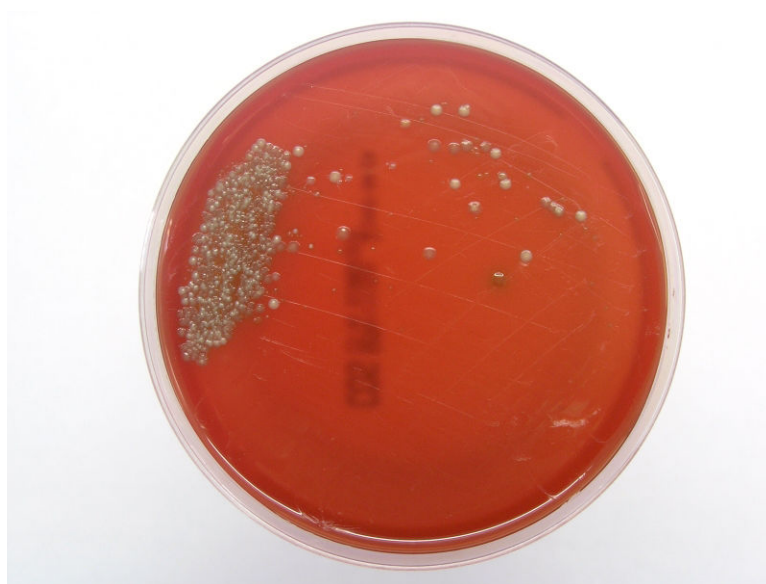
Obr. 23: Test produkce hemolyzinů druhem *Staphylococcus aureus*, po 1hodinové inkubaci při 37 °C



Obr. 24: Test produkce hemolyzinů druhem *Staphylococcus aureus*, po další inkubaci 1 hodina 22 °C



Obr. 25: Test produkce hemolyzinů druhem *Staphylococcus aureus*, po další 1hodinové inkubaci při 4 °C



Obr. 26: Výtěr od psa č. 3 po 24hodinové kultivaci na KA



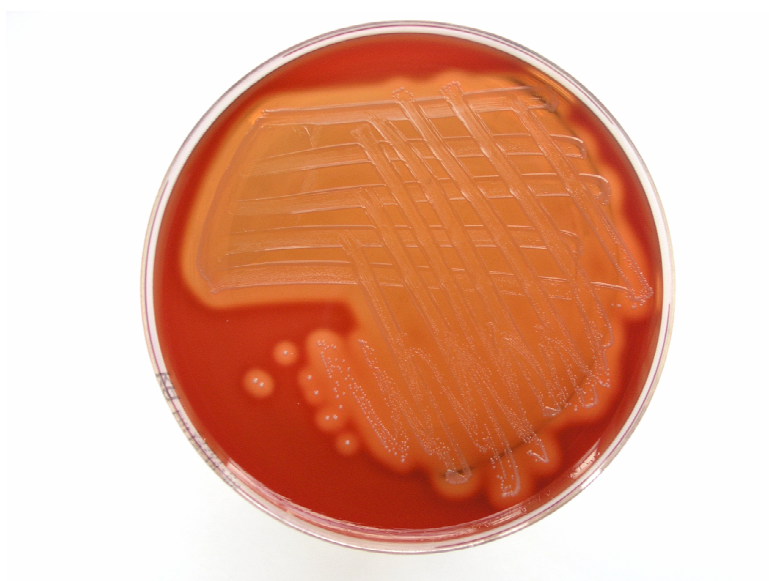
Obr. 27: *Proteus mirabilis* na KA po 24hodinové kultivaci



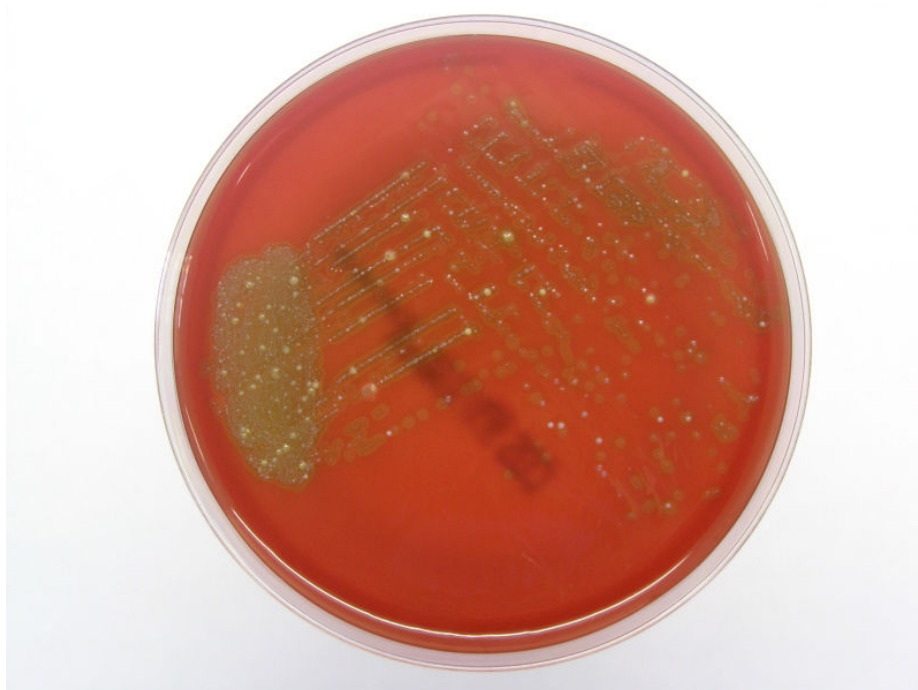
Obr. 28: *Staphylococcus aureus* po 24hodinové kultivaci na KA



Obr. 29: *Streptococcus α-haemolyticus* na KA po 24hodinové kultivaci



Obr. 30: *Streptococcus β-haemolyticus* po 24hodinové kultivaci na KA



Obr. 31: Výtěr z dutiny ústní člověka – normální flóra

## **Příloha II**

### **Dotazník**

## Číslo vzorku: «Pčíslo»

Vážení chovatelé,

dovolte nám požádat Vás o pomoc při zpracování projektu **Aerobní mikroflóra dutiny ústní psa se speciálním zaměřením na bakterie patogenní pro člověka.**

Jedná se o práci zabývající se možností přenosu patogenních bakterií na člověka, který je se svým mazlíčkem v úzkém kontaktu.

Proto bychom si Vás dovolili požádat o chvíli Vašeho času k vyplnění níže uvedeného dotazníku a o provedení výtěru sobě a osobám, které se o psa starají a jsou s ním v blízkém styku.

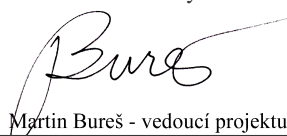
Na Vaše přání Vám budou výsledky doručeny. **Vše je anonymní, ve výzkumu figurují pouze pořadová čísla.**

Děkujeme Vám

Za autory

E-mailová adresa, na kterou Vám budou doručeny výsledky:

.....

  
Martin Bureš - vedoucí projektu

### Váš pes :

Pes: «Pčíslo»

Je chován:

„na dvoře“

v bytě

Má Váš pes nějaké dlouhodobé problémy?

NE

ANO

jaké.....

### Dotaz na Vás:

**Osoba: «Pčíslo» / A**

Míváte často respirační infekce (zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?

NE

ANO

jaké.....

Máte nějaké problémy s imunitním systémem (snížená obranyschopnost, alergie)?

NE

ANO

**Výtěrovky prosím označte:**

«Pčíslo» pes	«Pčíslo» / A osoba A	«Pčíslo» / B osoba B	«Pčíslo» / C osoba C	«Pčíslo» / D osoba D
-----------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------



**Dotaz na další osoby:**

**Osoba: «Pčíslo» / B**

Míváte často respirační infekce(zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?

 NE ANO

jaké.....

Máte nějaké problémy s imunitním systémem (snížená obranyschopnost, alergie)?

 NE ANO

jaké.....

**Osoba: «Pčíslo» / C**

Míváte často respirační infekce(zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?

 NE ANO

jaké.....

Máte nějaké problémy s imunitním systémem (snížená obranyschopnost, alergie)?

 NE ANO

jaké.....

**Osoba: «Pčíslo» / D**

Míváte často respirační infekce(zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?

 NE ANO

jaké.....

Máte nějaké problémy s imunitním systémem (snížená obranyschopnost, alergie)?

 NE ANO

jaké.....

**Ještě jednou děkujeme za vstřícnost**

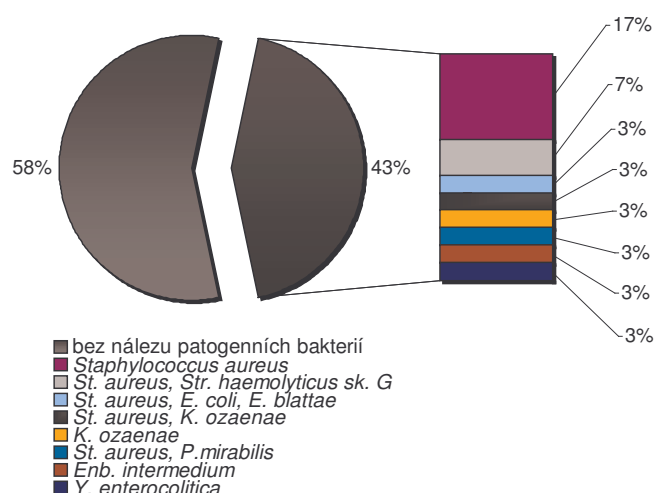
**Počet výtěrovek:**  
*(bude vyplněno při předání)*

--

## **Příloha III**

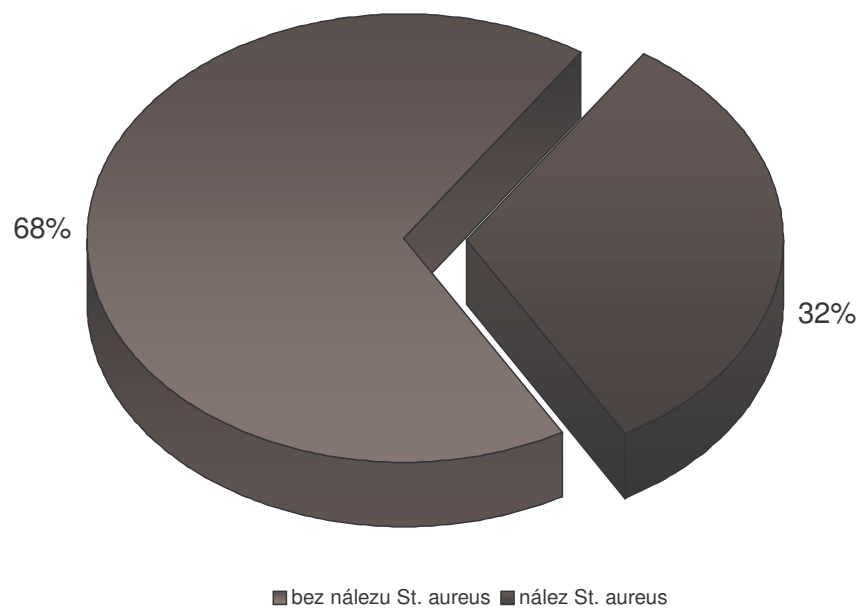
### **Grafické zpracování výsledků**

## Vyhodnocení výskytu patogenních druhů bakterií ve výtěrech vyšetřovaných psů



Graf 1: Vyhodnocení výskytu patogenních druhů bakterií ve výtěrech vyšetřovaných psů

### Vyhodnocení výskytu *Staphylococcus aureus* ve výtěrech vyšetřovaných psů

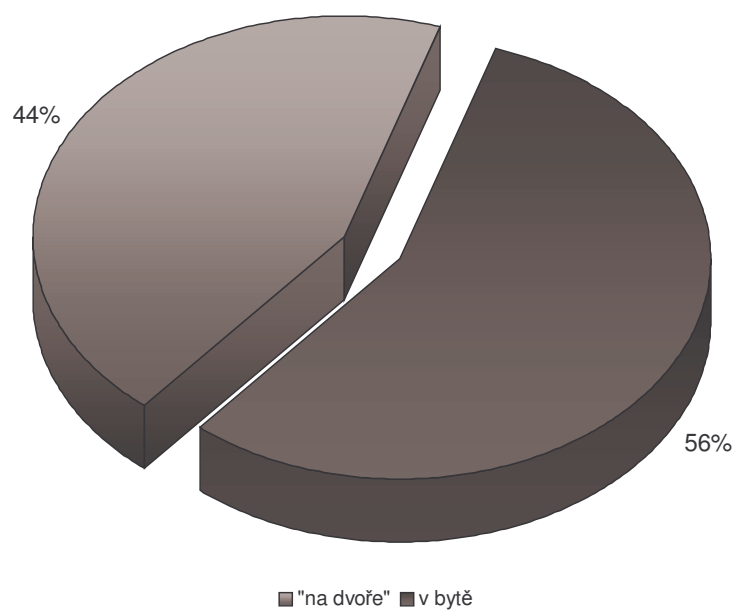


Graf 2: Vyhodnocení výskytu *Staphylococcus aureus* ve výtěrech vyšetřovaných psů

## **Příloha IV**

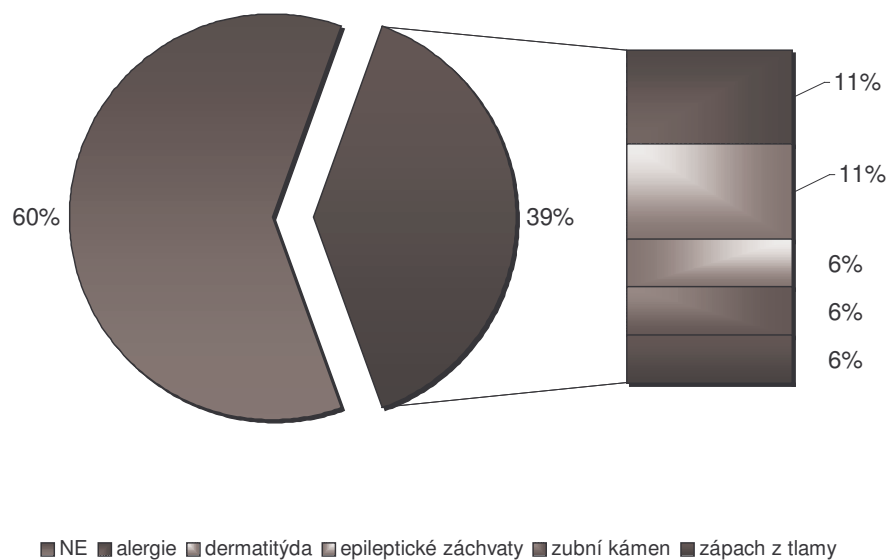
### **Grafické zpracování výsledků dotazníků**

**Vyhodnocení otázky:  
Váš pes je chován:**



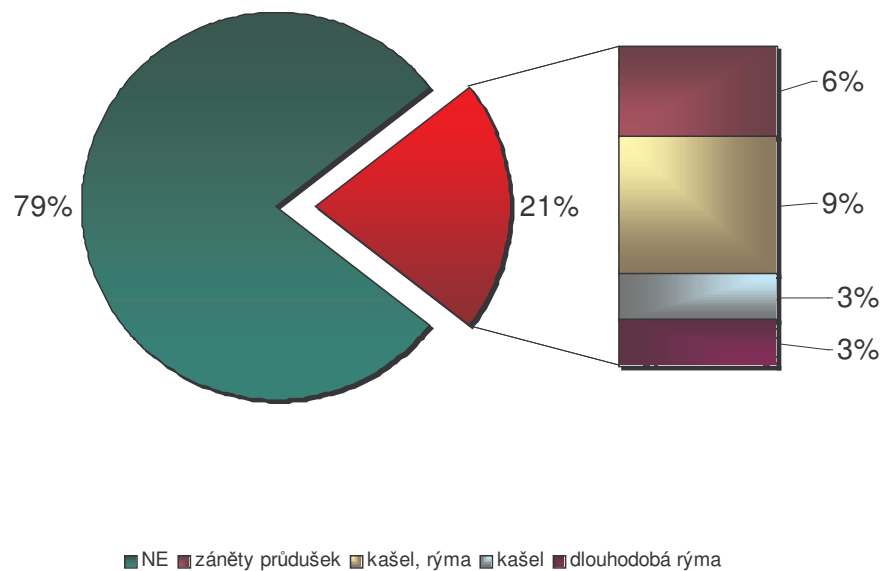
Graf 3: Vyhodnocení otázky: Váš pes je chován:

**Vyhodnocení otázky:  
Má Váš pes nějaké dlouhodobé problémy?**



Graf 4: Vyhodnocení otázky: Má Váš pes nějaké dlouhodobé problémy?

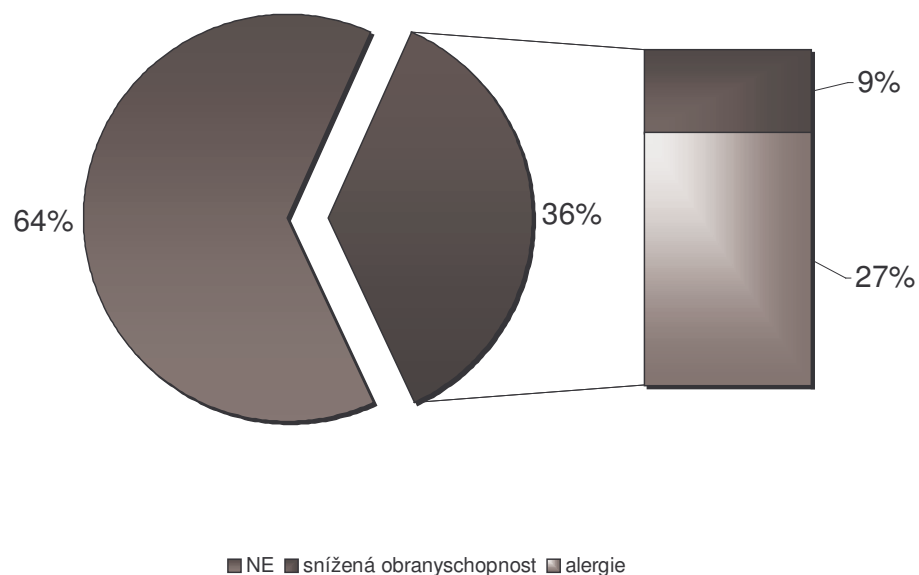
**Vyhodnocení otázky:  
Míváte často respirační infekce (zánět průdušek,  
kašel, angíny, dlouhodobá rýma, ...)?**



Graf 5: Vyhodnocení otázky: Míváte často respirační infekce ( zánět průdušek, kašel, angíny, dlouhodobá rýma,...)?



**Vyhodnocení otázky:  
Máte nějaké problémy s imunitním systémem  
(snížená obranyschopnost, alergie)?**



Graf 6: Vyhodnocení otázky: Máte nějaké problémy s imunitním systémem ( snížená obranyschopnost, alergie)?

### Použité zdroje a literatura

- BERT, F., LAMBERT-ZECHOVSKY, N. Septicemia Caused by *Streptococcus canis* in a Human. *Journal of clinical microbiology*, Mar. 1997, Vol. 35, No. 3, p. 777–779
- BOYCE, J., M. Detection of Synergistic Hemolytic Activity of *Staphylococcus aureus* with the Cathara Replicator. *Journal of Clinical Microbiology*, May 1985, Vol. 21, No. 5, p. 835-837
- BRADLOW, A., MITCHELL, R., G., MOWAT, A., G. Group G Streptococcal Arthritis. *Rheumatology and Rehabilitation*, 1982, p. 206-210
- BUDAYOVÁ, E., A KOL. Vyšetřovací metody v klinické mikrobiologii a klinické imunologii [CD-ROM]. Hradec Králové, Střední zdravotnická a vyšší zdravotnická škola Hradec Králové, 2004. ISBN:80-903414-0-3.
- DIMITRACOPOULOS, G., SAKELLARIOU, C., PAPAVALASSILOU, J. Staphylococci from the Faces of Different Animal Species: Biotypes of *Staphylococcus aureus* Stains of Sheep and Goat Origin. *Applied and Environmental Microbiology*, July 1976, Vol. 32, No. 1, p. 53-55
- DOBIÁŠ, L., A KOL. Obecná a speciální mikrobiologie. Ostrava, Ostravská universita Ostrava Zdravotně sociální fakulta, 2003.
- FORSBLOM, B., SARKIALA-KESSEL, E., KANERVO, A., VÄISÄNEN, M., L., HELANDER, I., M., JOUSIMIES-SOMER, H. Characterisation of aerobic gram-negative bacteria from subgingival sites of dogs – potential bite wound pathogens. *Journal of medical microbiology*, 2002, Vol. 51, p. 207-220
- FREDE'RIQUE LARTIGUE, M., MONNET, X., LE FLE'CHE, A., PATRICK A. D., GRIMONT, P.A.D., BENET, J.J., DURRBACH, A., FABRE, M., NORDMANN, P. *Corynebacterium ulcerans* in an Immunocompromised Patient with Diphtheria and Her Dog. *Journal of clinical microbiology*, Feb. 2005, Vol. 43, No. 2, p. 999–1001.
- GAVIÈRE, J., P., ESCANDE, F., ANDRÉ-TONTAINE, G., LARRAT, M., FILLONEAU, C. Characterization of group EF-4 bacteria from the oral cavity of dogs. *Veterinary Microbiology*, Vol. 44, p. 1-9
- GEMMEL, C., G., FORD, C., W. Virulence factor expression by Gram-positive cocci exposed to subinhibitory concentrations of linezolid. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 2002, Vol. 50, p. 665-672
- HAQUE, R., BALDWIN, J., N. Types of Hemolysins Produced by *Staphylococcus aureus*, as Determined by the Replica Plating Technique. *Journal of Bacteriology*, Vol. 88, No. 5, p. 1442-1447
- HASSAN, A., A., AKINEDEN, Ö., USLEBER, E. Identification of *Streptococcus canis* Isolated from Milk of Dairy Cows with Subclinical Mastitis. *Journal of clinical microbiology*, Mar. 2005, Vol. 43, No. 3, p. 1234–1238

- HAVLÍK, J., A SPOL. Příručka infekčních a parazitálních onemocnění. Praha, Avicenum, 1985. ISBN: 08-056-85
- CHRISTENSEN, H., KUHNERT, P., BISGAARD, M., HUTERS, R., OZIVA, F., OLSEN, S., E. Emented description of porcine [Pasteurella] aerogenes, [Pasteurella] mairii and [Actinobacillus] rossii. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 2005, Vol. 55, p. 209-223
- KAISER, R., M., GARMAN, R., L., BRUCE, M., G., WEYANT, R., S., ASHFORD, D., A. Clinical Significance and Epidemiology of NO-1, an Unusual Bacterium Associated with Dog and Cat Bites. Emerging Infectious Diseases, Feb. 2002, Vol. 8, No. 2, p. 171 – 174
- KUDIRKIENĖ, E., ŽILINSKAS, H., ŠIUGŽDAITĖ, J. Microbial Flora of the Dog Eyes. Veterinaria ir zootechnika, 2006
- O'HARA, C., M., BENNER, F., W., HILLER, J., M. Classification, Identification and Clinical Significance of Proteus, Providencia and Morganella. Clinical Microbiology Reviews, Oct. 2000, Vol. 13, No. 4, p. 534–546
- PĚČKOVÁ, M., LHOTOVÁ, H. Výskyt Providencia alcalifaciens v přírodních vodách západočeského regionu. Zprávy CEM (SZÚ, Praha) 2000, p. 368-369
- SAPHIR, D., A., CARTER, G., R. Gingival Flora of the Dog with Special Reference to Bacteria Associated with Bites. Journal of clinical microbiology, Mar. 1976, Vol. 3, No. 3, p. 344-349
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Bacillus species, BSOP ID 9, 2005
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Pasteurella species, BSOP ID 13, 2005
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Corinebacterium diptheriae, Corynebacterium ulcerans and Corynebacterium pseudotuberculosis, BSOP ID 2, 2006
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Listeria species, non-toxigenic Corynebacterium species and other non-sporing gram-pozitive rods, BSOP ID 3, 2005
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Neisseria species, BSOP ID 6, 2005
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Staphylococcus species, Micrococcus species and Rothia species, BSOP ID 7, 2006
- Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Identification of Streptococcus species, Enterococcus species and morfologically similar organisms, BSOP ID 4, 2005

Standards unit, evaluations and standards laboratory UK. National standard method: Introduction to the preliminary identification of medically important bacteria, BSOP ID 1, 2005

STEINBACH, W., J., SHETTY, A., K. Use of the diagnostic bacteriology laboratory a practical review for clinical. Postgraduate Medical Journal, 2001, Vol. 77, p. 148-156

VANECHOVITTE, M., CLAEYS, G., STEYAERT, S., DE BAERE, T., PELEMAN, R., VERSCHRAEGEN, G. Isolation of *Moraxella canis* from an Ulcerated Metastatic Lymph Node. Journal of clinical microbiology, Oct. 2004, Vol. 38, No. 10, p. 3870-3871

WASHINGTON, W., A KOL. Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology. Sixth edition. London, Lippincott Williams, 2006. ISBN 0-7817-3014-7.

WISEMAN, G., M. The hemolysins of *Staphylococcus aureus*. Bacteriological Reviews, Dec. 1975, Vol. 39, No. 4, p. 317-344

ZHRADNICKÝ, J., A KOL. Mikrobiologie a epidemiologie. Praha, Avicenum, 1987. ISBN: 08-007-87





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **ZELENÉ OÁZY UPROSTŘED ŠEDI PANELOVÝCH SÍDLIŠŤ**

**Petr Bezděk, Michaela Mimovičová**

Střední průmyslová škola a Obchodní akademie, Kadaň, Komenského 562,  
příspěvková organizace  
Komenského 562, Kadaň

### ÚVOD

Jsme studenti Střední průmyslové školy stavební a Obchodní akademie v Kadani. Jako téma pro naši středoškolskou odbornou činnost jsme si vybrali vegetační střechy umístěné na panelových domech.

Tuto tematiku jsme si vybrali, protože pocházíme ze severních Čech, kde je, jak je všem známo, velice rozšířený těžební, energetický a chemický průmysl. Provoz elektráren, těžebních dolů a továren přináší mnoho negativních vlivů na životní prostředí v tomto regionu.

Kvůli nedostatku pracovních sil do těchto provozů se ve zdejších městech budovaly ve velkém množství panelové domy, které se považovaly v tehdejší době za prestižní bydlení. Lidé se do tohoto regionu stěhovali z celých Čech za vidinou dobře ohodnocené práce. To mělo za důsledek, že z bývalých neobydlených Sudet se začal stávat průmyslový region, který postupem času snižoval kvalitu životního prostředí.

Naším záměrem je zviditelnit vegetační střechy, které mají spoustu ekonomických, estetických a ekologických výhod. A proč právě nevyužít velké množství panelových domů, které by mohly sloužit pro instalaci vegetačních střech, které by částečně obnovily původní životní prostředí. Realizací zelených střech by se získaly velké plochy k rekreaci, odpočinku a zejména by se zlepšila kvalita vzduchu, tím i zdraví a psychická pohoda obyvatel v dané lokalitě.

Naše práce započala návštěvou Stavebního úřadu v Kadani, kde k nám byli velice vstřícní a ochotně nám zapůjčili projekty střech panelových domů, které jsme později využili pro navrhování našich vegetačních střech. Poté jsme začali shromažďovat potřebné informace týkající se naší problematiky, podle kterých jsme začali sepisovat naši práci. Obyvatelé Kadaně nám taktéž pomohli tím, že nám zodpověděli několik otázek, které jsme vyhodnotili a použili v naší práci.

Touto prací bychom chtěli poukázat na možnost ekologicko-ekonomické výstavby a to zejména na panelových střechách.

## OD HISTORIE PO DNEŠEK

Vysazování květin, keřů, stromků a zakládání trávníků, zejména na plochých střeších, má tradici minimálně 3000 let. Existence střešních zahrad byla dokázána již při vykopávkách v Ninive z doby panovníka krále Šalamouna (929 - 917 př. n. l.). A nelze pominout legendární visuté zahrady královny Semiramis vybudované v Babylóně. Zde byly používány především kamenné sloupy a celá stavba spočívala na podzemních pilířích, na nichž ležely palmové trámy oddělené od sebe jen úzkou mezerou. Toto dřevo je jediné, které nepodléhá hnilobě. Zvlhne a je-li zatíženo, prohne se směrem vzhůru a vyživuje kořeny rostlin, které do něj trhlínami zvenčí prorůstají. Na tyto trámy byla navedena ohromná a hluboká vrstva země a do ní byli nasázeny stromy.

Ve starém Římě se střešní zahrada stala zcela běžnou pro stavbu patricijských domů a paláců. Pěstování rostlin v nádobách přispělo ke značnému rozšíření terasových zahrad i mezi chudší vrstvy obyvatel. Významným se ale pro nás stává Římský palác Diomedův, kde pravděpodobně také existovaly vegetační střechy a za zmínku také stojí hrobka krále Augusta, postavená v roce 28 př. n. l. Tuto stavbu kruhového půdorysu o průměru 89 m ukončovala terasa osázená cypřiši a květinami v přenosných nádobách.

Zhruba od počátku křesťanského letopočtu byl vývoj střešních zahrad přerušen asi na 400 let. Teprve renesance navázala na dávné tradice. V Itálii kolem roku 1400 vzniká palác Medicejských „Villa Careggi“ se střešní zahradou a terasami o rozloze 1000 m a nadále od této doby vznikaly střešní zahrady ve Francii, Itálii a dalších Evropských zemích.

Mezníkem vývoje střešních zahrad byl rok 1867, kdy se vynalezl železobeton, který umožnil snadnější řešení střešních pláštů, přispěl k lepšímu uložení hydroizolací a značně přispěl k životnosti konstrukčních prvků, čímž je myšlena střecha i celá stavba. Jednou z prvních střešních zahrad, u níž byl použit železobeton, byla navržena a postavena roku 1887 v Lombardii.

Na našem území lze zakládání střešních zahrad vystopovat zhruba tak od druhé poloviny 19. století a to na střeších a terasách budov majetnějších vrstev obyvatel. První pokus u nás o zrealizování zelené střechy byl zaznamenán v roce 1863 na střeše zámecké konírny v Lipníku nad Bečvou, ale vzhledem k závadám došlo k zrealizování až po 40 letech, takže naše první zelená střecha byla vybudována v roce 1911 a měla, do dnes má, rozlohu 600 m<sup>2</sup>.

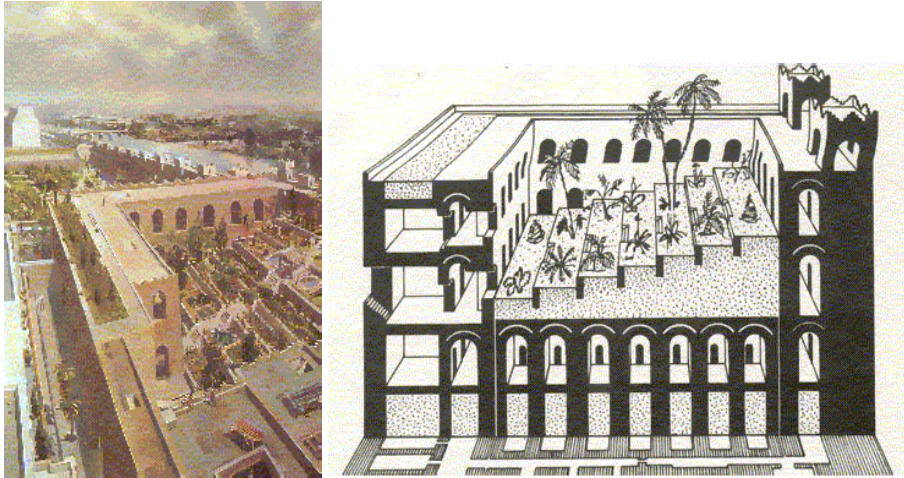
Dalšími typickými střešními a terasovými zahradami v České republice jsou tyto stavby:

Hotel Thermal v Karlových Varech

Prodejna Sempry v Kroměříži

Obchodní dům Prior v Brně

Fakultní nemocnice v Ostravě a jiné významné stavby



Obr. 1,2: Visuté zahrady královny Semiramis



Obr. 3: Fakultní nemocnice Ostrava

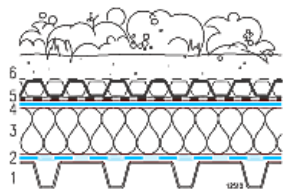


## DRUHY ZELENÝCH STŘECH

Druhy zelených střech se dělí na dva druhy extenzivní a intenzivní ozeleňování. Druh ozeleňování volíme podle únosnosti střešní konstrukce a požadavků investora.

### Extenzivní ozeleňování

Tento typ zelené střechy by se dal definovat jako střecha, která kromě své estetické a ekologické funkce, kterou se liší od běžných střešních pláštěů, nebude plnit žádnou další funkci a nevyžaduje tedy pohodlný přístup na střechu a ani žádné bezpečnostní opatření. Naopak se od nich očekává, že budou mít minimální nároky na údržbu. Extenzivní střešní zeleň se používá na střešních pláštích s únosností 60-300 kg/m<sup>2</sup>. Tato malá únosnost nás tedy nutí použít vegetaci, která není náročná na tloušťku substrátu. Na extenzivní zelenou střechu volíme nízké, do plochy se rozrůstající rostliny, což jsou především skalničky a suchomilné rostliny, a které snášejí jak vysoká tepla, tak nízké teploty, a proto se nepočítá se zabudováním zavlažování. Pro vaši představu jsme pro vás připravili menší přehled rostlin, které lze na tyto střechy použít.



Obr. 4 :skladba vrstev

1. podkladní konstrukce
2. parotěsná zábrana
3. tepelně izolační vrstva
4. hydroizolační vrstva
5. ochranná separační vrstva
6. vegetační souvrství

### PŘEHLED ROSTLIN

Mateřídouška vejčitá  
(*Thymus pulegioides*)



Česnek zlato žlutý  
(*Allium moly*)



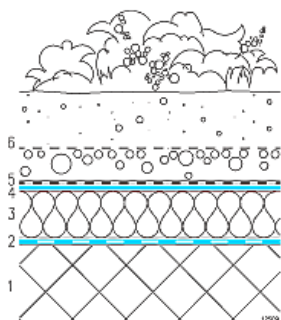
Rozchodník ostrý  
(*Sedum acre*)



Obr. 5,6,7: Ilustrační obrázky rostlin

### Intenzivní ozeleňování

Tyto vegetační plochy jsou považovány za zahrady na střeších, a proto je potřeba zde zajistit velmi dobrý a nejen bezpečný přístup, ale také aby samotný pobyt na střešní zahradě byl zajištěný zábradlím proti pádu ze střechy dolů. Tyto střešní zahrady nejsou ve výběru rostlin nijak omezeny, můžete si zde vysázet trávníky, keřky nebo dokonce stromy, a proto je zde



potřeba, aby střešní konstrukce měla větší únosnost, proto se tyto střešní zeleně zakládají na konstrukcích o únosnosti 1000 kg/m<sup>2</sup> i více. Tyto střechy jsou sice výhodné v téměř neomezeném výběru rostlin, ale tím nám nastává další problém, musí se zde vyřešit zavlažovací systém, který bude muset zavlažovat celou plochu tak, aby naše vegetace netrpěla nedostatkem vláhy.

Obr. 8: skladba vrstev

1. podkladní konstrukce
2. parotěsná zábrana
3. tepelně izolační vrstva
4. hydroizolační vrstva
5. ochranná separační vrstva
6. vegetační souvrství



Obr. 9: Ilustrační obrázek intenzivní střechy

### Biotopní vegetační střechy

Biotopní střechy plní především ekologickou funkci, vzhled střechy je zcela podřízen místním podmínkám pro vegetaci a může se během let měnit. Hlavní výhodou je, že náklady na běžnou údržbu biotopní střechy jsou srovnatelné s klasickou plochou střechou.

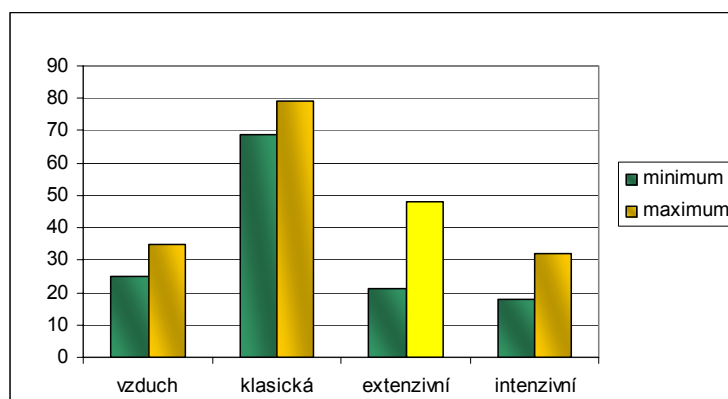
Při biotopním ozelenění je vegetace na střeše ponechána nerušeně sama sobě bez péče a nákladů na údržbu. Jedná se o přirozenou symbiózu rostlinných společenstev schopných samostatného přežití a případné samoobnovy. Biotopní rostlinný pokryv se skládá ze sukulentů, mechů a některých druhů trav a bylin, kterým vyhovují konkrétní stanovištní podmínky a jsou schopny přežít jak extrémní sucha, tak občasné přemokření.

Biotopní porosty se zakládají na minerálním substrátu se stabilní strukturou odolnou působení všech klimatických činitelů. Optimální tloušťka substrátu je 40 – 120 mm. Při vyšší tloušťce substrátu dochází k bujení rychleji rostoucích a méně odolných rostlin, které původní flóru udusí a samy pak v méně příznivém období uhynou. U biotopních střech se v žádném případě nepočítá s přihnojováním, zavlažováním ani jinými nepřirozenými zásahy do koloběhu života rostlin.



Obr. 10: Ilustrační obrázek biotopní střechy

### Bilance vegetačních střech



Graf 1: Srovnání teploty povrchu na vegetačních střechách v letním období

#### Rezerva únosnosti vegetačních střech

Hlavním kritériem možnosti ozelenění stávající střešní konstrukce je její únosnost. Při dlouhodobých deštích se vegetace nasákne vodou a hmotnost vegetace se zvýší. V následující tabulce (tab.1) lze vidět, jakou rezervu v únosnosti musejí mít střešní konstrukce s jednotlivými typy ozelenění.

Tab.1: Rezerva únosnosti

Druh vegetace	Rezerva únosnosti
Biotopní	0,5 kN/m <sup>2</sup>
Extenzivní	1,5 kN/m <sup>2</sup>
Intenzivní	3,0 kN/m <sup>2</sup>

#### Údržba střech podle typu ozelenění

Biotopní vegetační střechy – bez údržby (kontrola 1-2x ročně)

Extenzivní vegetační střechy – údržba cca 4-8x do roka  
zalévání v době extrémního sucha, přihnojování

Intenzivní vegetační střechy – pravidelná údržba, zalévání a hnojení  
(v závislosti na typu rostlinstva)

## VÝHODY A NEVÝHODY

### VÝHODY

Tepelně izolační účinek: Přispívají k lepší tepelně technické stabilitě v letním či zimním období v objektu. V létě má střecha ochlazující účinek díky stínu vegetace, vypařováním vody a odrazem paprsků od vegetace. V zemině vzniká malé množství tepla které v zimě přispívá k tomu, že zemina nepromrzne a slouží jako tepelná izolace.

Čištění vzduchu: Rostliny mohou filtrovat částice prachu a nečistot ze vzduchu. Částice se zachytí na povrchu lístků a déšť je pak spláchno do substrátu. Rostliny mohou rovněž absorbovat plynné škodliviny a aerosoly.

Snižování prachu: Zeleň výrazně snižuje zahřátí střešní plochy, tím se snižuje víření prachu v městských aglomeracích.

Regulace vlhkosti: Při deštích substrát získává vodu, která se drží v hydroakumulační vrstvě, ze které při velkých teplotách vegetace čerpá vláhu a vypařováním se vyrovnává vlhkost vzduchu.

Estetika: Na rozdíl od střechy se štěrkopískovým nebo asfaltovým povrchem působí střecha porostlá trávou a bylinami svou přírodní krásou příznivě na lidskou psychiku.

Životnost: Trvanlivost ozeleněné střechy při správné volbě střešního pláště a odborném provedení spojů a detailů je prakticky neomezena. Střecha je rovněž plně chráněna před UV zářením a mechanickým poškozením

Zvětšují zelené plochy ve městě: Jak je známo, ve městech není moc zelené plochy, díky vegetačním střechám se množství zelených ploch zvětšuje.

Působí jako zvuková izolace: Vegetační vrstva se substrátem působí jako výborná zvuková izolace.

Jsou téměř nehořlavé: Zemina je nehořlavý materiál, a tak chrání celou střešní konstrukci před případným požárem.

Zpomalují odtok dešťové vody: Dešťová voda se zadržuje ve vegetaci. Odtéká minimum vody, zadržaná voda se později odpaří, čímž se snižuje zatížení veřejné kanalizace.

Šíří aromatickou vůni: Díky rostlinám zlepšují kvalitu okolního kyslíku a příjemnou vůni rostlin.

Možnost získání finanční dotace: Některá města v Evropské Unii udělují dotace na financování zelených střech.

Levnější než nástavby na panelových domech

Umožňují lepší výhled

Vytváří životní prostor pro hmyz

## NEVÝHODY

Údržba: Vybudovaná vegetační střecha vyžaduje nutnost údržby zeleně zejména u intenzivních střech

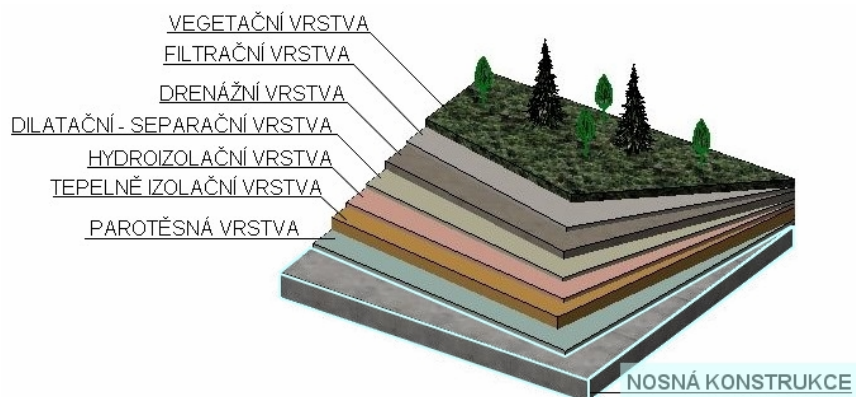
Statické posouzení: U střech s vyšším vegetačním souvrstvím je nutné statické posouzení, případně zesílení nosné střešní konstrukce.

Bezpečnost: Z hlediska pobytu lidí na střeše je nutné zabezpečit proti možnému pádu zábradlím apod.

Finance: Při jejich realizaci je nutno vynaložit vyšší finanční prostředky v důsledku vyšší pracnosti, zařízení vegetačního souvrství a výsadby zeleně.

## VRSTVY ZELENÉ STŘECHY

### 1. NOSNÁ KONSTRUKCE:



Obr. 11 nosná konstrukce

Nosná konstrukce střechy musí být staticky dimenzována na zatížení vegetační vrstvou. Toto zatížení se musí udávat při plném nasycení vegetační vrstvy vodou. Statické posouzení musí určit statik, podle možného zatížení určíme, jaký typ střechy použijeme (extenzivní, intenzivní).

Tabulka zatížením substrátů:

Plošná hmotnost střechy a zatížení hrubou vegetační vrstvou tloušťky 1 cm. Různé materiály při nasycení vodou.

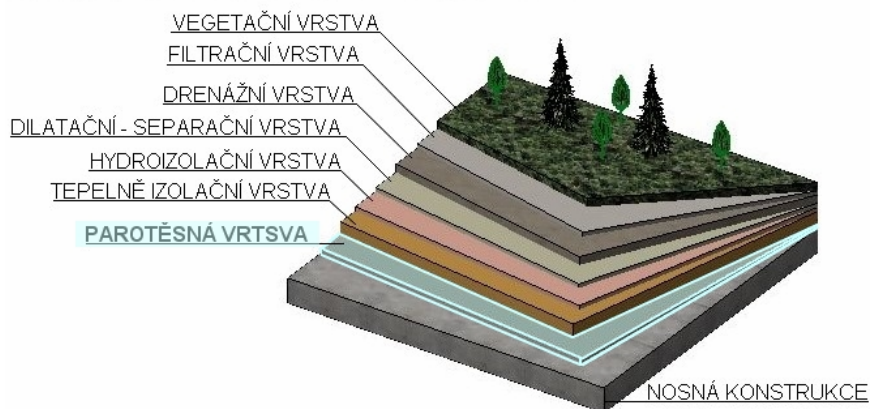
Tab. 2: Zatížení substrátů

MATERIÁL PLNĚ NASYCENÝ VODOU VE VRSTVĚ TL. 1cm	PLOŠNÁ HMOTNOST (kg/m <sup>2</sup> )	ZATÍŽENÍ (kN/m <sup>2</sup> )
Běžná zemina	16 - 20	0,16 - 0,20
Písek a štěrkopísek	20 - 22	0,20 - 0,22
Štěrka	16 - 18	0,16 - 0,18
Rašelina	7 - 9	0,07 - 0,09
Kůrový kompost	11 - 12	0,11 - 0,12
Zemina s rašelinou (směs)	13 - 15	0,13 - 0,15
Stabilizované substráty	10 - 13	0,10 - 0,13

Tab. 3: Zatížení zelení

DRUH ZELENĚ	ZATÍŽENÍ
Trávník	0,05 kN/m <sup>2</sup>
Nízké křoviny	0,10 kN/m <sup>2</sup>
Křoviny do výšky 150 cm	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Dřeviny do výšky 300 cm	0,30 kN/m <sup>2</sup>

## 2. PAROTĚSNÁ VRSTVA:

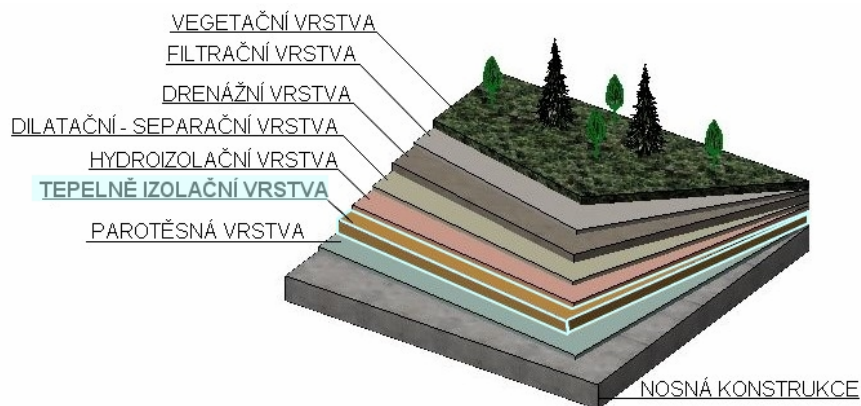


Obr. 12: Parotěsná vrstva

Parotěsná vrstva chrání skladbu střechy před případnou vlhkostí z objektu. Zejména tepelně izolační vrstvu.

Parotěsná vrstva plní dále funkci pojistné hydroizolace a při vhodném návrhu může vytvářet i signální systém spolehlivosti hlavní hydroizolace.

## 3. TEPELNĚ IZOLAČNÍ VRSTVA



Obr. 13: Tepelně izolační vrstva

Při návrhu tepelně izolační vrstvy je důležité, aby tepelně technické parametry celé střešní konstrukce včetně vegetační vrstvy splňovali požadované normy ČSN 73 0540. Vegetační vrstva slouží částečně jako tepelná izolace, ale abychom splnily normativní požadavky, je za potřeby samostatné izolační vrstvy. Na ozeleněné střechy je zapotřebí použít tepelné izolace odolné proti zvýšenému namáhání v tlaku a to zejména u střech s intenzivní zelení.



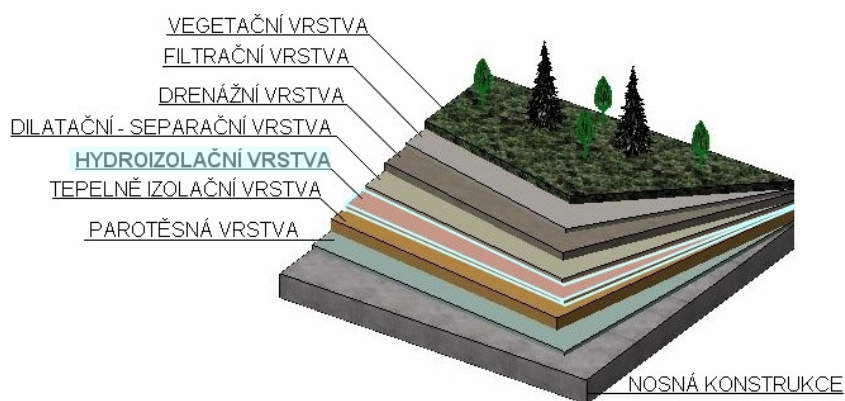
Tab. 4: Vhodné použitelné tepelné izolace

MATERIÁL	SOUČ. TEPELNÉ VODIVOSTI	PEVNOST V TLAKU	OBJEMOVÁ HMOTNOST
ěnový polystyrén	0,04-0,05 W/mK	0,1-0,2 kN/mm <sup>2</sup>	13-30 kg/m <sup>3</sup>
Extrudovaný polystyrén	0,025-0,035 W/mK	0,1-0,4 kN/mm <sup>2</sup>	20-35 kg/m <sup>3</sup>
Pěnové sklo	0,04-0,06 W/mK	0,6 kN/mm <sup>2</sup>	160 kg/m <sup>3</sup>
Desky z minerální vlny	0,1-0,2 W/mK	0,1-0,2 kN/mm <sup>2</sup>	150-200 kg/m <sup>3</sup>
Pěnový polyuretan	0,02-0,035 W/mK	0,1-0,3 kN/mm <sup>2</sup>	20-50 kg/m <sup>3</sup>

Jak už bylo řečeno, vegetační vrstva slouží také jako tepelná izolace. Jak moc je účinná a kolik tepla dokáže zadržet je závislé na substrátu, jeho složení a vlhkosti v něm obsažené. Obecně by se na zelené střechy měli používat lehčí zemní substráty ze směsi humusu, rašeliny a dalších porézních přísad. Tepelná vodivost u takových směsí je větší než u substrátů, kde převládají nasávkavé složky zeminy, jako je jíl, písek, ornice apod.

Nezamokřená drenážní vrstva díky pórovitému materiálu a případným vzduchovým mezerám vytváří další tepelně izolační vrstvu, která má pro určení celkového tepelného odporu velký význam.

#### 4. HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA



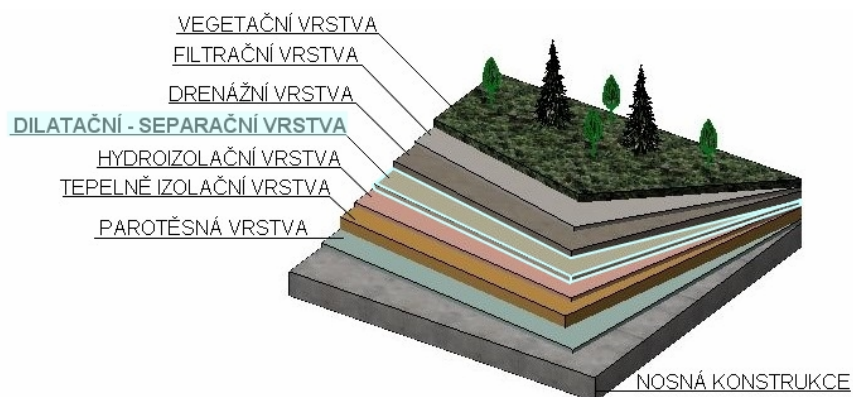
Obr. 14: Hydroizolační vrstva

Běžné asfaltové pásy jsou nevhodné na použití ozeleněných střech. Dnešní doba nabízí velké množství moderních materiálů vhodných právě na zelené střechy, jako jsou například plastové fólie (Fatrafol 808, Vaiplan, Arkoplan a další). Hlavním požadavkem je naprostá odolnost proti prorůstání kořínků rostlin, působení půdních mikroorganismů, plísní a dokonalá vodotěsnost. Při použití takovýchto materiálů není zapotřebí další použití pojistných izolací.

Zabudování fólie musí být provedeno dle platných konstrukčních a technologických předpisů výrobce a to v souladu s ČSN 73 1901. PVC fólie je možno vzájemně spojovat svařováním horkým vzduchem, topným klínkem anebo lepením. Pojištění těsnosti spojů se provádí zálivkovou hmotou. Tyto fólie jsou již opatřeny na spodní straně po celé ploše geotextilií, která zamezuje poškození nebo protržení fólie od spodních vrstev.

Hydroizolační krytina u atik, kolem střešních průniků, světlíků, apod. musí být vytažena alespoň 15 cm nad úroveň horního povrchu vegetační vrstvy.

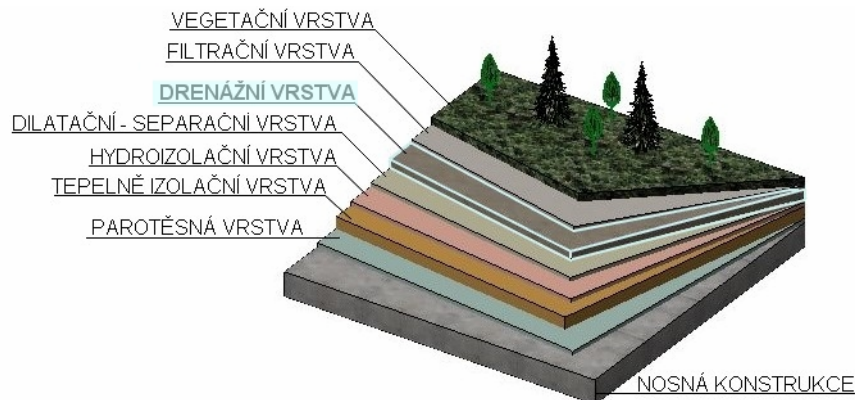
#### 5. DILATAČNÍ – SEPARAČNÍ VRSTVA (ochranná vrstva)



Obr. 15: Dilatační-separační vrstva

Má především zabránit mechanickému poškození hlavního hydroizolačního pláště od drenážní vrstvy, ale i případné akumulaci vody. Dále je zde zajištěna dilatační funkce vrstev. Vrstva se pokládá přímo na povlakovou krytinu a tím tvoří i podklad pro přípravu vegetační úpravy a drenážní vrstvy. Při použití moderních a odolných fólií není potřeba separační vrstvy a drenážní vrstva se pokládá přímo na hydroizolaci.

#### 6. DRENÁŽNÍ VRSTVA



Obr. 16: Drenážní vrstva

Je určena k rychlému odvodu přebytečné závlahové nebo srážkové vody procházející z půdny přes filtrační vrstvu do odpadu. Některé systémy umožňují částečné zdržení vody v drenážní vrstvě, odkud pak vzlíná a je k dispozici vegetaci v období bez srážek.

Pro drenážní vrstvu se nejčastěji používá drobný štěrk, keramzit nebo drenážní desky z polystyrenu, drenážní prefabrikáty z plastů a další.

U intenzivního ozelenění se drenážní vrstva využívá i jako zásobník vody. Při takovémto spojení drenážní a hydroakumulační funkce se střešní vpust', umístí jako přebytek o několik centimetrů výše tak, aby část vody, která vtekla do drenážní vrstvy, nemohla v plném rozsahu odtéci do kanalizace.

Drenážní vrstva slouží dále jako vyrovnávací vrstva. Horní povrch drenážní vrstvy musí být vodorovný po celé ploše. Rozmístění zrn v drenážní vrstvě musí být rovnoměrné, aby spolehlivě odváděla vodu z vegetační vrstvy bez lokálních přebytků.

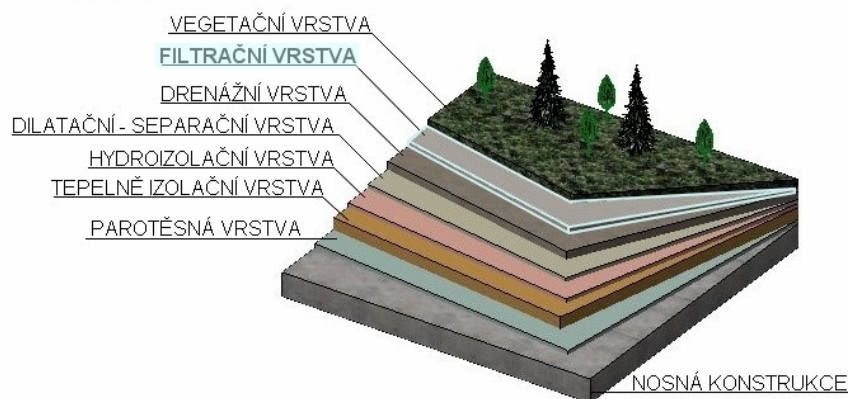
Tloušťka drenážní vrstvy závisí na :

- druhu vegetace
- druhu použitého materiálu
- způsobu zhotovení
- spádových poměrů

Tab. 5: Drenážní materiály

DRENÁŽNÍ MATERIÁL	HMOTNOST	OBĚM PÓRŮ
Štěrk	16 - 18	30 - 50
Hrubý drcený lávový štěrk	12 - 13	65
Keramzit	6 - 8	65
Smyčková rohož z PVC	0,5	99
Desky z pěnová hmoty	0,9	93

## 7. FILTRAČNÍ VRSTVA



Obr. 17: Filtrační vrstva

Tato vrstva rozděluje vrstvu drenážní s půdní. Plní úlohu filtru, to znamená, že chrání drenážní vrstvu a odpad proti usazování a zanášení jemnými částicemi z půdy způsobené závlahami a deštěm.

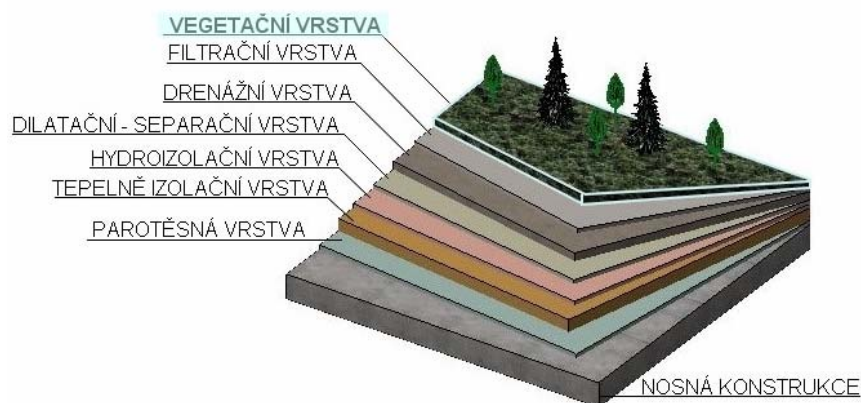
„Filtr“ musí mít strukturu, kterou by se voda v kapalném i plynném skupenství mohla pohybovat shora dolů, ale i naopak.

Při zhotovení filtrační vrstvy nad drenáží, ve které počítáme, že se bude dlouhodobě držet voda, musí být filtr položen v takové výšce, aby nemohl přijít do styku s hladinou zadržované vody. Při použití filtračních pásů se u atik, kolem střešních průniků, světlíků, apod. musí pásy vytáhnout aspoň 15 cm nad úroveň vegetační vrstvy obdobně jako u izolační vrstvy.

Materiály vhodné pro filtrační vrstvu by měli být difúzně otevřené, odolné proti hnilobě a s nízkou nasákavostí např.:

- rohože z minerální čedičové plsti
- polypropylenová geotextilie
- polyesterová tkaná rouna

## 8. VEGETAČNÍ VRSTVA



Obr. 18: Vegetační vrstva

Je to výchozí vrstva, bez které by zelená střecha nebyla zelenou střechou. Do této vrstvy se sázejí a vysévají rostliny a zeň, opatřuje se předpěstovaným travnatým kobercem. Vegetace se volí dle typu použité střechy (extenzivní, intenzivní viz kapitola „Druhy zelených střech“) Podle typu střešní zeleně volíme substrát tak, aby vytvářel nejpřirozenější podmínky pro růst rostlin.

Dále se na střechu můžou instalovat altánky, pergoly, nadzemní bazény, nejrůznější hry (ruské kuželky, stolní tenis) atd., záleží na přáních stavebníka. Tato břemena se při statickém výpočtu musí brát v úvahu.

Tab. 6: Druhy vegetace

DRUH VEGETACE	TLOUŠŤKA
Pro zatravnění	150-200 mm
Pro květinové keře a letní květiny	200-300 mm
Pro keře a stromy s malými korunami	400-700 mm

## TECHNICKÉ PŘÍJEDENÍ

Únosnost střešní konstrukce:

Únosnost střešní konstrukce je nejdůležitějším požadavkem pro realizaci ozelenění střechy. Tento požadavek vyřeší statický výpočet a posouzením, kterým zjistí únosnost konstrukce. Posudkem se dále řídíme při navrhování typu ozelenění střechy (extenzivní, intenzivní nebo využití minerálních desek). Při nedostatečné únosnosti lze střešní konstrukci zesílit.

Přístup na střechu:

Přístup na střechu lze řešit přistavěním schodišťového ramene v posledním patře a vybouráním části střešní konstrukce. Schodišťový prostor musí být zastřešen a izolován proti dešti, větru apod. Další varianta je prodloužit výtah až na úroveň střechy, ale je to finančně velmi náročné ovšem velice efektivní.

Bezpečnost:

Protože náš projekt počítá s tím, že na střeše bude volný pohyb lidí, je zapotřebí zajistit jejich bezpečnost. Po celém obvodu střechy musí být bezpečné zábradlí vysoké minimálně 1100 mm. Na střeše by měli být umístěny dobře dosažitelné hasicí přístroje. Veškeré elektrické rozvody, větrací komínky apod. musí být zabezpečeny tak, aby neohrožovaly lidské zdraví a samy nebyly poškozovány. Toto zabezpečení by nemělo poškozovat estetický ráz střechy.

Dále by se provoz a užívání střechy měl řídit příslušným bezpečnostním řádem. Například: zákaz pohybu dětí bez dozoru rodičů, zákaz venčení psů, zákaz rozdělávání ohně a podobně.

Prorůstání kořínků:

Plášť konstrukce musí být proveden z odolné fólie určené přímo na zelené střechy, která zamezuje prorůstání kořínků izolací a následným poškozením celé střešní konstrukce. (Například FATRAFOL 808 je zcela ideálním materiálem. Vzhledem k naprosté odolnosti prorůstání kořínků rostlin a působení půdních mikroorganismů a plísní nevyžaduje fólie u ozeleněných střech použití doplňkových pojistných izolací.)

Atika:

Atiky nám poslouží jako zábrana sesouvání zeminy a následnému znečištění fasády. Ne však všechny ploché střechy panelových domů mají dostatečně vysoké atiky, a proto je potřeba je zvýšit podle typu ozelenění (intenzivní, extenzivní). Výška atiky musí přesahovat nad úroveň zeminy.

Osvětlení:

Aby střešní zahrada mohla být bezpečně využívána i ve večerních hodinách, je zapotřebí jí řádně osvětlit. Osvětlení lze řešit například zahradními lampami.

Hromosvod:

Hromosvody se zde nebudou řešit jako klasické ocelové sítě, ale použijeme aktivních hromosvodů.

Přesuny stavebních hmot:

Na přepravu materiálu bude potřeba jeřábů nebo stavebních výtahů a přepravníků, záleží na výšce budovy.

Zavlažování:

Nejběžnější a nejjednodušší je zálivka shora, její významnou výhodou je přirozenost a účinnost obdobná jako déšť v přírodě. Technicky náročnější je spodní zálivka, která má však výhodu dlouhodobějším zajištěním vody, případně i s rozpouštěnými živinami pro rostliny. Tato spodní zálivka je zajištěna pomocí kapacích trubek, kde jsou rozestupy kapání po 30 cm.

Spádování:

I vegetační střecha musí být v určitém spádu, ideální je 1,5 - 2% , který je vytvořen pomocí spodních vrstev. Vegetační vrstva je v rovině. V našem případě využijeme již spádování původních střech panelových domů. Pokud spád neodpovídá 1,5 - 2 procentům, můžeme využít k mírnému dospádování tepelně izolační vrstvu. Pokud tento úkon nebude možné splnit z důvodu tepelně technických požadavků budovy, musíme použít další vrstvu tzv. spádovou.

Odpady a výpustě:

Odpady pro odtok dešťové vody se umísťují do drenážní vrstvy. Měly by být náležitě ochráněny proti ucpání a vyplavování drenážní vrstvy. Tohoto dosáhneme instalací filtračních hlavice na vpusť, které zabrání vnikání nežádoucích předmětů do odpadních potrubí.

## FUNKCE A ÚČINKY ZELENÝCH STŘECH

Vlivem koncentrace budov a dopravy je život v našich městech nezdravý. Auta a topná zařízení spotřebovávají množství kyslíku a produkují nadbytek škodlivin. Obrovské betonové a asfaltové plochy vedou k přehřívání klimatu ve městě a způsobují, že teplý vzduch zvedá ze země částice nečistot a škodlivin a víří je do všech stran. V létě lze ve večerních hodinách v centru velkoměsta naměřit teplotu vzduchu o 4 – 11°C vyšší než v okrajových čtvrtích. Ozeleněním střech se nezdravé klima zásadně může změnit: vzduch se vyčistí, víření prachu se výrazně sníží a zatěžující kolísání teplot se výrazně vyrovná. Pro dosažení zdravějšího klimatu ve městě by pravděpodobně stačilo dodatečně ozelenit 10 - 20% střešních ploch ve městě. Když se zamyslíte, jaké budovy tvoří naše města, zjistíte, že nejčastěji vyskytující se objekty jsou právě panelové domy, jejichž střechy by se daly využít pro zlepšení klimatu a psychické pohody obyvatel. (Česká Republika byla v průzkumu označena za zemi, kde je největší koncentrace panelových domů, které se zde začaly stavět již v 70. letech minulého století). Města se zabývají nedostatkem parkovacích ploch, ale zapominají na nedostatek zeleně, o kterou nás stále připravují. Náš projekt, řeší nedostatek zelených ploch, relaxačních míst v panelových sídlištích, zlepšení klimatu a ekologicko-ekonomické výstavby.

### 1. Ekonomická funkce

Zelená střecha slouží jako ochrana bytů pod ní. Zejména před nadměrným ohříváním v létě a ochlazením v zimě. Tím, že eliminujeme tyto teplotní výkyvy, prodlužujeme životnost krytiny a snižujeme nároky na její údržbu. Avšak pořizovací náklady jsou vyšší.

V zahraničí je dokonce možné získat finanční dotaci na takovéto střechy a to zejména v hustě zastavěných oblastech.

### 2. Ekologická funkce

Rozšíření zelených střech a to zejména na panelových domech, kterých v České republice je velké množství, může přispět k lepšímu životnímu prostředí. Mizející plochy zeleně, které bývají vystřídány betonem a asfaltem, se mohou nahradit zelení na střechách. Právě zelených ploch je v dnešních sídlištích poměrně málo.

Zelené střechy na panelových domech by se podílely na zlepšení vlastností městského prostředí a to obohacováním vzduchu kyslíkem a vázáním oxidu uhličitého. Podle výzkumů plocha 25 m<sup>2</sup> listnaté zeleně vyprodukuje za den tolik kyslíku, kolik spotřebuje člověk za stejný čas dýcháním.

### 3. Estetická funkce

Pokud bydlíte uprostřed panelákového sídliště a ke všemu ve vyšším patře, první co uvidíte, když se podíváte z okna, budou další paneláky a zejména šedé asfaltové střechy a možná někde v povzdálí zahlédnete trochu zeleně. Plochá střecha se stává pohledově pátou fasádou budovy. Proto, stejně jako svislá fasáda i plochá střecha, by měla plnit určitá estetická kritéria. Proč právě nepoužít zelenou střechu, která vnese trochu přírody do dané lokality a stane se zelenou oáзой v zašedlých sídlištích.

### 4. Relaxační a odpočinková funkce

Zelená střecha na panelovém domě se rázem stane jakýmsi privátním parkem pro obyvatele daného domu. Na střechu je možné umístit nejrůznější společenské hry, nadzemní bazény a třeba i saunu. Pro děti je zde možné vybudovat pískoviště, klouzačky a prolézačky (s takovými břemeny se musí počítat ve statickém výpočtu).

Dále je vegetační střecha vhodným místem, pro pasivní, ale i aktivní odpočinek. V létě se obyvatelé můžou vyhřívat a opalovat na sluníčku a v zimě si děti můžou postavit třeba sněhuláka.

Jelikož střechu budou navštěvovat hlavně obyvatelé domu, nehrozí zde střet s bezdomovci, zloději a jinými životu nebezpečnými lidmi, na které běžně narazíme v parku. Pro starší lidi a děti bude takovýto park bezpečnějším místem, než běžné městské parky. Pak by neměl být problém, jít se večer nadýchat čerstvého vzduchu do příjemného prostředí a k tomu ještě navíc krásný výhled na osvětlené město.

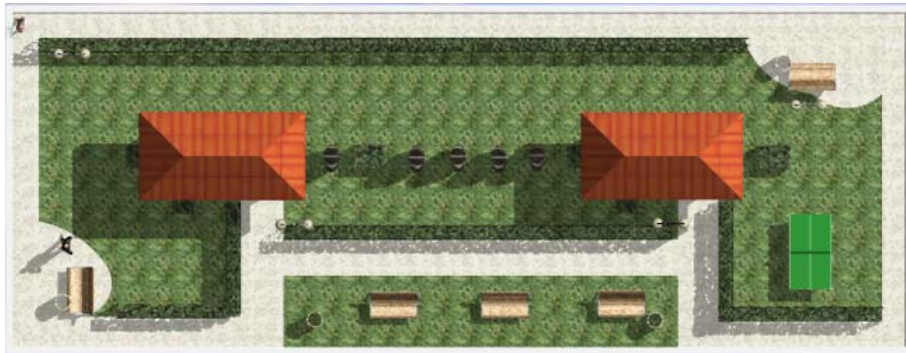


## NÁVRHY

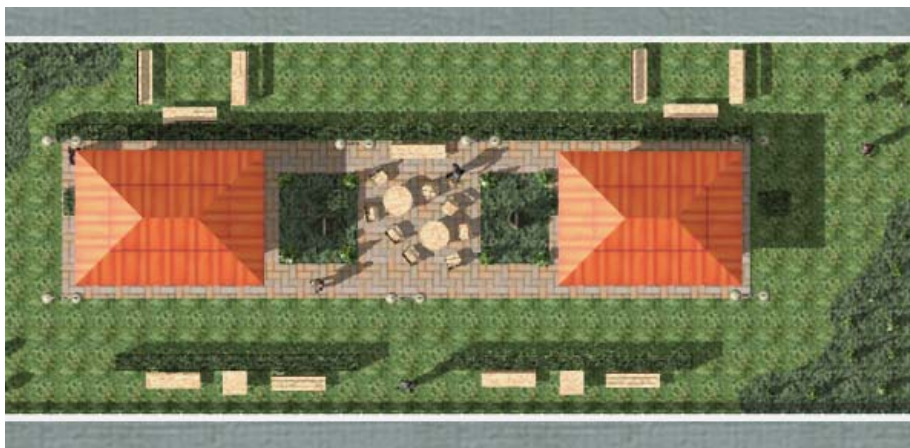
Pro vaši lepší představu, jak by zelené střechy na panelových domech mohly vypadat, jsme pro vás připravili projekty vypracované v programu ArchiCad9.0

Vzhled a architektonické provedení závisí na investrovi.

### NÁVRH č. 1



NÁVRH č. 2



NÁVRH č. 3



## ZÁVĚR

Cílem naší práce bylo upozornit na možnost využití plochých střech panelových domů, které v dnešní době představují ohromnou nevyužitou plochu, která by mohla být osázena vegetací. Stává se ale čím dál zřejmější, že střechy budov jsou dnes prakticky jedinými plochami, které lze do jisté míry a s řadou výhod pro tvorbu zeleně využít. A proto jsme si právě vybrali toto téma, které upozorňuje na to, že pokud by tento projekt byl zrealizovaný právě v našem kraji, přineslo by to spoustu výhod a to nejen z hlediska ekologického. Vezměte v úvahu, jak by se pozvedla prestiž a estetická úroveň daných měst. Nemyslíte, že by se bydlelo lépe?

Doufáme, že Vás naše práce zaujme, a že by mohla být podklad pro odborné zpracování, které by umožnilo střechy panelových domů ozelenit a účelně je využít. Následně by se vegetační střechy mohly stát součástí programu pro revitalizaci panelových sídlišť.

#### SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ČASOPIS STAVEBNÍ OBZOR  
TECHNICKÉ LISTY FATRAFOL  
PLOCHÉ STŘECHY LEDEN 2007  
ZELENÉ STŘECHY - GERNOT MINKE  
ČASOPIS STŘECHY, FASÁDY, IZOLACE

WEBOVÉ STRÁNKY:  
[www.archiweb.cz](http://www.archiweb.cz)  
[www.stavitel.ihned.cz](http://www.stavitel.ihned.cz)

#### SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA č. 1 – rozhovor s odborníkem  
PŘÍLOHA č. 2 – anketa

## ROZHOVOR

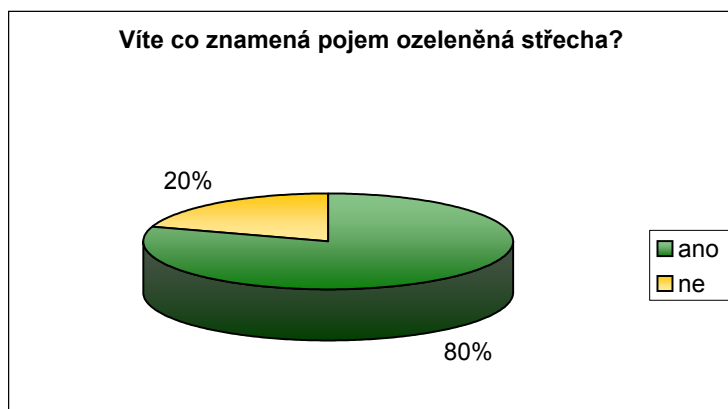
Rozhovor s odborníkem přes zelené střechy s panem Čepkem. Pan Čepka pracuje u firmy Fatra Napajedla jako konzultant střešních systémů Fatrafol, které řeší právě i problematiku zelených střech.

Podarilo se nám zkontaktovat s panem Čepkem, který velice ochotně odpověděl několik otázek týkajících se našeho projektu.

1. Myslíte, že vegetační střechy jsou u nás používány v dostatečné míře?  
Nedomnívám se.
2. Myslíte, že by stát měl finančními dotacemi podporovat výstavbu zelených střech?  
Určitě ano. Stejně tak, jako další ekologické aktivity.
3. Co považujete za hlavní přednost zelených střech?  
Snížení záboru zeleně.  
Zlepšení akumulace vody – snížení rizik povodní.  
Zlepšení mikroklima užívané stavby.  
Prodloužení životnosti stavby.  
Využití takto získané plochy.
4. A naopak co by jste označil za nevýhodu zelených střech?  
Vyšší investiční náklad a precizní provedení – projekční, materiálové a realizační spolu za určitých podmínek se o zeleň starat.
5. Myslíte, že je reálné instalovat zelenou střechu na střechu panelových domů?  
Pokud to dovolí statické zatížení, tak určitě ano.
6. Setkal jste se už s vegetační střechou na panelovém domě?  
Ne.
7. Vyplatí se z hlediska ekonomického investovat právě do zelených střech?  
A jsou lidé a investoři ochotni investovat do takovýchto střech?  
Pokud si tím rozšířím obytný prostor, zlepším si životní prostředí a nemusím investovat do klimatizace, pak určitě ano.  
Zahraniční a tuzemští na určité úrovni ano.
8. Jaké máte všeobecné zkušenosti s vegetačními střechami?  
Pokud investor, projektant a realizační firma přistoupí k řešení střechy zodpovědně a uvědomí si, co chtějí, co získají a co musí respektovat, pak dobré.  
V tomto případě neexistuje polovičaté řešení.

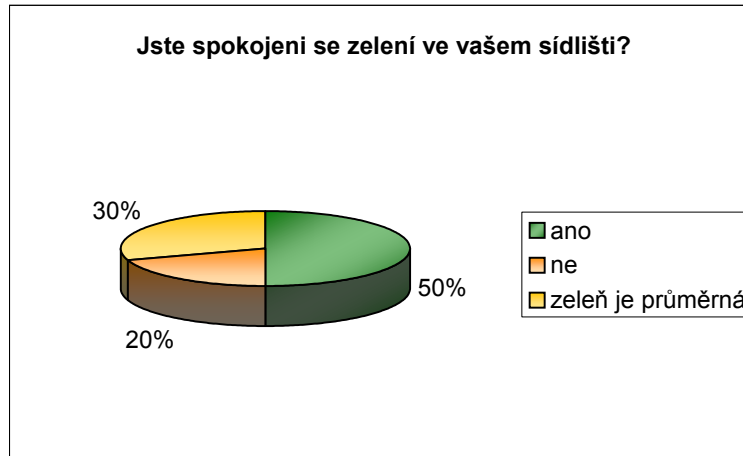
## ANKETA

Touto cestou jsme chtěli zjistit názor obyvatel na vegetační střechy, a jestli vůbec vědí, co to vegetační střechy jsou. Ptali jsme se 10ti občanů města Kadaně a jako první otázku jsme jim vždy položili, jestli vědí, co to vegetační střecha znamená a odpovědi dopadly takto:



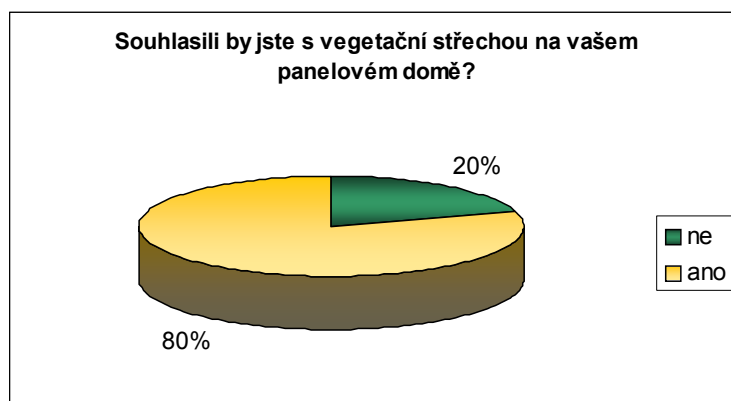
Graf 2

Druhou otázku občanům Kadaně jsme položili, zda jsou spokojeni se zelení ve svém okolí. My jsme si vybrali pro svou anketu oblast, kde většina lidí byla spokojena s ozeleněním sídliště, ale také většina z nich konstatovala, že by zeleň mohla být v mnohem větším množství a to nejen u nich na sídlišti.



Graf 3

A jako poslední naše otázka a také pro nás asi ta nejdůležitější byla, zda-li by střešní zahradu navštěvovali, kdyby byla zrealizována na střeše jejich panelového domu. Většina z nich by byla nadšena, jen jeden manželský pár nám odpověděl záporně a to jen proto, že sami vlastní chatu a veškerý volný čas tráví tam.



Graf 4





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **DEKORATIVNÍ BYTOVÉ SVÍTIDLO**

**Michaela Pokorná**

Střední uměleckoprůmyslová škola sklářská  
Havlíčkova ulice 57, Kamenický Šenov 471 14

Svítidlo je doplňkovým prvkem bytového osvětlení, svým charakterem solitérním objektem v interiéru. Pro jeho umístění v prostoru je vhodné stupňovité členění podlahy, nízký sokl či skříňka, stůl apod.

Kombinace materiálů – neutrální stříbrný kov a především překrývané skleněné malované segmenty „rozevřícího se květu“ dávají možnost vyznít měkkým světelným tónům.

Výtvarným záměrem zde bylo vytvořit jednoduchý a tvarově čistý design svítidla, které navodí příjemnou náladu v interiéru a nepůsobí rušivým dojmem. Design respektuje technické požadavky na svítidla podle ČSN.

Přesné vysvětlení formátování příspěvku:



Rozměry: Ø 30 cm  
Materiál: kov, sklo, elektrické světlo



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **ELEKTRONICKÁ PREZENTACE**

**Střední uměleckoprůmyslová škola sklářská**  
**Havlíčková 57, Kamenický Šenov**

Prezentace obsahuje fotografické záběry z ateliérů a dílen školy a fotografie studentských prací, především prací oddělení Designu světelných objektů – ojedinělým studijním oborem na středních uměleckých školách u nás. Prezentace bude provázena komentářem:

- nejstarší sklářská škola v Čechách a také střední Evropě
- studijní obory a jejich zaměření
- systém výuky odborných výtvarných předmětů
- výměnné stáže
- spolupráce s podniky a uplatnění absolventů

Pozn. Elektronická prezentace bude doplněna instalací klausurní práce studentky Michaely Pokorné z oddělení Designu světelných objektů a posterem s obrázky a informacemi o oddělení Designu světelných objektů.



**Středoškolská technika 2007**

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

## TERÉNNÍ ČTYŘKOLKA

**Zdeněk Hajdůšek**

Vyšší odborná škola,  
střední odborná škola a střední odborné učiliště  
Kopřivnice, příspěvková organizace



“Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.”

V Kopřivnici, dne .....

podpis .....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Jaromíru Rečkovi, jako vedoucímu mé práce za vstřícný přístup, trpělivost a cenné rady při tvoření této maturitní práce. Dále bych rád poděkoval mému otci, za mnoho cenných rad při konstrukci a svému bratrovi za pomoc s překlady z anglického jazyka.

Tato práce vznikla jako závěrečná zkouška z odborných předmětů na Střední průmyslové škole v Kopřivnici. Hlavní náplní této práce je představení terénních čtyřkolek a vytvoření vlastního funkčního 3D modelu pomocí programu Inventor Professional 10, včetně prezentace celku a jednotlivých částí řízenou vazbou a rozpadem. Součástí projektu je také výkresová dokumentace vybraných dílů.

## **OBSAH:**

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Historie</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Rozdělení ATV</b> .....	<b>9</b>
3.1	Podle využití: .....	9
3.1.1	Sportovní .....	9
3.1.2	Užitkové .....	10
3.2	Podle zdvihového objemu: .....	12
3.2.1	Do 50 ccm .....	12
3.2.2	Do 150 ccm .....	13
3.2.3	Do 250 ccm .....	14
3.2.4	Do 400 ccm .....	15
3.2.5	Do 700 ccm .....	16
<b>4</b>	<b>Části konstrukce</b> .....	<b>17</b>
4.1	Rám .....	17
4.2	Nápravy .....	18
4.3	Řízení .....	20
4.4	Tlumiče .....	22
4.5	Brzdy .....	24
4.6	Pohon.....	26
4.7	Výfukový systém .....	27
<b>5</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Použitá literatura</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Seznam příloh</b> .....	<b>31</b>

## 1 Úvod

Mezi českou veřejností jsou tyto stroje známy převážně pod označením terénní čtyřkolky. Lidé, kteří se v tomto odvětví pohybují, však používají převážně



**Obr.1 , Kawasaki KFX 400**

označení Quad nebo ATV. Termín ATV (All terrain vehicle) je používán pro popis jednoho z mnoha malých nekapotovaných vozidel určených pro terénní provoz. Nicméně Americká standardizační organizace ANSI

(American National Standards Institute) definuje ATV jako vozidlo pohybující se po nízkotlakých pneumatikách s jezdcem sedícím obkročmo na sedadle uprostřed, a řízené pomocí řídítek jako na motocyklu. Označení Quad nebo ATV se používá převážně ve Spojených Státech a Kanadě. V ostatních anglicky mluvících zemích se také používá označení "Quad bikes" (Quad motocykly) nebo "Quad cycles" (quad kola). Modely s třemi koly jsou označovány jako ATC (obchodní značka Hondy), "Three wheelers" (tříkolky) a méně používané "All terrain cycles" a "Trikes".



**Obr.2 , ArgoATV**

Pro speciální použití byly vyvinuty i 6-ti a 8-mi kolové varianty. Tyto verze mají často malou ložnou plochu, ležící na dvojité zadní nápravě pro zvýšení nosnosti. Mohou být poháněny buď jen čtyři zadní nebo všechna kola. Tyto vozidla umí plavat, a jsou navržena aby projela jak záplavou tak po suché horké poušti. Za ATV mohou být také považovány "OHV" (Off Highway Vehicles) nebo "ORV" (Off Road Vehicles) spolu s motocykly, džípy a ostatními terénními stroji.

Velikost motorizace ATV v současné době v prodeji se pohybuje od 50 do 800 ccm.



## 2 Historie

První ATV se objevuje v 50. letech minulého století. Tyto první modely mají 6 kol namísto současných čtyřech. V roce 1970 Honda vyvíjí první tříkolový model, který si zahrál ve filmu o Jamesi Bondovi "Nekonečné Diamanty" (Obr.3). Byly pod označením US90 nebo ATC90 a vyvinuty pouze



**Obr.3 , Honda US90**

pro rekreační využití, používaly rozměrné balónové pneumatiky místo

mechanického odpružení, od čehož se v průběhu osmdesátých let upustilo. V roce

1982 Honda představuje model ATC200E Big Red, jež se stal pro svou schopnost projet takřka kdekoliv oblíbeným mezi Americkými a Kanadskými lovci. Ostatní výrobci brzy nato vyvinuli své vlastní modely. Honda vyvíjí také sportovní



**Obr.4 , Honda TRX 350 4x4**

modely, které jsou prodejně úspěšné a chráněné účinnými patenty. 1981 ATC250R je plně odpružený, 250ccm dvoutakt, 5-ti stupňová převodovka, manuální spojka a kotoučovou přední brzdou.

Suzuki byl vedoucí koncern ve vývoji 4-kolových ATV. Svůj první model představuje v roce 1983, Quadrunner LT125 určený pro začátečníky k rekreačním účelům (Obr.5). V roce 1985 Suzuki představuje plně závodní



**Obr.5 , Suzuki QuadRunner LT125**



**Obr.6 , Suzuki LT 250R**

LT250R Quad Racer s vodou chlazeným dvoutaktem, s manuální pěti, a později šestistupňovou převodovkou vyráběný až do roku 1992 (Obr.6). Odpovědí je o rok později Honda FourTraxTRX250R a Kawasaki Tecate-4 250. Yamaha představuje odlišný typ, vysokovýkonný Banshee 350 s vodou

chlazeným dvoutaktním dvouválcem ze silničního motocyklu. Těžké a obtížně říditelné na špatném povrchu stává se Banshee velmi populární pro jízdu na pouštních dunách díky svému výkonu. Vývoj ATV šel velmi rychle kupředu, po vzoru Hondy FourTrax TRX350 4x4 všichni výrobci urychleně vyvinuli pohon všech kol pro své ATV. 4x4 se stal



**Obr.7 , Bombardier Traxter XI** nejpopulárnější uspořádání pohonu ATV, zejména pro lovce, farmáře, rančery atd. Problémy s bezpečností 3 kolových verzí ATV donutily přejít všechny výrobce na výrobu 4 kolových ATV na konci 80. let a jejich výroba byla ukončena v roce 1987 díky rozhodnutí komise pro bezpečnost uživatelů (CPSC). 3 kolové ATV byly oblíbené u zkušených jezdců pro svou lehkou konstrukci a větší zábavnost při průjezdu zatáčkou. Pokud se však nedává pozor hrozí nebezpečí převrácení. Stejně jako při stoupání do strmých kopců kdy se lehký předek snadno zvedá. Zákaz byl v roce 1997 zrušen, aby mohli výrobci opět začít 3 kolové ATV vyrábět, ty jsou však v dnešní době velmi vzácné.



**Obr.8 , Yamaha YFZ 450**

### 3 Rozdělení ATV

#### 3.1 Podle využití:

##### 3.1.1 Sportovní

Sportovní čtyřkolky se vyznačují svou nízkou hmotností a silným motorem, který umožňuje rychle akcelarovat na rychlosti daleko přes 100 km/h. Tyto čtyřkolky obvykle disponují výbornými jízdními vlastnostmi, za které vděčí perfektně zpracovanému podvozku a snadnému, ale preciznímu ovládní.



**Obr.9 , Yamaha YFZ 350 B**

Sportovní čtyřkolky jsou většinou cenově dostupnější než srovnatelné

čtyřkolky užitkové. Sportovní stroje jsou však určeny především k volnočasovému využití v přírodě, kam můžete vyrazit na vyjíždku do lesa, nebo si zaskákat na terénních nerovnostech. Pro více adrenalinové řidiče jsou určitě větším lákadlem závodní tratě, kde si mohou vyzkoušet nejenom schopnosti svého



**Obr.10 , Suzuki LT-Z 400**

stroje, ale i ty své v plné míře. K záporům sportovních strojů patří absence ložných ploch a tažného zařízení, což znemožňuje jakékoli jiné využití než rekreační či sportovní. Příkladné nosiče mají ve většině případů pouze minimální nosnost a malé rozměry. K hlavním a nejpodstatnějším nevýhodám však patří u sportovních strojů nemožnost oficiálního získání registrační značky a tím i využití na silnici.



**Obr.11, Kawasaki KFX700**

### 3.1.2 Užitékové

Užitekové čtyřkolky nabízí svému majiteli mnoho výhod a možností využití. Tyto stroje se vyznačují oproti sportovním čtyřkolkám vyšší hmotností, což se projeví zejména v maximální dosahované rychlosti, horší ovladatelnosti a manipulací s tímto strojem.



**Obr.12 , Yamaha Grizzly 660**

Avšak umožní svému majiteli odvézt či odtáhnout téměř jakýkoli náklad. V základní výbavě všech lepších strojů jsou dostatečně dimenzované nosiče a



**Obr.13 , Kawasaki KLF 300**

ložné plochy a standardně tažné zařízení pro připojení vozíku či jiného zařízení ze široké nabídky. K těmto strojům můžete bez problému připojit sněžný pluh či zahradní sekačku. Avšak i s užítkovými stroji můžete zažít mnoho adrenalinu, protože tyto stroje jsou vybaveny neméně kvalitními motory a svou konstrukcí umožňují uspokojení i sportovních požadavků svého majitele. Na silnici jsou schopny užítkové stroje dosahovat rychlostí okolo 80 km/h. Doménou těchto čtyřkolek jsou však spíše pomalé trialové tratě a těžké terény, kde i přes zhoršené ovládání a vyšší hmotnost stroje jasně dominují. Jejich převaha spočívá především v možnosti aktivního přepnutí pohonu ze 2 na všechna 4 kola, které

ložné plochy a standardně tažné zařízení pro připojení vozíku či jiného zařízení ze široké nabídky. K těmto strojům můžete bez problému připojit sněžný pluh či zahradní sekačku. Avšak i s užítkovými stroji můžete zažít mnoho adrenalinu, protože tyto stroje



**Obr. 14 , Polaris FJ 6x6**

zajišťuje velice dobrou prostupnost i tím nejtěžším terénem a hlavně možnost využití nejen ložných ploch, ale i tažného zařízení. Tyto stroje jsou zároveň ve většině případu homologované, což umožňuje jejich registraci a používání i na silnici.

Existují také 6-ti a 8-mi kolové verze, zvané AATV. 6-ti kolové verze mají často malou ložnou plochu, ležící na dvojitě zadní nápravě pro zvýšení nosnosti.

### 3.2 Podle zdvihového objemu:

#### 3.2.1 Do 50 ccm

Čtyřkolky o obsahu motoru do 50 ccm jsou považovány vyloženě za dětské. Jsou určeny pro děti od 4 let a proto i konstrukce je velice jednoduchá a uzpůsobena potřebám malých dětí s ohledem na jejich bezpečnost. V této kategorii jsou převážně stroje svou



**Obr.15 , Quadrino 50**

konstrukcí řadí se ke sportovním, ale nechybí ani stroje svým designem užitkové. Maximální rychlost je okolo 30 km/h a je regulovatelná. Motory jsou vybaveny automatickou spojkou. Mají buď elektrický nebo manuální startér a možnost dálkového vypnutí jak motoru, tak i startéru v případě potřeby.

Možnost nastavení jednotlivých partií podvozku je u těchto strojů minimální. O brzdění se stará jedna kotoučová brzda umístěná na zadní, centrálně odpružené nápravě. Dětské čtyřkolky jsou stavěny pro jízdu na loukách, polích, polních cestách, ale i lehčích trialových traťích. Cena těchto dětských čtyřkolek se pohybuje od 9 do 20 tisíc Kč.



**Obr.16 , Mambo JP50**

### 3.2.2 Do 150 ccm

Čtyřkolky o obsahu do 150 ccm jsou považovány stále hlavně za dětské, ale radost udělají i dospělým. V případě dětí jsou určeny již pro větší a zkušenější. Čtyřkolky o tomto objemu se svou konstrukcí řadí převážně mezi stroje sportovní, užitkové stroje jsou výjimkami. Nosnost těchto čtyřkolek se pohybuje okolo 140 Kg, což je dostatečné i

pro dospělé. Ve většině případů nemají potřebnou homologaci, osvětlení, blinkly atd, což neumožňuje jejich využití v běžném provozu na pozemních komunikacích. Maximální rychlost se pohybuje okolo 60 Km/h. Tyto stroje jsou



**Obr.17 , Mambo JP 150**



**Obr.18 , Yamaha 125**

této kategorii se pohybují cenově v rozmezí zhruba od 20 do 120 tisíc Kč.

vybaveny plně automatickými převodovkami. Konstrukce je opět velice jednoduchá, ale s ohledem na vyšší požadavky patřičně uzpůsobena k větší zátěži. Čtyřkolky už jsou vybaveny nejen zadní centrální brzdou jako u strojů do 50 ccm, ale i přední, většinou bubnovou brzdou. Čtyřkolky v

### 3.2.3 Do 250 ccm

Svou konstrukcí se řadí spíše mezi sportovní, což odpovídá jejich volnočasovému využití, ale dají se najít i stroje užitkové. Čtyřkolky o obsahu motoru do 250 ccm jsou ideální pro volný čas a hobby. Jsou určeny pro dospělé řidiče nebo velmi zkušené děti. Ovladatelnost je velice dobrá a nespornou výhodou jsou jejich

minimální nároky na údržbu. Při konstrukci těchto strojů jsou používány kvalitní materiály, z čehož vychází pevná konstrukce. Mezi tyto čtyřkolky patří stroje jak bez homologace, ale už i s homologací, což znamená možnost získat technický průkaz a využívat tyto stroje i v běžném provozu. Homologace a přihlášení stojí nemalé finanční prostředky, což se projevuje v cenách čtyřkolek, které jsou cenově náročnější. V této kategorii je u čtyřkolek



**Obr.20, Yamaha YFS 200R**

standardem 4-stupňová, manuálně řazená převodovka se zpátečkou a kvalitní, vzduchem chlazený motor s elektrickým startérem. Možnost nastavení podvozku pro agresivnější jízdu je velice snadná pomocí stavitelných tlumičů, rovněž je možné nastavit si agresivitu brzdové soustavy. Součástí výbavy jsou směrová světla, přední, halogenové světlo a zadní koncové světlo. Další součástí je digitální rychloměr umístěný mezi řídítky. Cenově se tyto čtyřkolky pohybují od 60 do 120 tisíc Kč.



**Obr.19, Kawasaki KFX250**

Možnost nastavení podvozku pro agresivnější jízdu je velice snadná pomocí stavitelných tlumičů, rovněž je možné nastavit si agresivitu brzdové soustavy. Součástí výbavy jsou



### 3.2.4 Do 400 ccm

Čtyřkolky o obsahu do 400 ccm jsou určeny převážně pro dospělé jezdce. Všechny čtyřkolky v této kategorii jsou vybaveny technickým průkazem. Z hlediska konstrukce jsou zde zastoupeny rovnoměrně jak sportovní tak i užitkové čtyřkolky. Srdcem těchto strojů jsou čtyřtákní, vodou chlazené motory, které přenáší svůj kroutící moment přes automatické nebo manuálně řazené, 4-stupňové převodovky na zadní nápravu pomocí jednořadého řetězu.



**Obr.21, Kawasaki KFX 400**



**Obr.22 , Polaris TB 330**

Dosahované rychlosti jsou přes 100 Km/h. O brzdění se stará centrální zadní hydraulická kotoučová brzda a přední bubnové nebo kotoučové brzdy. Cenově se tyto čtyřkolky pohybují až k částkám těsně pod 200 tisíc Kč.

### 3.2.5 Do 700 ccm

Čtyřkolky s obsahem do 700 ccm obsahují širokou škálu strojů. V této kategorii nalezneme velice kvalitní stroje určené pro práci a jízdu v nejtěžším terénu, ale i špičkové závodní stroje. Naprostou špičkou v této kategorii jsou značky Yamaha a Kawasaki. Co

se týče konstrukce jsou zde zastoupeny jak sportovní tak i neméně kvalitní užitkové stroje. Všechny užitkové stroje jsou homologované a tudíž je lze využívat k provozu na běžných pozemních komunikacích. Stroje se vyznačují vysokou světlou výškou, což zvyšuje jejich průchodnost terénem. Pohon je řešený s možností přepnutí buď pouze na zadní náhon nebo na všechna kola. Pohon je v některých případech řešený nikoli jako obvykle řetězem, ale pomocí Karbanu a to především u užitkových čtyřkolek. Motory disponují



**Obr. 23, Yamaha YFM660**



**Obr.24, Kawasaki KFX700**

vysokým točivým momentem až okolo 60 N.m a jsou vodou chlazené. Užitkové stroje v této třídě jsou naprostou špičkou ve využití v práci. Cenově se tyto stroje pohybují na hranici 300 000 tisíc Kč, což je ovšem cena za ty nejlepší. Momentálně se na špičce řadí Yamaha YFM 660 Grizzly (Obr.23).

## 4 Části konstrukce

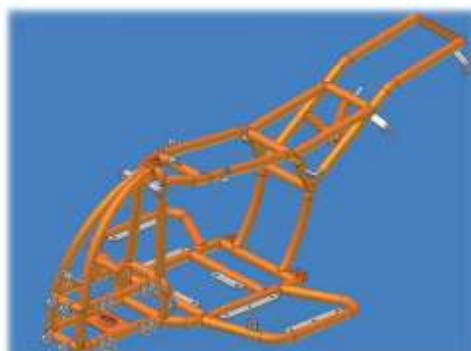
### 4.1 Rám

Rám tvoří hlavní nosný prvek celé konstrukce čtyřkolky. Musí splňovat mnoho konstrukčních vlastností, zejména nízkou hmotnost, vysokou torzní tuhost, musí umožňovat a podporovat zástavbu všech funkčních prvků a součástí s ohledem na co nejlepší vyvážení a co nejnižší



**Obr.25 , Hliníkový rám**

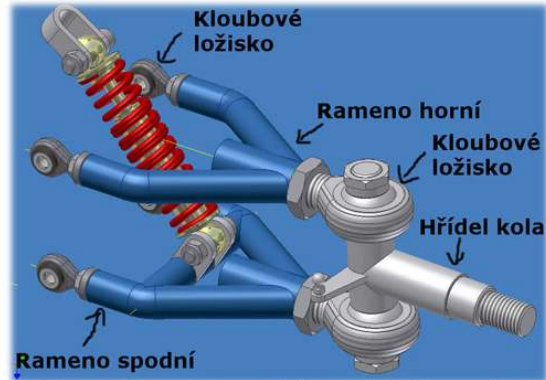
položené těžiště, což v konečném výsledku umožní snadné ovládání čtyřkolky a její stabilitu. Další z vlastností, které musí rám splňovat je z oblasti bezpečnosti. V případě špatného konstrukčního řešení může docházet k nadměrnému namáhání určitých rizikových partií, což může vést k prasknutí rámu a případnému zranění. Zejména u sportovních strojů se klade velký důraz na design rámu, protože i tato část do značné míry ovlivňuje celkový



**Obr.26 , Ocelový rám**

vzhled produktu. Nejčastěji jsou rámy tvořeny trubkovými a profilovými svařenci. U dětských a obecně levnějších čtyřkolek jsou rámy z ocelových, tenkostěnných trubek nebo profilů, naopak u špičkových strojů kde se klade velký důraz na hmotnost se používají slitiny hliníku. Pro svou čtyřkolku jsem vzhledem k tomu, že se jedná o dětskou čtyřkolku s menšími nároky na hmotnost zvolil tenkostěnné ocelové trubky. Pro uchycení ramen, motoru, kapotáže a jiných potřebných prvků byly na rám přivařeny potřebné úchyty.

## 4.2 Nápravy

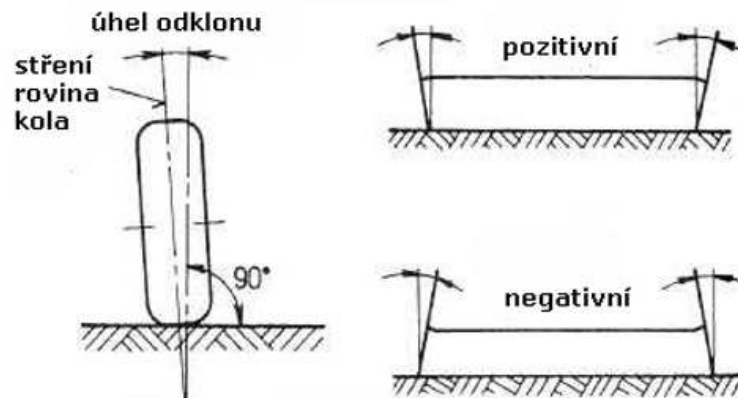


**Obr.27, Trojúhelníkové ramena**



**Obr.28 McPherson**

Konstrukční řešení předních náprav může být provedeno mnoha způsoby. Ramena spojují rám čtyřkolky s hřídelí kola a konají výkyvný pohyb při kopírování terénu. U automobilů je v dnešní době nejvíce využíván systém McPherson, ale u čtyřkolek toto řešení není tak obvyklé. Systém McPherson je založen na systému kdy spodní rameno je buď lichoběžníkové nebo trojúhelníkové a horní prvek je přímo tlumič, který je přes



**Obr.29 , Odklon**

excentrický šroub, pomocí něhož jsme schopni nastavovat odklon kola, připevněn k těhlici kola (Obr.28). V dnešní době je u čtyřkolek nejvíce

používán systém dvou nad sebou umístěných trojúhelníkových ramen, jimiž prochází tlumič ke spodnímu rameni, kde je připevněn (Obr.27). Toto řešení se vyznačuje svojí jednoduchostí a širokou možností nastavování geometrie, což se odvíjí od zvoleného systému uchycení ramen k rámu.

Vyšroubováním nebo zašroubováním horního kloubového ložiska jsme schopni



**Obr.30  
Příklon**

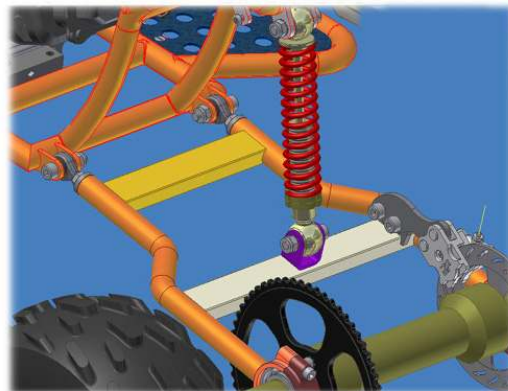
čepu a svislou osou vozidla (Obr.31). Záklon se stejně jako příklon měří ve stupních, a to při oboustranném natočení kol o 20°. Příklon a záklon řejdového čepu spolu s odklonem zvyšuje směrovou stabilitu, snižuje potřebnou ovládací sílu a napomáhá vracení kol do přímého směru.

nastavovat odklon kola (Obr.29), ale zároveň i úhel příklonu řejdového čepu (Obr.30). Odklon může být negativní (záporný odklon) nebo pozitivní (kladný odklon) viz Obr.29. Vzhledem k použití kloubových ložisek jsme schopni v určité míře nastavit i záklon řejdového čepu a to vyšroubováním nebo zašroubováním kloubových ložisek u rámu čtyřkolky (Obr.27). Záklon řejdového čepu je úhel



**Obr.31, Záklon**

Nápravu zadní jsem řešil jako trubkový svařenec s centrálním odpružením

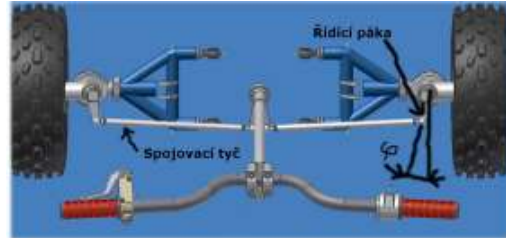


**Obr.32 , Zadní náprava**

pomocí hydraulického stavitelného tlumiče (Obr.32). U větších strojů se dá najít i samostatné zavěšení každého kola, ale pouze u čtyřkolek poháněných karbanem. Vždy jde o stroje užitkové. K rámu je zadní náprava přichycena pomocí kloubových ložisek umožňujících kyvný pohyb nápravy.

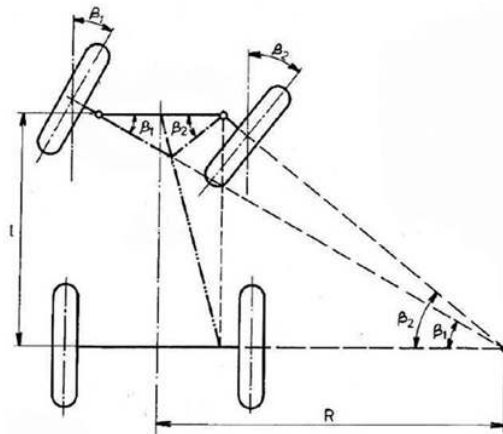
### 4.3 Řízení

Řízení slouží k udržování nebo ke změně směru jízdy. Používá se tzv. lichoběžníkové řízení viz Obr.33. Každé kolo téže nápravy, vnitřní i vnější, se v zatáčce pohybuje po různě dlouhé dráze, dané různým poloměrem zatáčky. Konstrukční řešení lichoběžníků umožňuje při jízdě v



**Obr.33 , Schéma řízení**

zatáčce různé natočení protilehlých kol přední nápravy. Největší vliv na to má délka řídicích pák(Obr.35) a úhel, o který jsou natočeny vůči neutrální ose(Obr.33-úhel  $\varphi$ )



**Obr.34 , Geometrie náprav**

jenom bodě, jak je znázorněno na Obr.34 Úhel natočení vnitřního kola (Obr.34-úhel  $\beta_2$ ) musí být větší, než úhel natočení vnějšího kola (Obr.34-úhel

$\beta_1$ ), jinak by docházelo k nadměrnému smýkání jednoho z kol při průjezdu zatáčkou. Úhel se různým natočením řízení stále mění, avšak musí mít stejnou hodnotu při stejném natočení vlevo i vpravo. Nejčastější příčinou chybného rozdílu těchto úhlů je neodborné seřizování sbíhavosti změnou délky pouze jedné spojovací tyče. Tím se

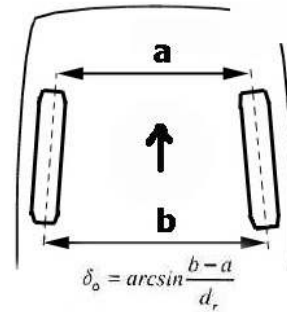
zatáčce různé natočení protilehlých kol přední nápravy. Největší vliv na to má délka řídicích pák(Obr.35) a úhel, o který jsou natočeny vůči neutrální ose(Obr.33-úhel  $\varphi$ )

Theoreticky při prodloužení os předních kol by mělo dojít k protnutí na prodloužené ose zadní nápravy v



**Obr. 35 , Řídící páka**

nejenom změni poloha volantu při jízdě přímo, ale hlavně dochází k porušení řídicího lichoběžníku a ke smýkání kol v zatáčkách. Délkou spojovacích tyčí se taky nastavuje sbíhavost kol (Obr.36). O sbíhavosti mluvíme, pokud je vzdálenost (a) menší než vzdálenost (b), zobrazené na Obr.4. V případě, že (a) je větší než (b), pak jde o rozbíhavost. Optimální sbíhavost přispívá ke stabilitě při jízdě přímo a vymezuje vůli v řízení, která by mohla způsobit kmitání kol. Sbíhavost se měří ve stupních na krajích ráfku před a za kolem ve směru jízdy. Při brzdění dochází ke stlačování kol k sobě a ke zvětšování sbíhavosti.

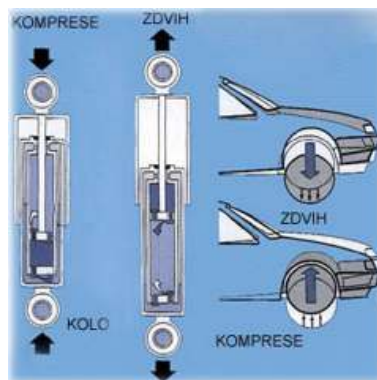


**Obr.36 , Sbíhavost**

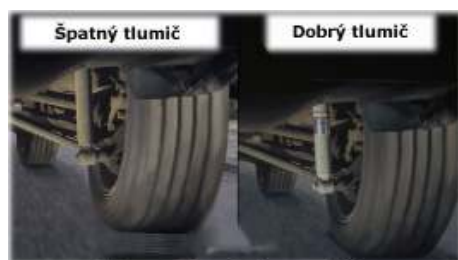
Řízení je v sestavě zajištěno pomocí úhlové vazby a to u součásti pod označením kostka\_řízení-horní:2 vazbou řídicí.úhly řízení.

#### 4.4 Tlumiče

Tlumiče pérování jsou důležitým prvkem bezpečnosti vozidla. Kvalitní tlumiče minimalizují dobu, kdy po přejetí nerovnosti kolo ztrácí kontakt s vozovkou a vůz se stává méně nebo zcela neovladatelným (Obr.38). Kontakt kola s vozovkou je důležitý především ve chvílích, kdy musíme neočekávaně reagovat na nastalou situaci na vozovce před námi. Tlumiče pérování nenesou hmotnost vozidla, ale jejich hlavním



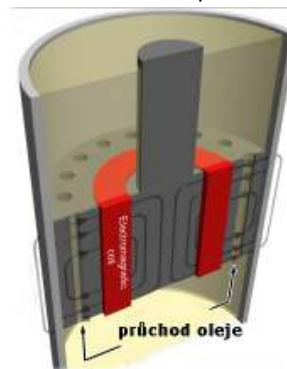
**Obr. 37 , Funkce tlumičů**



**Obr.38 , Tlumiče**

úkolem je minimalizovat kmitání způsobené pružinami při přejezdění nerovností a snížit naklánění vozidla při rozjezdu a brzdění (Obr.37). Účinnost tlumičů se snižuje velice pozvolna a proto je těžko rozpoznatelná bez použití přístrojů. Vozidlo se špatnými tlumiči má delší dráhu potřebnou k zastavení a vozidlo špatně drží stopu při projíždění zatáček. Tato dráha se ještě zvyšuje na kluzkém nebo obecně zhoršeném povrchu. Opatření je velice nebezpečné a proto je třeba tlumiče pravidelně

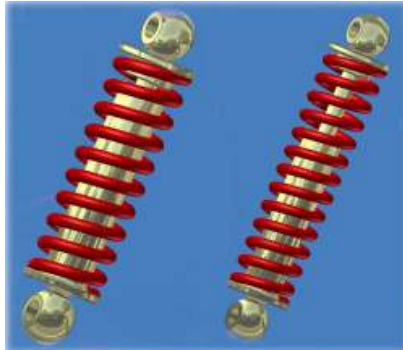
podrobovat kontrole a v případě zvýšeného opotřebení vyměnit. Kromě bezpečnosti ovlivňují tlumiče také pohodlí při jízdě a jízdní komfort. Fungují na principu olejových pump. Skládají se z pístní tyče, na jejímž konci je připevněn píst, který pracuje v prostředí hydraulické kapaliny v pracovní komoře. Píst má v sobě drobné otvory, přes které při pohybu pístu nahoru nebo dolů protéká kapalina a tím mírní kmitání způsobené pružinami (Obr.39).



**Obr.39 , Pístek**

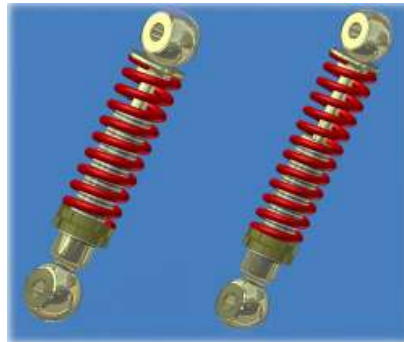


Při tomto proudění vzniká hydraulický odpor. Tlumení je tím účinnější, čím jsou otvory v pístu menší a hydraulický odpor větší. Tlumiče mohou být čistě hydraulické nebo jedno či dvouplášťové plynokapalinové. U plynokapalinových tlumičů se zvyšuje hydraulický odpor nejen otvory v pístu ale plynem, který je v prostoru pod pístem. Pro svou čtyřkolku jsem vzhledem k malému zatížení a snaze minimalizovat náklady



**Obr.40 , Přední tlumič**

zvolil hydraulické tlumiče, které na přední nápravě nemají možnost nastavení tuhosti (Obr.40). Na zadní, centrálně odpružené nápravě je použit hydraulický tlumič s možností nastavení tuhosti odpružení (Obr.41). Toto nastavení se provádí pomocí stavěcích matic, jejímž vyšroubováním po těle tlumiče dosáhneme vyšší tuhosti.

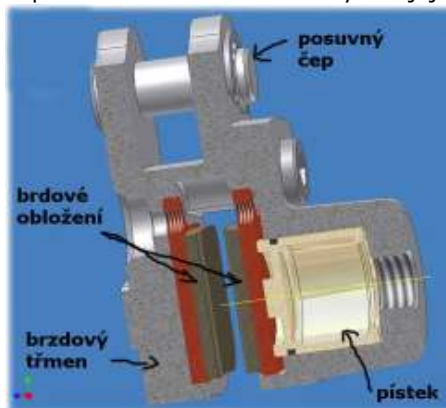


**Obr. 41 , Zadní tlumič**

Pohyb tlumičů je zajištěn pomocí pohybové vazby. V sestavě samotného předního tlumiče (tlumič-přední-T1.iam) je umístěna u součásti doraz-T1:1 pod názvem řídící. U zadního tlumiče (tlumič-zadní-T2.iam) je umístěna u součásti stavěcí doraz-T2:1 pod názvem řídící-pohyb tlumiče. V sestavě cele čtyřkolky 4kolka.iam je pohyb tlumičů zajištěn pomocí úhlové vazby a to u součásti pod označením rameno:1 řídící-pohyb nápravy.

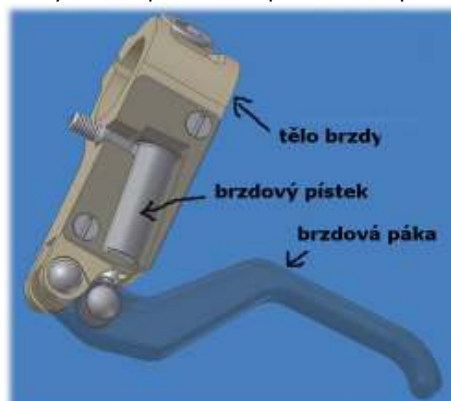
## 4.5 Brzdy

Brzdy jsou nejdůležitějším prvkem bezpečnosti vozidel. Požadavky na jejich kvalitu a výkon jsou vysoké. V současné době se vyžaduje použití třecích materiálů s maximálním brzdícím účinkem. Ve srovnání požadavků na výkon motoru a brzd jsou požadavky na brzdy až 3 násobně větší. Čím jsou čtyřkolky výkonnější, tím je potřeba větších brzdících účinků k jejich zastavení. Proto jsou pro dětské čtyřkolky naprosto dostačující mechanické



**Obr.42 , Brzda**

brzdy. Pro výkonnější stroje se používají hydraulické, nejčastěji kotoučové brzdy. Na přední nápravě se především u užitkových čtyřkolek často



**Obr.43 , Ovládání brzdy**

jsem zvolil pouze zadní, centrální hydraulickou brzdou s plovoucím třmenem (Obr.42). Kotouč je pevně přišroubován na osazení zadní hřídele pomocí čtyř šroubů (Obr.44). Při zmáčknutí brzdové páky dojde ke stlačení brzdového pístu, který je ukrytý v těle brzdy na řídkách (Obr.43). Ten

setkáváme s brzdami bubnovými. Nároky na spolehlivost, životnost a brzdící účinek se stále zvyšují. Brzdy podléhají přísným evropským normám a i v zájmu jejich výrobců je stále zdokonalovat jejich vlastnosti což vede ke spokojenosti jejich zákazníků. Pro svou čtyřkolku



**Obr.44, Brzdový kotouč**

vyvodí tlak v kapalině, která začne vysouvat pístek z třmenu a tím přitlačovat brzdové obložení k třecí ploše brzdového kotouče. Po kontaktu obložení s kotoučem se začne přitahovat druhá strana brzdového třmenu ke kotouči a po přitlačení i druhého brzdového obložení začne brzda svírat kotouč z obou stran a brzdit (Obr.42).

#### 4.6 Pohon

Pohon je u většiny čtyřkolek a stejně tak i u mé zajištěn pomocí řetězového převodu, který je napočítán na požadovanou dosahovanou rychlost čtyřkolky (Obr.45). Přenos kroutícího momentu od motoru je zajištěn pomocí jednořadého řetězu, který z hnacího řetězového kola umístěného u motoru, přenáší výkon na hnané řetězové kolo umístěné na zadní, centrálně odpružené



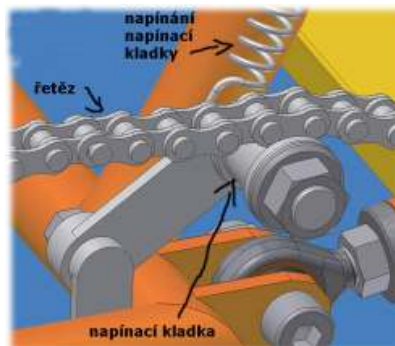
**Obr.45 , Pohon**



**Obr.46 , Řetězové kola**

způsobenou právě kopírováním terénu. Toto se řeší použitím napínací kladky, která zajistí aby byl řetěz stále nepnutý (Obr.3). Napínání napínací kladky je zajištěno pomocí pružiny připevněné k napínací kladce a rámu. Podle zvolené tuhosti pružiny jsme schopni regulovat jak hodně bude řetěz napnutý.

nápravě (Obr.46). Protože osa kyvu zadní nápravy není shodná s osou motoru a dochází při kopírování terénu k napínání a povolování řetězu. Řetěz musí být delší než by teoreticky měl být, aby dokázal vyrovnat potřebu prodloužení a zkrácení



**Obr.47 , Napínací kladka**

## 4.7 Výfukový systém

Výfuk slouží k odvodu spalin o vysoké teplotě a tlaku z pracovního prostoru



**Obr.48 , Výfuk**

motoru, kde je spalována směs paliva a vzduchu a také k podstatnému snížení hluku motoru (Obr.48). Při spalování paliva nikdy nedojde k

dokonalému spálení a proto je ve výfukovém potrubí nainstalován katalyzátor (Obr.49), který zajišťuje dodatečné spálení těchto splodin, což umožňuje dodržení přísných emisních norem převážně u dvoudobých motorů a hlavně u strojů u kterých je homologace. Běžný výfuk se skládá ze systému trubek, jimiž jsou vedeny spálené plyny například přes turbodmychadlo, jehož hlavním úkolem je zvýšení výkonu, dále katalyzátor a rezonátor nebo tlumič pro snížení hlučnosti. Z motoru vychází výfukové svody. U svodů je velký prostor pro efektivní ladění, protože ve výrobě jsou navrhovány s ohledem na minimální spotřebu materiálu.

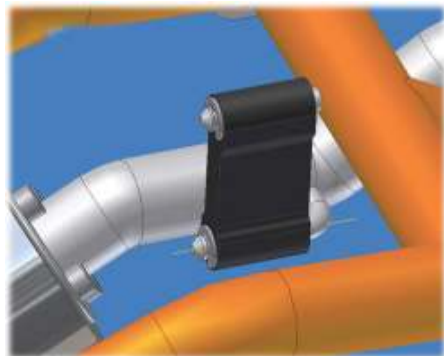


**Obr.49 , Katalyzátor**

Běžný katalyzátor se nazývá trojcestný, což znamená, že způsobuje tři procesy. V prvním procesu probíhá redukce oxidu dusného na kyslík a dusík, ve druhé fázi probíhá oxidace oxidu uhelnatého na oxid uhličitý a ve třetí fázi nastává oxidace nespálených uhlovodíků na oxid uhličitý a vodu. Katalyzátor

vypadá na řezu jako stočená lepenka viz Obr.49.

Životnost katalyzátoru se pohybuje od 80 do 150 tisíc Km. Tato doba je však závislá na způsobu jízdy. Rovněž není dobré u strojů s katalyzátorem startovat roztlačováním, protože se dostane nespálené palivo do katalyzátoru kde shoří a spálí tak i samotný katalyzátor. Pro svou čtyřkolku jsem nepoužil katalyzátor, protože dnes používané čtyřdobé motory nemají problém dodržet emisní normy a proto se u menších čtyřkolek s katalyzátorem



nesetkáme. Jedním z dalších důvodů je určitě i fakt, že se jedná o čtyřkolku bez homologace a tudíž i vzhledem k výrobním nákladům nebyl použit. Katalyzátor se používá u větších, hlavně užitkových čtyřkolek. Tlumič výfuku se skládá z trubek a přepážek kde dochází k útlumu zvuku. Ve válci ze stočeného

**Obr.50, Odpružení výfuku** plechu je prostředkem vedena děrovaná trubka. Prostor mezi pláštěm tlumiče a děrovanou průchozí trubkou je vyplněno většinou skelnou vatou nebo jiným tlumícím médiem, který při průchodu spalin vstřebává hluk do sebe. Špatný stav výfukového potrubí, hlavně rezavý vnitřní prostor nebo protržení, má za následek zvýšení hlučnosti, spotřeby paliva a špatnou funkci motoru. Výfuk je kvůli svému kmitání upevňován nejčastěji pomocí pružných spojek, které tlumí tyto vibrace (Obr.50).

## **5 Závěr**

Byl vytvořen funkční model Terénní čtyřkolky v 3D prostředí. Byly vyřešeny tvary jednotlivých dílů celé čtyřkolky a funkčně zavazeny. Pomocí řídicích vazeb v programu Inventor Professional 10 bylo možno řešit pohybující se díly a odstranit případné kolize.

## 6 Použitá literatura

Strojnické tabulky, Pavel Vávra a kol., Praha 1983

[http://en.wikipedia.org/wiki/All-terrain\\_vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/All-terrain_vehicle)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quad#Technik>

<http://www.quad.cz/clanky/vybrat.htm>

<http://www.quad-atv.cz/?p=productsList&iCategory=31>

<http://mambo-jp.cz/home>

<http://www.ctyrkolky-atv.cz/>

<http://www.samuraj.cz/clanek/473--ctyrkolky---vozidla-pro-male-i-velke.html>

[http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/fau/geometrie\\_naprav.htm](http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/fau/geometrie_naprav.htm)

[http://auto.howstuffworks.com/framed.htm?parent=car-](http://auto.howstuffworks.com/framed.htm?parent=car-suspension.htm&url=http://www.chris-longhurst.com/carbibles/index.html?menu.html&suspension_bible.html)

[suspension.htm&url=http://www.chris-](http://www.chris-longhurst.com/carbibles/index.html?menu.html&suspension_bible.html)

[longhurst.com/carbibles/index.html?menu.html&suspension\\_bible.html](http://www.chris-longhurst.com/carbibles/index.html?menu.html&suspension_bible.html)

[http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/motor\\_vehicle/wheel\\_alignment.htm](http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/motor_vehicle/wheel_alignment.htm)

<http://www.tlumicemonroe.cz/index.php?loc=uvod>

<http://www.mjauto.cz/tlumice.htm>

<http://www.spei.cz/cs/produkty/dily/tlumice-perovani.ep/>

[http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/motor\\_vehicle/shock\\_absorber.htm](http://www.ite.fme.vutbr.cz/opory/motor_vehicle/shock_absorber.htm)

<http://auto.howstuffworks.com/disc-brake1.htm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Brakes>

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1\\_brzda](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1_brzda)

<http://www.mjauto.cz/katalyzator.htm>

<http://www.mjauto.cz/exhaust.htm>



## **7 Seznam příloh**

Výrobní výkres zadní hřídele (DMP-4B-01.01)

Výrobní výkres brzdového kotouče (DMP-4B-01.02)

CD s kompletní prací



**Středoškolská technika 2007**  
Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

## **NÁVRH ZÁVODNÍ MOTOKÁRY**

**Tomáš Škývara**

Vyšší odborná škola,  
střední odborná škola a střední odborné učiliště  
Kopřivnice, příspěvková organizace



## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil jsem literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů informací.“

V Kopřivnici, dne 26. března 2007

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Janu Kalocsányimu, jako vedoucímu mé práce, za vstřícný přístup, trpělivost a cenné rady při tvoření této maturitní práce. Dále bych rád poděkoval mému otci, za mnoho rad a podporu v průběhu celé tvorby práce, panu Liborovi Kahánkovi a mému dědovi za cenné rady a konzultace.

## **Anotace**

Účelem této práce bylo vytvořit 3D model závodní motokáry v programu Autodesk Inventor 10 s animacemi základních funkcí. Zpracovat dílčí konstrukční řešení jednotlivých skupin a navrhnout jejich řešení. Součástí zprávy je rozdělení motokár do jednotlivých tříd dle objemu motoru a stručná historie vývoje motokárových závodů v Evropě.

## OBSAH

<b>1 ÚVOD, HISTORIE .....</b>	<b>6</b>
<b>2 ROZDĚLENÍ DO KATEGORIÍ .....</b>	<b>7</b>
2.1 DĚTSKÉ MOTOKÁRY .....	7
2.2 SPORTOVNÍ MOTOKÁRY .....	7
2.3 ZÁVODNÍ MOTOKÁRY (RACING) .....	8
<b>3 KONSTRUKCE .....</b>	<b>9</b>
3.1 RÁM .....	9
3.1.1 Uchycení zadní nápravy .....	9
3.1.2 Uchycení přední nápravy .....	10
3.1.3 Připevnění pohonné jednotky .....	10
3.1.4 Úchyt pro připevnění tyče volantu .....	11
3.1.5 Umístění a uchycení sedadla k rámu .....	11
3.1.6 Přichycení nárazníků, podlahy a plastových krytů .....	12
3.2 ŘÍZENÍ .....	13
3.2.1 Princip zatáčení .....	13
3.2.2 Nastavování geometrie přední nápravy .....	14
3.2.3 Sbíhavost .....	14
3.2.4 Rameno řízení .....	15
3.3 PŘEDNÍ KOLO, KONSTRUKCE ULOŽENÍ NÁBOJE .....	15
3.4 ZADNÍ NÁPRAVA .....	16
3.4.1 Uchycení zadní hřídele v pouzdrech .....	16
3.5 POHON .....	17
3.6 PŘEVOD .....	18
3.7 BRZDY .....	19
<b>4 PRÁCE S MODELEM V AUTODESK INVENTORU .....</b>	<b>20</b>
4.1 POŽADAVKY NA HARDWARE A SOFTWARE .....	20
4.2 OTEVŘENÍ A PRÁCE S HLAVNÍ SESTAVOU .....	20
4.3 ŘÍZENÍ VAZEB .....	21
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>22</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ .....</b>	<b>22</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ .....</b>	<b>23</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>24</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>25</b>

## 1 Úvod, historie

Motokára nebo minikára je miniaturní čtyřkolové vozidlo, které vzniklo za 2. sv. války, jako malé vozidlo pro přepravu vojenských letadel od hangáru na runway. Původně tříkolová, později čtyřkolová vozidla ve volném čase sloužila jako relaxace u adrenalinové zábavy a zkrácení volného času letištního personálu. Původně vozidla bez specifikace poháněné nejrůznějšími motory pro závody po zpevněném povrchu, nebo bezmotorová vozidla pro jízdu z kopce se začala rozvíjet na konci 2. sv. války. Až nedávno začaly vznikat kluby a firmy zabývající se výrobou a využitím motokár.

Motokáry jsou užívány výhradně k závodění nebo jako prostředek adrenalinové relaxace. Jsou oblíbenou zábavou nejen v zahraničí, ale i na území České republiky. Komplexy, v nichž se nacházejí motokárové dráhy, se nazývají Kart centra. V České republice se nachází největší závodišťe v Evropě, Kart centrum Radotín.

Trubkový rám plní úlohu nosné konstrukce. Motor přenáší hnací sílu na zadní nápravu řetězovým převodem. Brzdy jsou kotoučové a řízení přímé (bez převodky). Plastové spoilery plní současně funkci nárazníků.

Vynikající jízdní vlastnosti mají motokáry především díky nízkému položenému těžišti a speciálním pneumatikám. Zrychlení je dáno vlastnostmi dvoutaktního motoru a poměrem váhy k výkonu - např. u kategorie Závodních motokár je to z 0 na 100km/h za 3s (pohotovostní hmotnost 165kg/výkon motoru 40kW při 14000ot/min, maximální rychlost přes 170km/h).



Obr.1: Motokára 1

## 2 Rozdělení do kategorií

Je více způsobů, jak rozdělit motokáry. Podle prostředí na venkovní použití (Outdoor motokáry) a pro závody v hale (Indoor motokáry). Podle objemu motoru na Dětské, Sport a Závodní motokáry.

### 2.1 Dětské motokáry

U tohoto typu není kladen důraz na kvalitu provedení, výkon motoru a hmotnost. Dosahují maximální rychlosti 60km/h. Nejčastěji používané motory jsou Honda GX 120, nebo motory



Obr.2: Dětská motokára

s menším objemem. Motokáry z této kategorie mají většinou rám z ocelových trubek nebo profilů, mechanickou kotoučovou brzdou na zadní nápravu a nastavitelné sedadlo. U těchto typů není důležité nastavení geometrie. Jsou vhodné pouze pro rekreační účely.

### 2.2 Sportovní motokáry

Tato kategorie je nejvíce rozšířená pro rekreační a polozávodní účely. Jedná se o motokáry s objemem motoru 200cm<sup>3</sup> a rychlostí 90km/h. Nejčastěji používaným motorem je Honda GX 200. U těchto strojů se již objevuje hydraulická, kotoučová, jednookruhová brzda na zadní nápravu, která se však používá výjimečně.



Obr.3: Sportovní motokára



## 2.3 Závodní motokáry (Racing)

Pro jízdu na motokárách řady Racing je nutné získat licenci. K získání licence musí zájemce prokázat schopnosti v ovládní motokáry kategorie Sport a absolvovat závodní školu.

V této třídě jsou podstatné rozdíly oproti předchozím verzím v konstrukci podvozku a motoru. Na konstrukci podvozku se zde využívá hliníkových slitin. Na rozdíl od předchozích kategorií se zde preferují dvoutaktní motory o objemu 250cm<sup>3</sup>. Maximální rychlost se pohybuje nad 120km/h. Motokáry Racing jsou vybaveny jedno nebo dvouokruhovým, hydraulickým, brzdovým systémem a litinovými, vzduchem chlazenými brzdovými kotouči na přední i zadní nápravě.



Obr. 4: Závodní motokára

## 3 Konstrukce

### 3.1 Rám

Je to základní nosný prvek. Pro kategorii dětských a sportovních motokár je vyroben z ocelových profilů materiálové třídy 11. Motokáry v kategorii Racing využívají hliníkových slitin.



Obr. 5: Rám

Rám je navržen tak, aby jízdní vlastnosti motokáry byly co nejlepší.

Těžiště celé motokáry se je umístěno pouhých 140mm nad vozovku, což dává motokáře velký jízdní potenciál. Je zvolen trubkový rám z hliníkových slitin s vyztužením proti rázům z důvodu větší hmotnosti v zadní části motokáry (jezdec, motor). Hlavní kostru rámu tvoří trubky vnějšího průměru 30mm s tloušťkou stěny 2mm. Podpěrné a doplňkové části rámu jsou navrženy z trubek průměru 20mm se stejnou tloušťkou stěny 2mm.

#### 3.1.1 Uchycení zadní nápravy

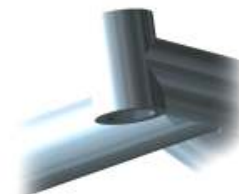
Na motokáře je navrženo pevné uchycení zadní nápravy, pomocí plechu ohnutého do tvaru U. Ohnutí zvyšuje tuhost uchycení nápravy. Konzola je k rámu připevněna svařováním v přípravku. Pro zajištění přesné polohy, je nutno vařit po částech střídavě na obou stranách. U tohoto systému uchycení zadní nápravy, není možná následná flexibilita. Výška podvozku v zadní části je neměnná. Konzola má čtyři otvory pro protažení šroubů a připevnění pouzder se zadní nápravou.



Obr. 6: Konzola pro zadní nápravu

### 3.1.2 Uchycení přední nápravy

Přední náprava je uchycena čepem, který prochází skrz celý úchyt. Konzola tvaru U se otáčí na bronzových kroužcích vsazených do úchytu. Ten tvoří dutý válec připevněný svařováním v přípravku, který zajišťuje jeho přesnou polohu. Důležitý je příklon a záklon úchytu. Tyto hodnoty ovlivňují geometrii přední nápravy a ovladatelnost motokáry v zatáčkách.



Obr.7: Úchyt ramena předního kola

### 3.1.3 Připevnění pohonné jednotky

Pro uchycení jednotky slouží oválné otvory v plechových dílech svařených s konstrukcí. Díry ne nutno vrtat po svaření, aby byla zajištěna požadovaná přesnost. Pro tyto součásti je přizpůsoben i trubkový rám. Plechové součásti se rámu dotýkají minimálně na dvou stranách. V místě větší



Obr.8: Podstava pro motor

hmotnosti je součást k rámu přichycena ze všech čtyř stran. Pro ustavení pohonné jednotky ve vertikální poloze jsou použity podložky ve tvaru kvádrů. Oválné otvory také slouží pro napínání řetězu<sup>1</sup>. Konstruktivní řešení dovoluje pouze vertikální pohyb pomocí podložek a horizontální pohyb v ose jízdy o 17mm.

<sup>1</sup> V 3D modelu je pohonná jednotka (motor) umístěn v krajní poloze, která již nedovoluje další napínání řetězu.

### 3.1.4 Úchyt pro připevnění tyče volantu

Tyč volantu je uchycena ve dvou kluzných ložiscích.

Ve spodní části je tyč uchycena v bronzovém pouzdře v úchytu přivařeném k rámu pod úhlem, který určuje kolmost tyče volantu. Úchyt je spojen s hlavní konstrukcí, pomocí podpěrné konzoly, která je dále využita k uchycení pedálů.



Obr.9: Úchyty pro tyč volantu

Horní část je uchycena pomocí pouzdra s kluzným, bronzovým ložiskem. Pouzdro je připevněno k dvou opěrám s plochými konci. V místě s rovnou plochou jsou vyvrtány značně velké otvory, které dovolují přímé ustavení tyče řízení tak, aby nedošlo k deformacím tyče. Tyto hodnoty jsou na sobě závislé a určují kolmost tyče volantu.

### 3.1.5 Umístění a uchycení sedadla k rámu

Sedadlo se nastavuje při konstrukci rámu a je tvořeno přímo pro danou výšku řidiče. U nezávodních motokár je sedadlo posuvitelné v ose jízdy po kolejničích, tento způsob se u závodních motokár nevyužívá. Výška umístění sedadla musí být co nejmenší. Při vysoko umístěném sedadle dochází ke zvýšení těžiště. Z tohoto důvodu je sedadlo umístěno



Obr.10: Opěry pro sedadlo

přímo na nosném rámu. Zadní opěrná plocha je podepřena dvěma opěrami, s ohledem na zástavbové rozměry částečně vyztuženy.

### 3.1.6 Přichycení nárazníků, podlahy a plastových krytů

Zadní trubkový nárazník je navržen, tak aby jej bylo možno jednoduše a rychle vyměnit. Je přišroubován k rámu čtyřmi šrouby, ke dvěma konzolám přivařených na rámu. Zadní nárazník chrání před poškozením důležitých prvků při nárazu zezadu.



Obr.11: Úchyty na rámu

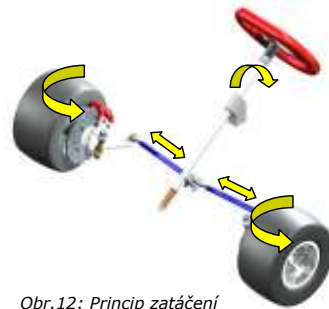
Přední nárazník, boční nárazníky a středový kryt jsou připevněny šrouby k úchytům na rámu. Plastové nebo laminátové díly jsou navrženy dělené a následně snýtovány. Zde je kladen důraz na vysokou mez pružnosti z důvodu agresivní jízdy.

Podlaha je připevněna k šesti úchytům. Je navržena s ohledem na bezpečnost řidiče, nízkou hmotnost a slouží pro úchytné prvky hadic brzdového systému.

## 3.2 Řízení

### 3.2.1 Princip zatáčení

Zatáčení funguje na principu přenosu rotačního pohybu volantu přes soustavu táhel. Při otočení volantu se natočí trojúhelníková konzola na tyči. Na tuto konzolu jsou pomocí kulových čepů s levotočivým závitem připevněny táhla, které dále přenášejí pohyb (tah, tlak) pomocí kulových čepů s pravotočivým závitem na rameno předního náboje, které dále koná pohyb rotační a otáčí náboji s koly.

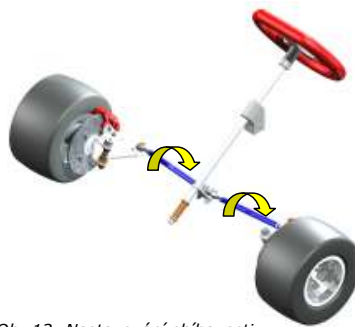


Obr. 12: Princip zatáčení

Pro průjezd zatáčkou je důležité správné naklonění rejdového čepu. Při správném naklonění čepu se snaží vnitřní, přední kolo dostat „pod motokáru“ a tím nadzvedává její vnitřní stranu. Vnější kolo se snaží nadzvednout, což má za příčinu příklon rejdového čepu, a tím dovoluje naklonění motokáry. Při naklonění dochází k odlehčení zadního, vnitřního kola a to umožňuje jeho prokluzování a tím i zatočení. Při návratu do přímého směru jízdy je otočení volantu mnohem jednodušší díky hmotnosti motokáry, která se snaží vytlačit vnitřní přední kolo z pod motokáry. Toto nastavení umožňuje vypustit diferenciál.

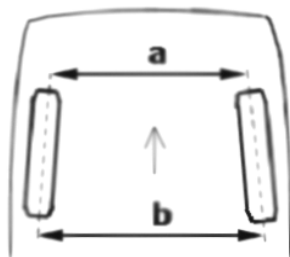
### 3.2.2 Nastavování geometrie přední nápravy

U motokáry geometrie není natolik důležitá, jako u jiných dopravních prostředků. Proto se u motokár volí pevný, nenastavitelný rejdový čep se záklonem ( $7^\circ$ ) a příklonem ( $12^\circ$ ). U motokáry je možné nastavit pouze sbíhavost, nebo rozbíhavost přední nápravy. Odklon kola závisí na tvaru ramene. Na motokáře je odklon nulový.



Obr.13: Nastavování sbíhavosti

### 3.2.3 Sbíhavost



Obr.14: Geometrie kol

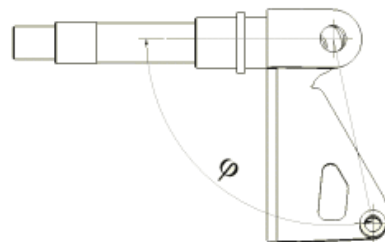
Na obr.11 vidíme, že přední řídicí kola (při natočení volantu pro přímou jízdu) nejsou rovnoběžná s podélnou osou motokáry, nýbrž se sbíhají směrem dopředu. Sbíhavost kol se vyjadřuje v mm vzdálenosti, která je rozdílem mezi vzdálenostmi A a B. Sbíhavost se měří na ráfcích kol vpředu a vzadu asi ve výši středu čepu kola. Optimální sbíhavost přispívá ke stabilitě při jízdě přímo a vymezuje vůli v řízení, která by mohla způsobit kmitání kol.

Požadovaná sbíhavost se nastavuje seřizovacím šroubovým spojením na řídicí tyči (táhlu). Je důležité, aby při seřizování byly natáčeny obě tyče stejně. V případě nesouměrného nastavení sbíhavosti se zhorší ovladatelnost především v přímém směru jízdy.

Pro nastavení sbíhavosti je navržena ocelová tyč s oplošením pro klíč a na koncích s levotočivým a pravotočivým závitem pro kulové čepy. Pojistný člen zatupuje matice.

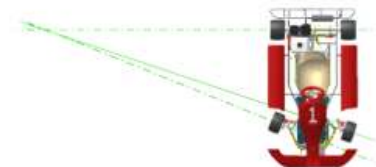
### 3.2.4 Rameno řízení

Pro správnou geometrii (poloměr zatáčení), musí být úhel  $\varphi$  větší než  $90^\circ$ . Požívá se tzv. lichoběžníková soustava řízení. Lichoběžník umožňuje rozdílné natočení předních kol. Kola opisují různé kružnice při průjezdu zatáčkou. Největší vliv na to má délka a tvar řídicí páky. Teoreticky při prodloužení os předních kol by mělo dojít k protnutí na prodloužené ose zadní nápravy v jednom bodě. Úhel natočení vnitřního kola musí být větší, než úhel natočení vnějšího kola, jinak by docházelo k nadměrnému smýkání jednoho z kol při průjezdu zatáčkou.



Obr.15: Rameno

os předních kol by mělo dojít k protnutí na prodloužené ose zadní nápravy v jednom bodě. Úhel natočení vnitřního kola musí být větší, než úhel natočení vnějšího kola, jinak by docházelo k nadměrnému smýkání jednoho z kol při průjezdu zatáčkou.



Obr.16: Geometrie přední nápravy

Rameno je svařenec hřídele a ohnutého plechu. Je to nosný prvek náboje a přední plovoucí brzdy.

### 3.3 Přední kolo, konstrukce uložení náboje

Na motokáře jsou navrženy bezdušové kola s litými disky z lehkých kovů. Disk má opracován vnitřní tvar, pro nasazení a vystředění na náboji, ke kterému je přišroubován pětící šroubů.

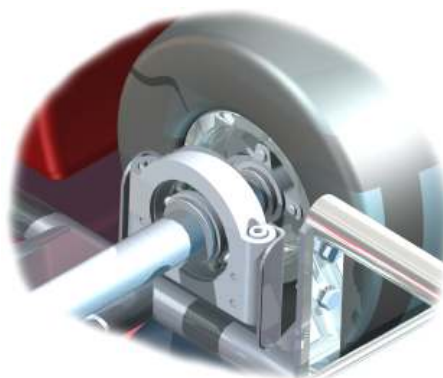
Náboj má z konstrukčních důvodů kuželový tvar, s pěti výstupky na obou koncích, pro nasazení a upevnění kola a brzdového kotouče. Uložení na rameni řízení je pomocí dvou ložisek, které jsou pevně uchyceny na hřídeli. V náboji je pevně uchyceno pouze vnější ložisko. Vnitřní ložisko se může axiálně posouvat.



### 3.4 Zadní náprava

#### 3.4.1 Uchycení zadní hřídele v pouzdech

Hřídel je pevně uložena ve dvou jednořadých kuličkových ložiscích. Ložiska jsou vsazeny do pouzder, kde v levém je hřídel uložena pevně a v pravém je dovoleno axiální posouvání z důvodů tepelných dilatací. Pouzdra jsou v ose dělená a sešroubovaná dvěma šrouby. Přesnou polohu zajišťují kolíky.

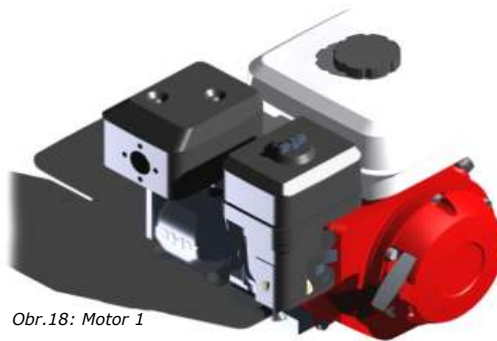


Obr.17: Pouzdro zadní nápravy

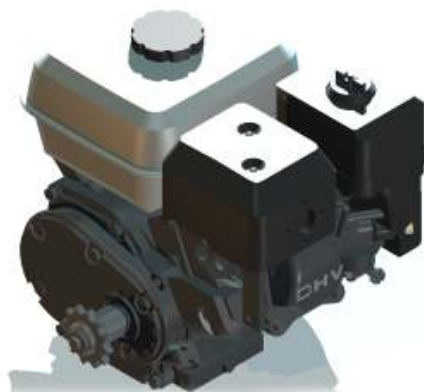
### 3.5 Pohon

U motokár je většinou zajišťován dvoutaktními jednoválcovými, výjimečně dvouválcovými, více účelovými benzínovými motory do objemu 250 cm<sup>3</sup>. V dnešních nových motokárách jsou nejčastěji zastoupeny motory řady GX od společnosti Honda Engines.

Existují dvě verze, které se dnes na motokárách používají. Liší se umístěním nádrže. V první verzi je nádrž umístěná přímo na motoru a je dodávána výrobcem. Druhá varianta má nádrž pod volantem, tudíž těžiště posunuto k přední nápravě. Dochází ale ke zmenšení místa pro nohy řidiče.



Obr.18: Motor 1



Obr.19: Motor 2

Z důvodů zvětšení prostoru pro řidiče byla zvolena varianta s nádrží na motoru. Krouťící moment je přenášen odstředivou spojkou (dodává výrobce) na hnací řetězové kolo. Točivý moment je přenášen pomocí pérového spoje. Hnací hřídel má na čele vyvrtaný závit v axiálním směru, který slouží pro pojištění pastorku

šroubem.

Točivý moment zajišťuje navržený motor Honda GX 390.

- Typ rozvodu: OHV
- Výkon: 8.2kW
- Otáčky: 3600ot/min

### 3.6 Převod

Točivý moment od hřídele motoru je přenášen odstředivou spojkou na hnací ozubené kolo, které jej dále přenáší válečkovým řetězem na kolo hnané, umístěné na zadní ose nápravy. Nejmodernější motokáry, jsou opatřeny i převodovkou. Mnohé jsou připravovány na každý závod samostatně a s odlišným převodovým poměrem, který se volí tak,



Obr.20: Převod

aby maximálního výkonu dosáhla motokára na konci nejdelší rovinky trati. Je to z důvodu možnosti zrychlování na celé trati. Je důležité, aby maximální otáčky nebyly dosaženy před koncem rovinky. To by způsobilo klesající výkon a velké namáhání motoru.

### 3.7 Brzdy

Brzdová soustava je ústrojí, které slouží ke zmenšení rychlosti, nebo zastavení. Brzdění se dosahuje záměrně vyvolaným třením mezi brzdovým kotoučem a brzdovými čelistmi. U kapalinových brzd se využívá především fyzikálního zákona, podle něhož se tlak kapaliny v uzavřeném vedení šíří všemi směry stejně.

Závodní motokáry používají především hydraulické, dvoukruhové, nebo jednookruhové brzdové systémy. Ve valné většině, jsou tyto systémy nakupovány od specializovaných firem.



Obr.22: Přední třmen



Obr.21: Zadní třmen

Na navrhované motokáře byl zvolen jednookruhový systém s brzdami na zadní i přední nápravu. Na zadní nápravě je brzda s dvěma pohyblivými čelistmi a čtyřmi brzdovými válečky. Na přední kola jsou navrženy brzdy plovoucí s jedním pohyblivým třmenem a jedním brzdovým válečkem.

## **4 Práce s modelem v Autodesk Inventoru**

### **4.1 Požadavky na hardware a software**

Sestavu „motokára.iam“ je doporučeno otevírat na počítačové sestavě minimálně s Intel Pentium 4, 1GB Operační paměť a grafickou kartou podporovanou Autodesk Inventorem 10. Menší podsestavy je možno otevřít i na slabších PC. Pro optimální chod i v Inventor Studiu je doporučen počítač s Pentium D 3GHz, nebo Core 2 Duo a 1,5GB RAM.

Pro otevření jakéhokoliv prvku je nutno vlastnit Autodesk Inventor 10, nebo vyšší. Pro přehrání videí je nutný Windows Media Player 10, nebo ekvivalent. Textová část je vytvářena v Microsoft Office 2003 – Word.

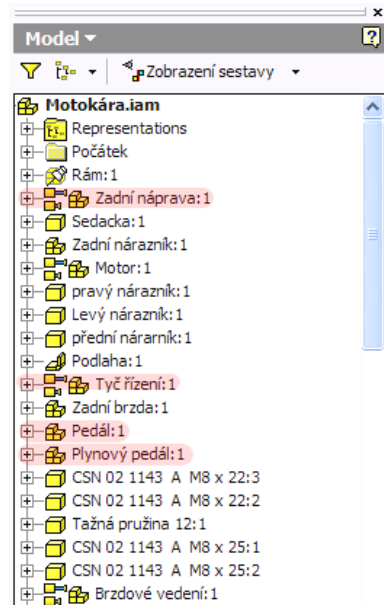
### **4.2 Otevření a práce s hlavní sestavou**

Celý model je tvořen v projektu a výhradně v sestavách. Prvky nejsou tvořeny samostatně. Pro kompletní náhled je nutno v programu Autodesk Inventor 10 otevřít projekt *Závodní motokára.ipj*. Po otevření projektu je nutno otevřít soubor *Motokára.iam*, který se nachází ve složce projektu. Vzhledem ke složitosti pohybů, je práce s modelem značně omezena. Většina videí je tvořena v Inventor Studiu, který umožňuje kombinovat vytvořené vazby. Inventor Studio je používáno výhradně k natáčení videí. Po vytvoření videa, jsou dané sekvence z Inventor Studia smazány. V sestavě je umožněno pouze otáčení volantem, rotační pohyb zadní nápravy, který představuje pohon motokáry a pohyb pedálů. Ostatní pohyby je možné shlédnout prostřednictvím videa. Rozpadovou prezentaci je možno shlédnout v souboru *Motokára.ipn*, nebo ve formátu avi.

### 4.3 Řízení vazeb

V hlavní sestavě, *Motokára.iam*, je možno řídit točení volantem, sešlápnutí brzdového a plynového pedálu, otáčení zadní nápravy.

Pro točení volantem a zatáčení je nutno ve stromu součástí nalézt podsestavu *Tyč řízení* a řídit vazbu *ZATÁČENÍ*. Pro sešlápnutí jednoho z pedálů je nutné v podsestavách *Pedál* (pro brzdění), nebo *Plynový pedál* (pro sešlápnutí plynového pedálu) řídit vazbu *SEŠLÁPNUTÍ PEDÁLU*. Pro otáčení zadní nápravy je nutné otevřít podsestavu *Zadní náprava* a řídit vazbu *POHON*.

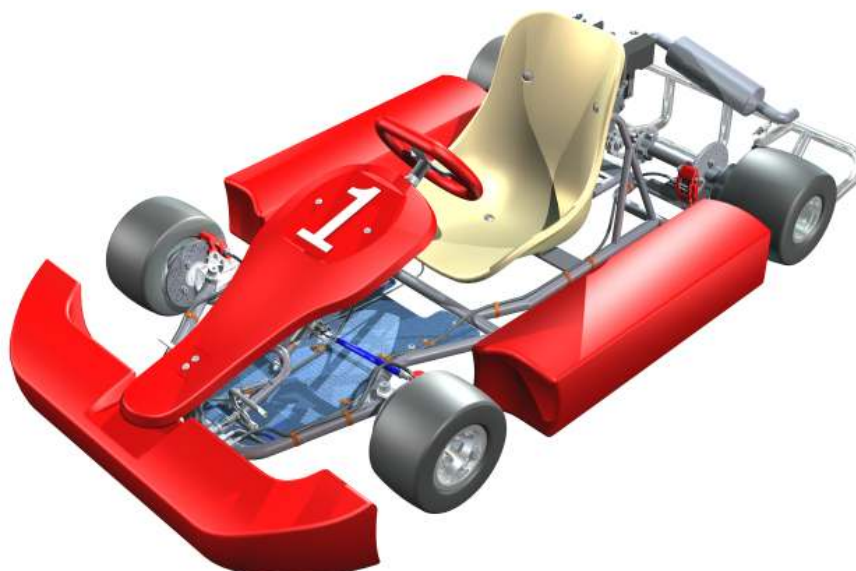


Obr.23: Strom

## 5 Závěr

Byl vytvořen funkční model závodní motokáry ve 3D prostředí, byly vyřešeny tvary jednotlivých dílů celého zařízení a funkčně zavazbeny. Pomocí řídicích vazeb programu Autodesk Inventor Professional 10 bylo možno řešit pohybující se díly a odstranit případné kolize.

Konstrukční návrh je zcela funkční a může být využit k nabídce profesionální firmě, která se zabývá výrobou příslušného sortimentu.



*Obr.24: ISO pohled na 3D*

## **Seznam použité literatury a zdrojů informací**

- [1] Leinveber J., Vávra P.: Strojnické tabulky, ALBA, 2003, 865s.
- [2] <http://www.kartland.cz>
- [3] <http://www.motokary.net>
- [4] <http://www.mskart.cz>
- [5] <http://www.svetmotokar.cz>
- [6] <http://www.honda-engines.com>



## Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Motokára .....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 2: Dětská motokára .....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 3: Sportovní motokára.....</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 4: Závodní motokára.....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 5: Rám .....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 6: Konzola pro zadní nápravu .....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 7: Úchyt ramena předního kola.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 8: Podstava pro motor.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 9: Úchyty pro tyč volantu.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 10: Opěry pro sedadlo.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 11: Úchyty na rámu .....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 12: Princip zatáčení.....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 13: Nastavování sbíhavosti .....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 14: Geometrie kol.....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 15: Rameno .....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 16: Geometrie přední nápravy.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 17: Pouzdro zadní nápravy.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 18: Motor 1.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 19: Motor 2.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 20: Převod.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. 21: Zadní třmen .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 22: Přední třmen .....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 23: Strom.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 24: ISO pohled na 3D model .....</i>	<i>23</i>

## **Seznam Příloh**

1. *Přední pohled na 3D model motokáry*
2. *Zadní pohled na 3D model motokáry*
3. *Levý pohled na 3D model motokáry*
4. *Pravý pohled na 3D model motokáry*
5. *Pohled shora na 3D model motokáry*
6. *Pohled zespoda na 3D model motokáry*
7. *ISO pohled na 3D model motokáry*
8. *DMP 01.00.00*
9. *DMP 01.02.00*
10. *DMP 01.02.01*
11. *DMP 01.02.02*
12. *DMP 01.02.03*
13. *DMP 01.02.04*
14. *DMP 01.02.05*
15. *DMP 01.02.06*
16. *DMP 01.02.07*
17. *DMP 01.02.08*
18. *DMP 01.02.09*
19. *DMP 01.02.10*
20. *CD s kompletní prací*

## VÝPOČET A 3D MODEL MOSTOVÉHO JEŘÁBU

Jakub Jirůtka, Martin Kováčik, Jan Zahradník

Střední průmyslová škola  
Havlíčkova 456, Mladá Boleslav

Projekt je zaměřen na **zautomatizování návrhu mostového jeřábu** od jeho **výpočtu** až po **konstrukční řešení**. Jedná se o **inovaci** výpočetní metodiky jeřábu s vazbou mezi počítanými parametry a následným trojrozměrným (dále jen „3D“) konstrukčním a projekčním řešením **pomocí CAD/CAM systému Catia V5** (dále jen „Catia“). Jde se o zcela **nový přístup k navrhování jeřábu**, který dosud nebyl v České Republice publikován v dostupné odborné literatuře.

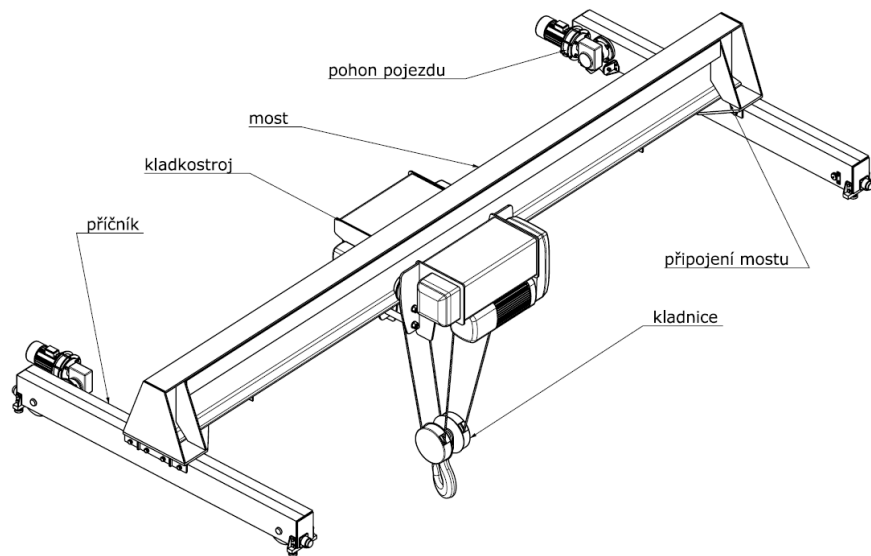
Jako základní výpočetní systém je vytvořen **počítačový program** aplikující parametrické rovnice uvedené v ČSN 27 0101 a ČSN 27 0103. Tento program byl vytvořen ve vývojovém prostředí Borland Delphi pracující s programovacím jazykem Object Pascal. Pomocí tohoto výpočetního programu je vytvořena **kommunikace mezi výpočtářem a celým systémem rovnic** ve výše uvedených normách a následně i **konstrukčním modelem v Catii**. Po zadání základních parametrů jeřábu získáme výstupní hodnoty, které plně charakterizují konkrétní jeřáb vč. dimenzování základních nosných prvků.

Následně jsou získané parametry jeřábu přeneseny do **3D modelu konstrukčního řešení** mostového jeřábu v systému Catia. Na model jeřábu je aplikována **velmi pokročilá metoda parametrizace**, pomocí které se automaticky dopočítají všechny navazující rozměry jeřábu i jeho součástí a vazby sestavy. Tento model představuje **kompletní konstrukční řešení** jeřábu (vč. šroubových spojů, per atd.), ze kterého **lze vygenerovat výkresovou dokumentaci** nebo pomocí CAM vygenerovat CNC programy pro výrobu jednotlivých částí jeřábu.

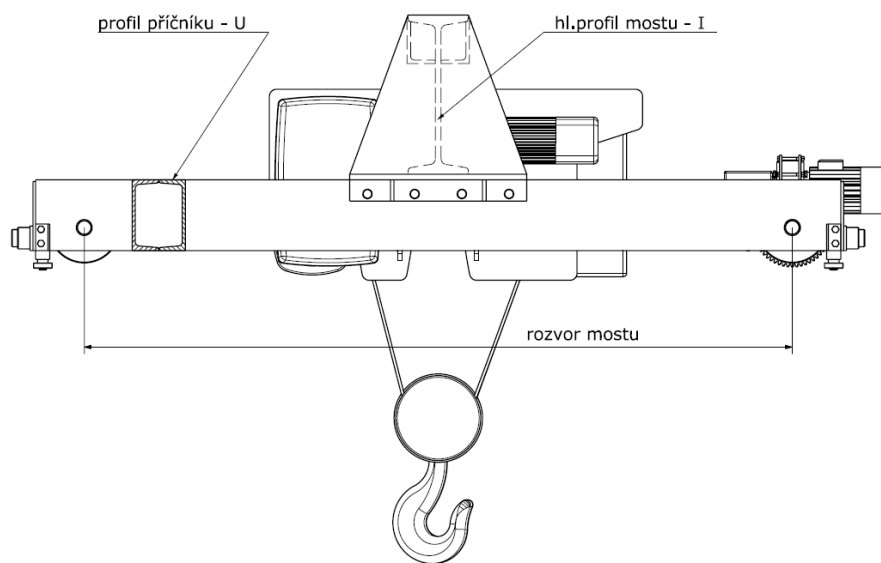
Prezentaci konstrukčního řešení jeřábu zajišťuje **trojrozměrná animace** vytvořeného modelu a **animace znázorňující postupné sestavování jeřábu** v Catii. Jedná se o **velmi názorný efektní způsob prezentace** projektu.

Cenným přínosem předkládané práce je možnost **operativních změn parametrů** jeřábu s následující změnou v 3D konstrukčním modelu a případné výkresové dokumentaci. Toto řešení představuje téměř **nejpokročilejší metodu navrhování konstrukce strojních zařízení**.

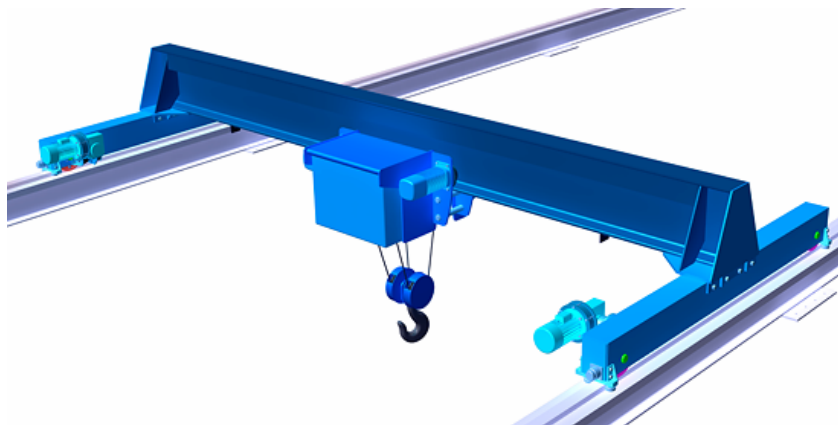
Více informací a prezentační video naleznete na adrese [www.fenix.metronet.cz/jerab](http://www.fenix.metronet.cz/jerab) .



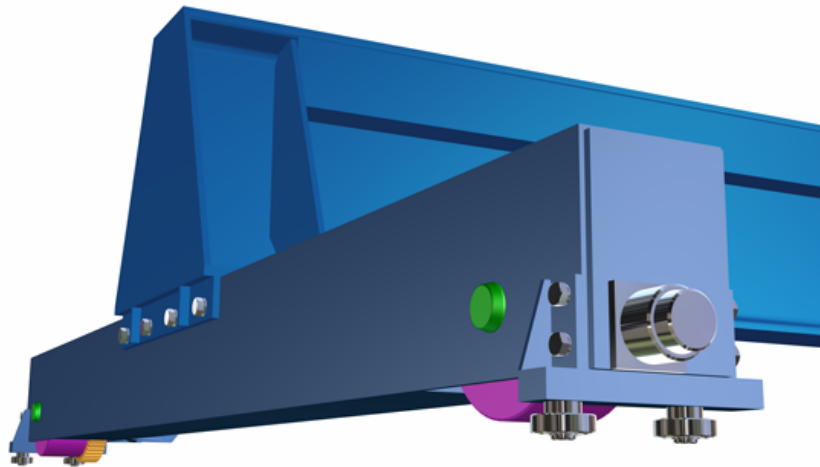
Obr. 1: Nákras sestavení jeřábu



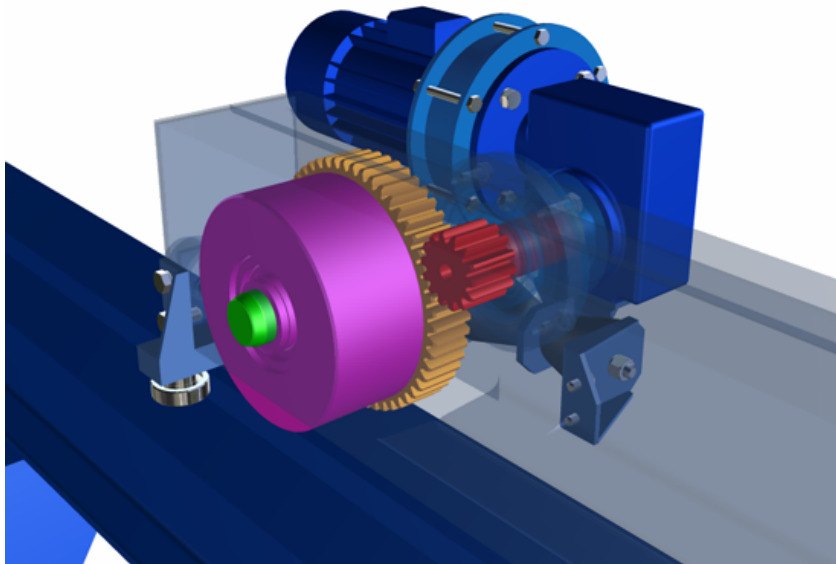
Obr. 2: Bokorys jeřábu



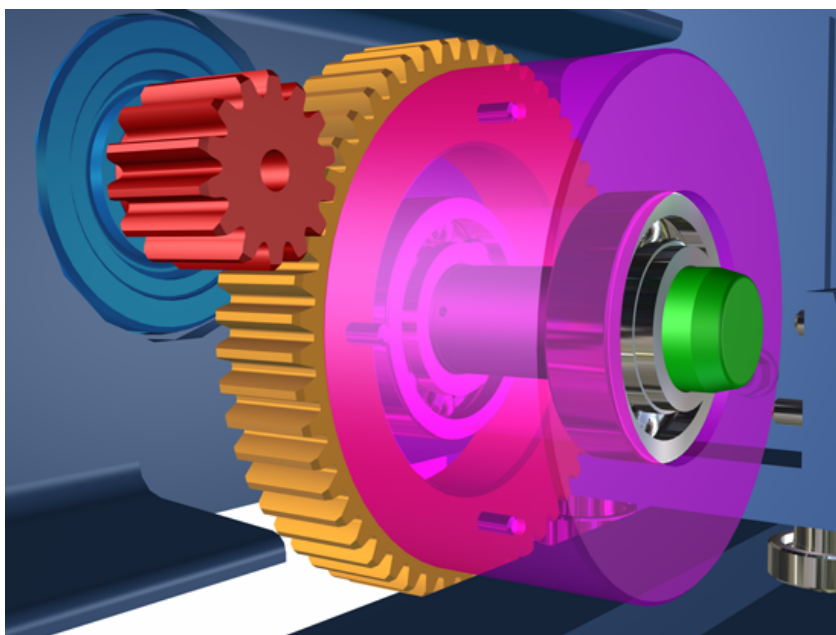
Obr. 3: Pohled na celý jeřáb (render z Catie)



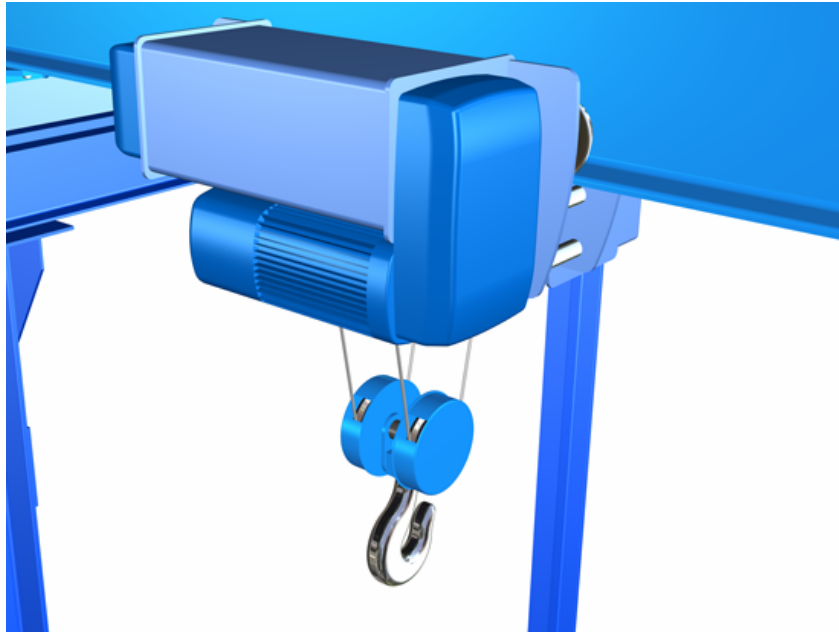
Obr. 4: Pohled na příčník (render z Inventoru)



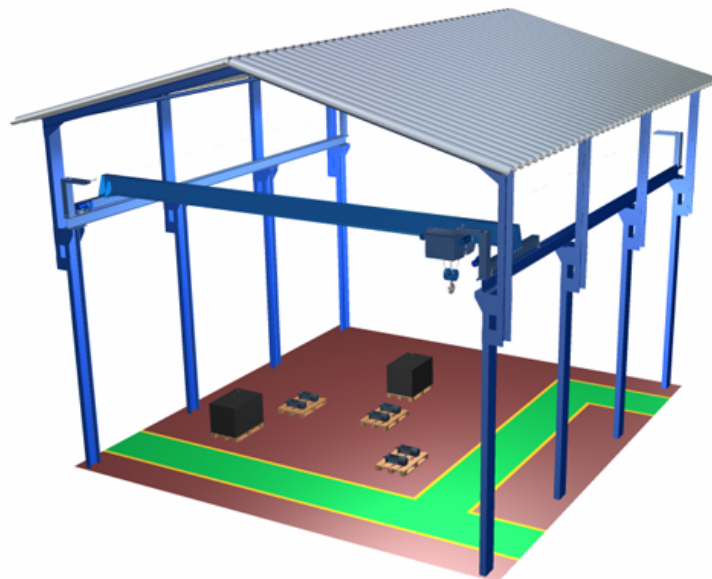
Obr. 5: Pojezdové ústrojí (render z Inventoru)



Obr. 6: Detail ozubeného převodu (render z Inventoru)



Obr. 7: Kladkostroj (render z Inventoru)



Obr. 8: Pohled na předváděcí halu s jeřábem (render z Inventoru)

**Výpočet jeřábů**

Základní údaje | Rozpětí mostu | Rozvor mostu | Údaje o cyklu a provozu | Zatěžující síly | Vypočtené hodnoty | Export parametrů

Jeřáb	Kladkostroj
Nosnost jeřábu: 5000 kg	Nosnost kladkostroje: 5000 kg
Pohotovostní hmotnost jeřábu: 3535 kg	Hmotnost kladkostroje: 350 kg
Rychlost pojezdu jeřábu: 37,4 m/min	Rychlost pojezdu kladkostroje: 20 m/min
Výška zdvihu jeřábu: 4 m	Výška zdvihu kladkostroje: 5,76 m
	Rychlost zdvihu kladkostroje: 8 m/min

**Druh jeřábu a určení provozu**

**Jeřáb podvěsný**

- všeobecné použití
- občasné použití
- pro slévárny
- s drapákem nebo magnetem

**Jeřáb jedno- a dvou-nosníkový a el. kladkostrojem**

- všeobecné použití
- občasné použití
- pro slévárny
- s drapákem nebo magnetem

**Jeřáb všeobecného použití**

- pro práci v dílnách a skladech prům. závodů
- totéž - občasné použití
- pro slévárny
- pro obsluhu technolog. procesu - nepřetržitý provoz
- s drapákem nebo magnetem
- totéž - občasné použití

Obr. 9: Ukázka výpočtového programu

**Výpočet jeřábů**

Základní údaje | Rozpětí mostu | Rozvor mostu | Údaje o cyklu a provozu | Zatěžující síly | Vypočtené hodnoty | Export parametrů

Vypočtené hodnoty cyklu a druhu provozu		Vypočtené hodnoty zatěžujících sil a napětí	
Počet prac. cyklů za hodinu:	19,89	Zatížení hmotností jeřábu:	17692,38 N
Časové využití jeřábu:	0,188	Zatížení od jmen. břem.:	209149,2 N
Skutečná doba páce jeřábu:	5427,3 s	Zatížení od stálého břem.:	15927,51 N
Doba jednoho prac. cyklu:	180,31 s	Setrvačná síla od jízdy kočky:	8082,45 N
Počet prac. cyklů za rok:	7586,41	Setrvačná síla od jízdy jeřábu:	10334,21 N
Poměrné zatížení:	25,6 %	Síly od přičení:	4793,9 N
Srovnávací číslo zatížení:	1	Průhyb mostu jeřábu:	23,3 mm
Srovnávací číslo prac. cyklu:	1	Dovolený průhyb mostu jeřábu:	25 mm
Srovnávací číslo rychlosti:	1	Ohybové napětí v mostu jeřábu:	139,54 MPa
Celkové srovnávací číslo:	3	Ohybové napětí v příčnících:	151,66 MPa
Skupina jeřábů:	I	Ohybové napětí v čepu kola:	146,48 MPa
Druh provozu:	lehký		

**Konečné výstupní hodnoty druhu provozu**

Zdvihová třída:	H2
Provozní skupina:	J3
Druh provozu:	D2
Spektrum napětí:	S1

Vypočti cyklus a provoz      Vypočti zatěž. sílu

Obr. 10: Ukázka výpočtového programu





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **REALIZACE METEOROLOGICKÉ STANICE**

**Lukáš Vyržel**

SPŠE A VOŠ  
Božetěchova 3, 772 00 Olomouc

### ÚVOD

Cílem mojí práce bylo zrealizovat zařízení, který by sloužilo denním potřebám člověka. Lidé jsou velice závislí na čase, proto hlavním cílem bylo zobrazení velmi přesného času, bez nutnosti předešlého složitého nastavování nebo při výpadku sítě opakovaného nastavování.

Další velmi potřebná věc je zobrazení aktuálního data, které by také nebylo nutné nastavovat. K zobrazení data, jsem chtěl i zobrazování svátků, což je také velice praktické, neboť každému se již stalo, že někdy na nějakého příbuzného s přáním k svátku zapomněl.

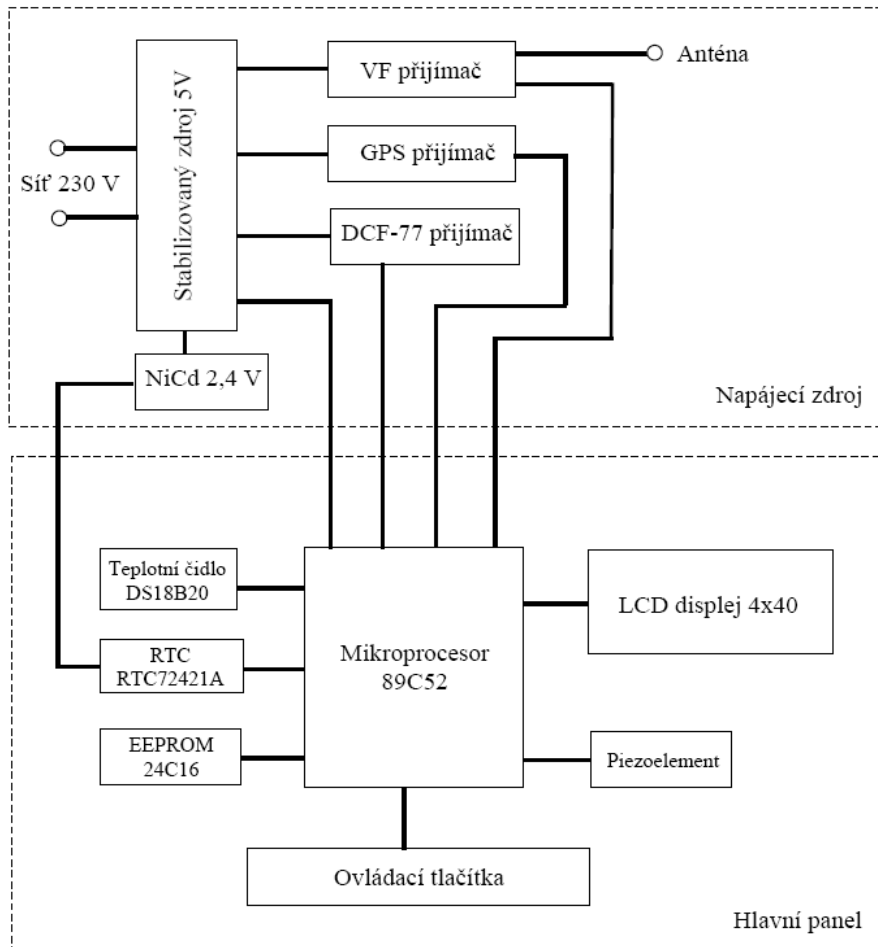
Synchronizace času by měla být alespoň dvojitá a to jak z DCF-77 vysílače, tak i z GPS přijímače, abychom dosáhli velké přesnosti získané časové informace.

Posledním hlavním cílem bylo měření teploty. Jelikož každého zajímá teplota uvnitř domu a zároveň venkovní teplota, bude nutné vytvořit duální teploměr. Pro jednoduchost instalace byl cíl, realizovat venkovní teplotní čidlo s bezdrátovým přenosem a s velmi malou spotřebou energie, aby nebyla nutná častá výměna baterie.

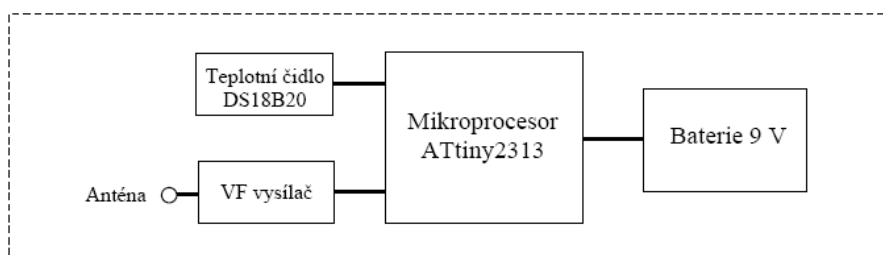
Celou realizaci zařízení budu provádět postupně, tzn. postupné ožívování a přidávání jednotlivých bloků do zařízení.



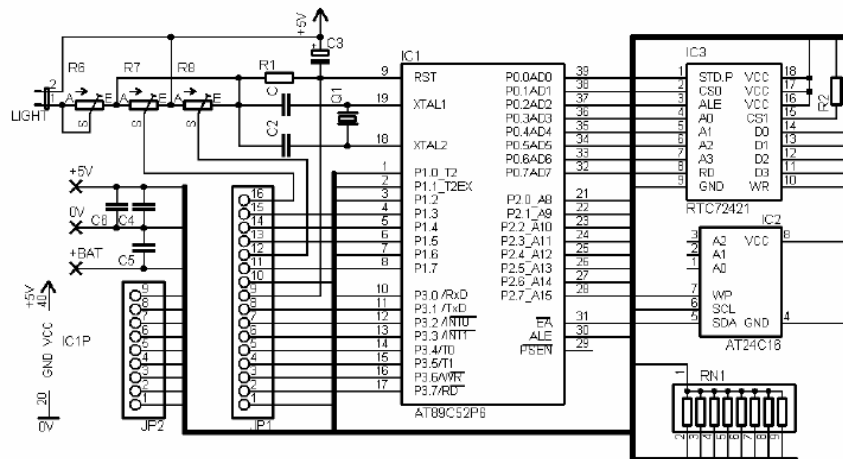
Obr. 1: Čelní pohled na zařízení



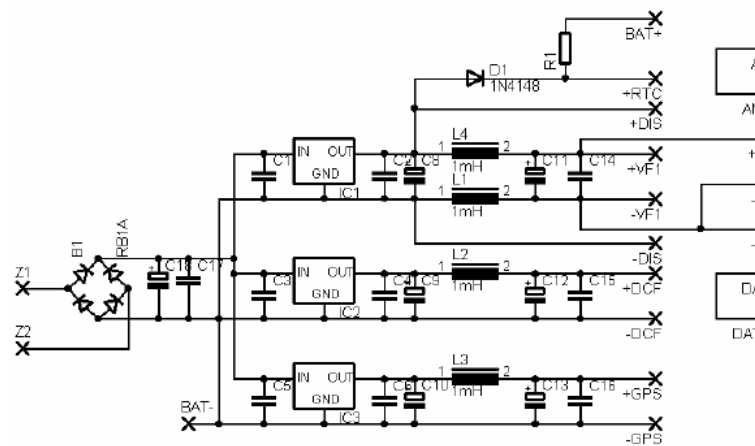
Obr. 2: Blokové schéma hlavního panelu a napájecího zdroje



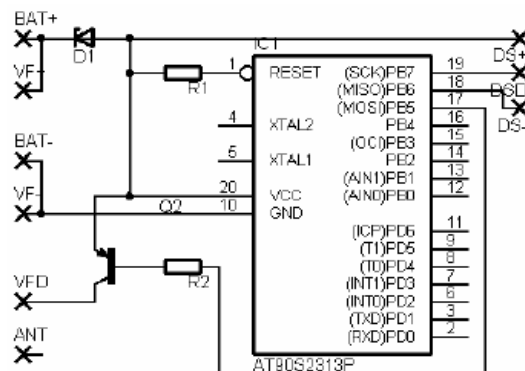
Obr. 3: Blokové schéma bezdrátového teplotního čidla



Obr. 4: Schéma hlavného panelu



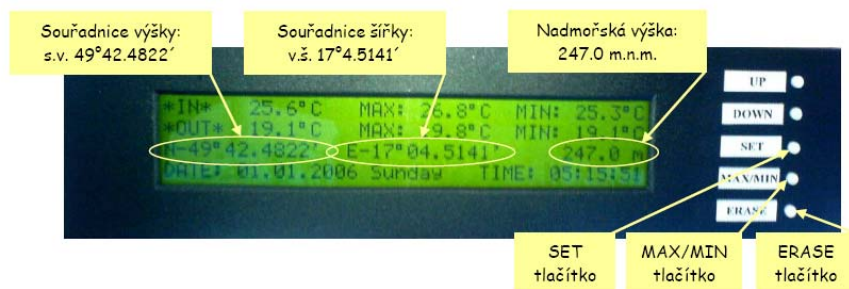
Obr. 5: Schéma napájacieho zdroje



Obr. 6: Schéma bezdrátového teplotního čidla



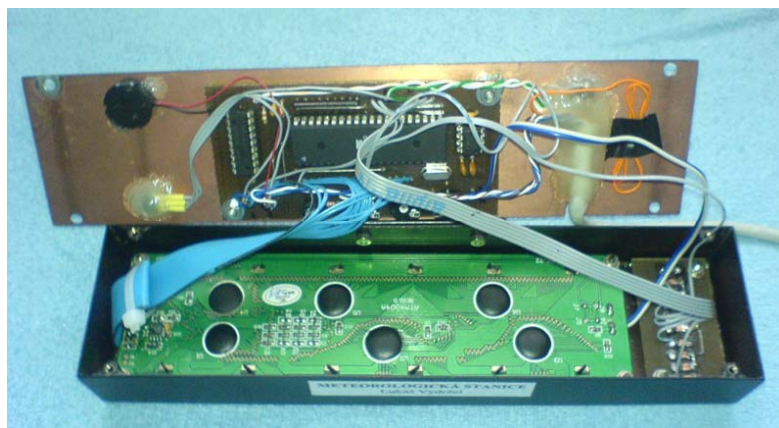
Obr. 7: Popis displeje a tlačítek hlavního panelu- A



Obr. 8: Popis displeje a tlačítek hlavního panelu - B



Obr. 9: Popis zadní strany hlavního panelu



Obr. 10: Pohled dovnitř hlavního panelu



Obr. 11: Napájecí zdroj



Obr. 12: Bezdrátové teplotní čidlo



Obr. 13: GPS přijímač



Obr. 14: DCF-77 přijímač

## ZÁVĚR

Jádro zařízení tvoří mikroprocesor 89C52 s architekturou 8051, ke kterému je připojen Alfanaumerický LCD displej o 4 řádkách po 40 znacích.

Abych dosáhl přesného času s možností čas zálohovat pro případ výpadku sítě, použil jsem obvod reálného času od firmy Philips RTC72421A, který obsahuje vnitřní velmi přesný zdroj hodin a připojuje se jako externí paralelní paměť.

K načtení časové informace je použit přijímač vysílače DCF-77 nebo GPS přijímač, ze kterého při zasynchronizování na dostatečný počet družic, lze získat velmi přesný čas s přesností na milisekundy. Pokud by nebylo možné ani z jednoho přijímače časovou informaci načíst, je možné datum i čas nastavit manuálně.

Při připojení GPS přijímače, je možné i zobrazení aktuálních zeměpisných souřadnic a nadmořské výšky. Tato informace se střídavě zobrazuje s dnešním a zítřejším svátkem, které jsou uloženy v paměti EEPROM.

Měření teploty vnitřní i vnější je prováděno pomocí digitálního teplotního čidla od firmy Dallas DS18B20. Vnější bezdrátové čidlo pracuje s mikroprocesorem ATiny2313 s AVR architekturou, který umožňuje velmi úsporný provoz. Komunikace venkovního bezdrátového čidla a hlavního panelu probíhá přes VF moduly firmy Aurel na frekvenci 433,9 MHz. Dosah přenosu je ve volném prostoru až 200 m. Maximální a minimální hodnoty obou teplot jsou ukládány spolu s datem a časem změn do paměti EEPROM.

V budoucnosti připravuji verzi, která bude umožňovat příjem z více vnějších bezdrátových čidel a v těchto čidlech by mělo být nahrazeno digitální teplotní čidlo DS18B20 za digitální čidlo SHT-71, které umožňuje i měření vlhkosti.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **„VYUŽITÍ ZÍSKANÝCH ZNALOSTÍ K TVORBĚ JEDNODUCHÝCH TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ“ – MODEL PRACOVÍŠTĚ S ROBOTEM, DOPRAVNÍKEM, LISEM A JEŘÁBEM**

**Bohumil Horák, Filip Kučák**

Střední průmyslová škola, Ostrava - Vítkovice, příspěvková organizace  
Zengrova 1, 703 00, Ostrava – Vítkovice

Cílem projektu je motivovat studenty k zamyšlení nad podstatou moderních technických zařízení, nad spojením strojních částí, elektrotechniky, automatizace a nad technologií jejich výroby.

Studenti 1.ročníku zhotovili fungující model malé výrobní linky s robotem, dopravníkem a jeřábem. Výška modelu je cca 500 mm, šířka 500 mm a délka 1000 mm. V budoucnu bude doplněn ještě model hydraulického lisu a převážecího vozu. Po jejich dokončení budou všechna zařízení sestavena do malé automatizované výrobní linky. Napájení bude částečně řešeno prostřednictvím solárních článků.

Představená práce zahrnuje vystavený model, řadu plánek, projekčních výkresů a schémat zapojení. Při jejich tvorbě si studenti práci rozdělili podle svých technických znalostí, výrobní zručnosti. Jeden z nich navrhl a vyrobil jednotlivá zařízení, druhý je doplnil o elektroniku s napojením na řídicí systém.

Hlavní nosné díly jsou zhotoveny z plastů a tenkostěnné oceli. Pohyby jsou řešeny servo motory a krokovými motory. K programování byl využit programovací jazyk Pascal, Delphi. Řídicí program je napsán přímo pro jednotlivá zařízení a je umístěn na přenosném počítači.

Hlavní přínos je v zajímavém a líbivém předvedení principů moderních zařízení. Vyzvednout je nutné oba tvůrce - nadějně techniky, kteří přestože studují teprve 1. ročník střední průmyslové školy projeví velkou míru zručnosti a odborných znalostí, kterými předběhli obsahovou náplň výuky ve vyšších ročnících střední průmyslové školy.



Obr. 1: model pracoviště s robotem a dopravníkem



Obr. 2: hydraulický obvod lisu



# DIGITÁLNÍ ZESILOVAČ

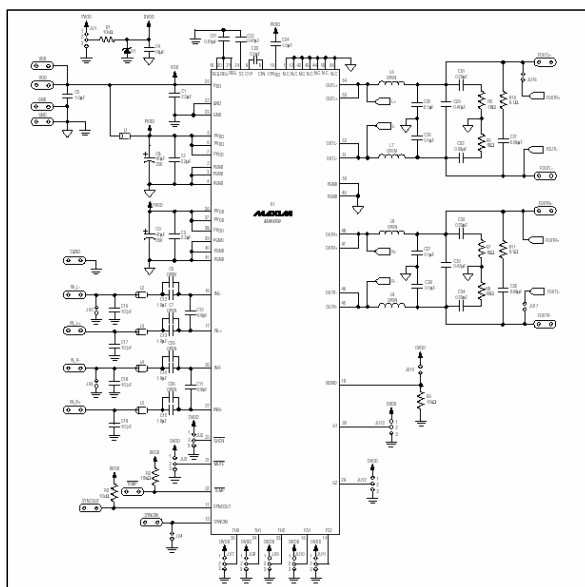
Michal Drápalík

**Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola Pardubice,  
Karla IV. 13, 531 69 Pardubice**

V mojí prezentaci je popsán návrh a konstrukce zesilovače ve třídě D. Tento zesilovač bude použit jako náhrada autorádia, přičemž zdrojem vstupního signálu bude mp3 přehrávač. Součástí zařízení je korekční předzesilovač ovládaný tlačítky.

Signál je přiveden přes kabel s JACKem 3,5 mm. Celý výrobek nepřesahuje velikost běžného autorádia, na jehož místě bude v automobilu umístěn. Součástí zařízení je tlačítkový korekční předzesilovač. Napájení je vyřešeno přivedením palubního napětí automobilu (12 - 14 V) na napěťový filtr a dále je pak přivedeno na předzesilovač a samotný zesilovač. Napěťový filtr je použit z důvodu rušení, které vzniká v alternátoru po zapnutí motoru.

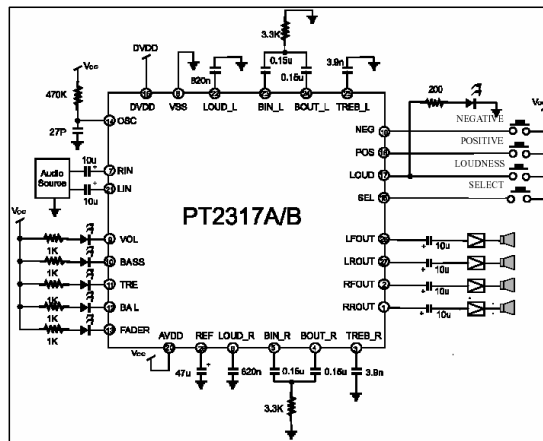
Nejdůležitější částí výrobku je samotný čip zesilovače ve třídě D. Použil jsem zesilovač od firmy MAXIM, který má označení MAX 9709. Tento čip je v pouzdře QFN, které má 56 pinů. Rozměry čipu MAX 9709 jsou 8 x 8 mm. Tento čip pracuje se stejnosměrným napětím 10 – 22 V. Jeho výkon činí 25 W na 8 Ω. Účinnost je velice vysoká, a to 87%. Z toho plyne, že zesilovač nepotřebuje externí chlazení.



obr. 1

Na obr. 1 je schéma vývojového kitu výrobce MAXIM, podle kterého je celý zesilovač postaven. Celý zesilovač je postaven na principu dvou zemí, přičemž jedna je analogová a druhá digitální. Stejně tak jsou ve schématu viditelné dva druhy napájení. Po přivedení 12 V je pro digitální část napájení usměrněno na 5 V. Signál je připojen přes vstupní filtr. Na výstupu se nachází výstupní filtr, který vyhladí signály PWM.

Jako korekční zesilovač je použit integrovaný obvod PT2317B. Tento korekční zesilovač je ovládán tlačítky. Vedle hlavní funkce, kterou je ovládání hlasitosti, disponuje funkcemi BASS, BALANCE, TREBLE a FADER. Zesílení signálu probíhá pomocí tlačítek plus a mínus ve 32 krocích. Na obr. 2 je znázorněno zapojení obvodu korekci.



Obr. 2



## Středoškolská technika 2007

Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT

### STAVEBNĚ HISTORICKÝ PRŮZKUM – Pražská 5

Jakub Ďurák

SPŠ Stavební Plzeň  
Chodské náměstí 1, Plzeň

Tento objekt se nachází v historické části Plzně v Pražské ulici u náměstí Republiky. Dům jsem si vybral z důvodu jeho bohaté historie. Je totiž registrovanou kulturní nemovitou památkou a patří do městské památkové rezervace. Nad vchodem do domu se nachází sgrafito sv. Václava, na které se také vztahuje památková ochrana.

Celá práce obsahuje šest kapitol.

- 1) úvod
- 2) historie domu
- 3) stavební historie
- 4) analytický popis stavby
- 5) seznam zdrojů
- 6) obrazová příloha

Nejpodrobnější z nich je kapitola čtvrtá, ve které jsem se pokusil o analytický popis stavby. Jelikož se jedná o poměrně rozsáhlý objekt s dvorním traktem, bylo nutné rozdělit ho na jednotlivé části. Těm jsem se pak věnoval detailně.

Velmi zajímavou je poslední příloha, ve které se mi podařilo shromáždit bohatou obrazovou dokumentaci. Podklady pro svojí práci jsem čerpal z literatury uvedené v páté části. Nermalou pomoc mi poskytli pracovníci Magistrátu města Plzně odboru památkové péče, pracovníci Stavebního archivu města Plzně a Národopisného muzea.

Nejstarší informace o domu, které se mi podařilo najít, pocházejí z 15. století. Dodnes se z té doby dochovala komorová část objektu. Kromě poznatků o dochovaných částech nebo o provedených zásadních úpravách se mi podařilo zjistit i některé majitele domu v celé jeho bohaté historii.

Stavebně historický průzkum slouží k získání informací, jak se dům především stavebně vyvíjel v historii. Na základě toho se rozhodují odborníci z řad památkářů, architektů, projektantů a v neposlední řadě stavebník (investor či přímo vlastník), jak citlivě postupovat při opravách nebo úpravách objektu.

Obr 1: Prodejna v domě







**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **DĚTSKÉ HŘIŠTĚ**

**Belinda Karlová**

SPŠ Stavební Plzeň  
Chodské náměstí 1, Plzeň

Cílem této práce je navrhnout dětské hřiště s atrakcemi, které by děti lákaly nejen v létě, ale i v zimě. Vypracovat situační návrh rozmístění atrakcí a pokusit se zjistit případné náklady na vybudování.

Uvědomila jsem si, že chodíme kolem ne vždy pěkných zákoutí, která by se dala proměnit v dětská hřiště. A kdo si hraje, nezlobí. Pozemek musí být blízko obytných domů, aby byl svým „zákazníkům“ dobře přístupný. Našla jsem takové místo, které je navíc ohraničené z jedné strany protihlukovou bariérou (Sukova ulice), z další strany je obytný dům s malometrážními byty (což je předpoklad, že je budou jako startovací byty využívat mladé rodiny s malými dětmi). Další stranu vymezuje novostavba Lesní správy. Poslední pomyslnou stranou je pěšina následovaná neudržovaným nízkým travnatým pásem a příjezdovou komunikací k budovám skladu. Vybraný pozemek jsem poté nafotografovala a vytvořila krátkou fotodokumentaci.

Výběr atrakcí jsem podřídila pozorování, co si děti nejčastěji na jiných hřištích ke svému hraní vybírají. Materiály chci volit hlavně přírodní; dřevo a provazy z přírodních vláken. Plasty zde ale mají také své místo. Např. pružné desky pro doskočiště z pryže.

V další kapitole mé práce popisují jednotlivé, mnou vybrané, prvky. Celkem jsem vybrala 9 různých prvků (umělý kopec se skluzavkou využívající terén, houpačky ptačí hnízda, kryté pískoviště, lanový most, lezecká stěna, Spaceball, trampolína, skákací panák, opičí dráha) plus lavičky a odpadkové koše. Také jsem navrhla částečné opocení pozemku.

V kapitole návrh rozmístění vybraných prvků jsem vytvořila situační mapu se zákresem stávajících budov. Středem vybraného pozemku vede vyšlapaná cestička, tu jsem použila jako optické rozdělení. Do jedné části pozemku začlenila prvky pro menší děti a do druhé pak pro ty větší.

Ceny jednotlivých prvků jsou uvedeny v následující tabulce. Je z ní patrné, že celková cena nepřesáhne 1,5 mil. Kč. Ceny jsou platné v roce 2007.

Tabulka č.1 : Odhad ceny

<b>Prvek</b>	<b>Cena bez DPH</b>	<b>Cena s DPH</b>	<b>Ks v návrhu</b>	<b>Celkem s DPH</b>
Lanový most	101 145,40	120 363,00	1	120 363,-
Skluzavka	19 200,00	22 848,00	1	22 848,00
Ptačí hnízdo velké	48 609,20	57 845,00	1	57 845,00
Ptačí hnízdo malé	46 035,30	54 782,00	1	54 782,00
Skákací panák *)	275,00	327,00	cca 9	2 943,00
Kryté pískoviště	29 243,70	34 800,00	1	34 800,00
Opičí dráha	253 769,70	301 986,00	1	301 986,00
Odpadkový koš	3 100,00	3 689,00	3	11 067,00
Duo trampolína	~ 324 000,00	~ 400 000,00	1	~ 400 000,00

Lavička se stolkem	9 300,00	11 067,00	3	33 201,00
Lezecká stěna	336 420,00	400 340,00	1	400 340,00
<b>Celkem</b>				<b>1 440 175,00</b>

\*) deska 500x500, tl.50mm; desky pro bezpečnou výšku pádu 1600mm

Zajímalo mě, jestli je můj návrh realizovatelný a tak jsem zašla na příslušné úřady a oslovila několik odborníků. A tak již vím, že na vybraném pozemku se neplánují žádné úpravy. Stěhují se sem nové mladé rodiny, což znamená i hodně malých dětí. Lesní správa navíc plánuje vybudovat dendrologickou stezku, takže by se děti při hraní mohly nenásilnou cestou i něčemu zajímavému přiučit. Nechala jsem si také vypracovat odborný posudek na realizovatelnost dětského hřiště (příloha č. 1). A nakonec jsem se snažila sladit návrh s požadavky architekta.

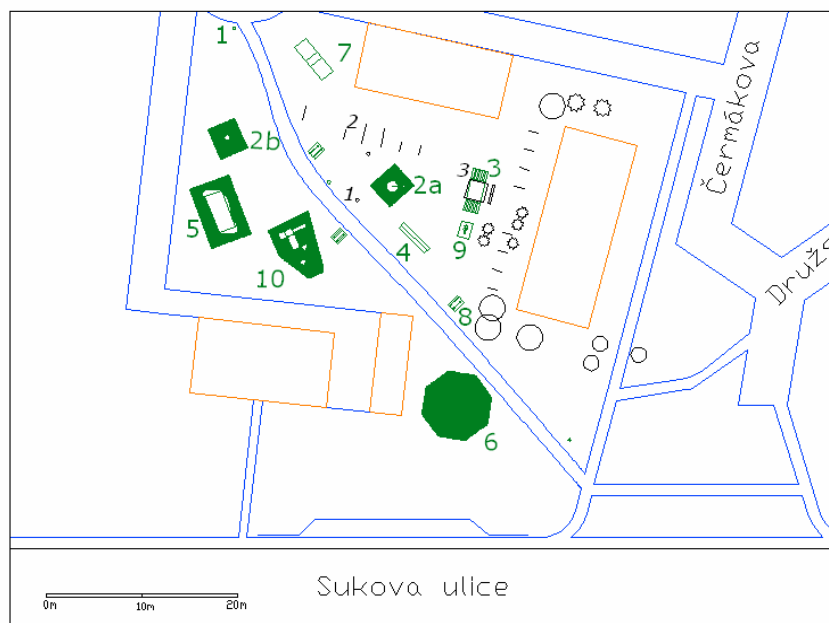
Důkladně jsem zhodnotila každý bod tohoto posudku a ke každému jsem vyjádřila svůj názor. Zakreslila jsem tedy do návrhu stávající zeleň (žádný strom nebude muset být kvůli mému návrhu poražen) a ostatní stávající prvky, v tomto případě věšáky na prádlo a stávající nekryté pískoviště. U prvků s výškou pádu v rozmezí 60-100 cm jsem zakreslila dopadové plochy. Pěší cestičku, kterou chci zlegalizovat, jsem rozšířila na 2 metry. V posudku se také hovoří o vhodnosti výběru prvků pouze od jednoho výrobce, zatím jsem ale nenašla výrobce, který by nabízel všechny v návrhu použité prvky.

V předložené práci je návrh dětského hřiště z prvků dostupných na našem trhu. Skladba prvků umožňuje vyžití dětem různých věkových kategorií. Je zde pamatováno i na aktivní doprovod. Zamezit vstup všem čtyřnožcům bez celkového oplocení areálu nelze, ale na obou koncích hřiště budou umístěny cedule se zákazem vstupu psů a umístěny speciální odpadkové koše se sáčky na psí exkrementy.

Odborníkům, kteří se vyjádřili k mé práci, patří mé upřímné poděkování.

Na návrhu je možné dále pracovat tak, aby vyhověl i finančním možnostem a jiným požadavkům.

Obr. 1: Konečný návrh hřiště



Tabulka č.1 : Legenda

<b>1</b>	Odpadkový koš	<b>5</b>	Lezecká stěna	<b>10</b>	Opičí dráha
<b>2a</b>	Ptačí hnízdo malé	<b>6</b>	Spaceball	<b>*1</b>	Stojan na volejbalovou síť
<b>2b</b>	Ptačí hnízdo velké	<b>7</b>	Tramplína	<b>2</b>	Sušáky na prádlo
<b>3</b>	Pískoviště kryté	<b>8</b>	Lavička se stolkem	<b>3</b>	Pískoviště + 2 lavičky
<b>4</b>	Lanový most	<b>9</b>	Skákací panák		

*\*) kurzívou jsou označené stávající prvky*

Prvky 2a, 2b, 6 a 10 jsou zakresleny i s dopadovými plochami do vzdálenosti 150 cm od obvodu prvku, prvek 5 do vzdálenosti 250 cm.

Přesné vysvětlení formátování příspěvku:

Pro zajištění jednotné úpravy prosíme dodržení následujícího formátu (vzorový formát příspěvku Vám též posíláme ve druhé příloze tohoto e-mailu):

Velikost příspěvku do sborníku konference je alespoň 1 strana formátu A4- jinak není délka příspěvku omezena (nečíslovat strany).

Okraje: 2,5 cm

2 volné řádky velikosti 12

název příspěvku: Times New Roman, velikost 16, tučné, všechna velká písmena, vystředěn

volný řádek

jména a příjmení autorů/autorek oddělená čárkou: Times New Roman, velikost 12, tučné, vystředěna

volný řádek velikost 12

název školy: Times New Roman, velikost 12, vystředěn

adresa školy: Times New Roman, velikost 12, vystředěna

2 volné řádky velikosti 12

text příspěvku: Times New Roman, velikost 12, řádkování 1, zarovnání do bloku.

Příspěvek může obsahovat text, tabulky, obrázky, fotografie, vzorce (včetně vysvětlení proměnných a jednotek) dle uvážení autorů.

Příspěvek prosím zašlete ve formátu DOC nebo PDF na náš kontaktní email [stretch2007@fs.cvut.cz](mailto:stretch2007@fs.cvut.cz) nejpozději do **27. května 2007**, aby mohl být zařazen na CD ROM.



## MOBILNÍ ROBOT

**Jakub Ešner, Maroš Beňo**  
**VOŠ a SPŠE Fr. Křížíka**  
**Na Příkopě 16, 110 00, Praha 1**

Inspirací pro nás byl robot Orpheus postavený studenty fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií na VUT v Brně, který plní funkci průzkumného robota v nebezpečných prostorách, ovládaný bezdrátově operátorem.

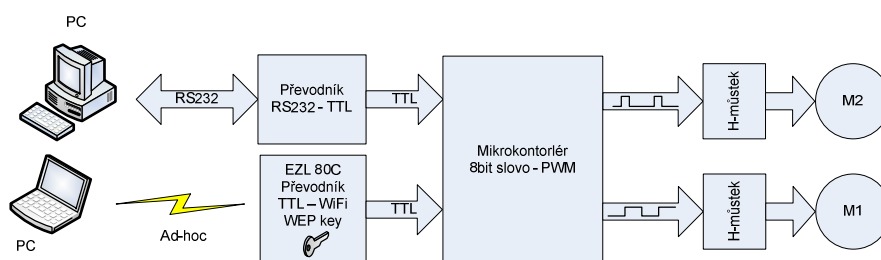
Při konstrukci mobilního robota (MR) jsme mysleli na možnost dalšího rozšíření, takže by se dalo říci, že náš robot má univerzální podvozek pro daleko složitějšího robota. A není ani problém vybavit ho senzory a řídicí logikou a tím z něj udělat zcela autonomní zařízení.

Robot je názorným příkladem využití mikrokontroléru, pulsně-šířkové modulace, sériového rozraní, bezdrátové technologie Wi-Fi a programovacích jazyků Assembler a C++.

Mobilního robota řídí mikrokontrolér PIC, který přijímá data ze sériového portu řídicího počítače na jejich základě generuje PWM signál pro motory, ovládá modelářské servo a dva sedmsegmentové led displaye, které ukazují aktuální rychlost motorů a pokud nepřijde nové slovo po dobu 0,5 s, tak se robot zastaví. Je to ochrana, aby robot neustále nevykonával poslední pokyn v případě přerušení komunikace mezi řídicím počítačem a mobilním robotem.

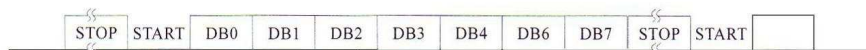
Vybrali jsme velmi známý 8-bitový mikrokontrolér PIC16F84A od firmy Microchip, který pro tento účel zcela postačuje. Jedná se o malý IO v pouzdře DIP-18. Mikrokontrolér obsahuje přepisovatelnou EEPROM paměť pro program, což je vhodné pro vývoj aplikací, kde je potřeba testovat a optimalizovat program.

Program pro mikrokontrolér jsme napsali v jazyce assembler v poznámkovém bloku, pak jsme ho překladačem přeložili do strojového kódu a programátorem nahráli do mikrokontroléru. Vyrobili jsme si JDM programátor, který se nám zdál nejjednodušší z těch, které lze nalézt na internetu.



**Obrázek 1 – Blokové schéma MR**

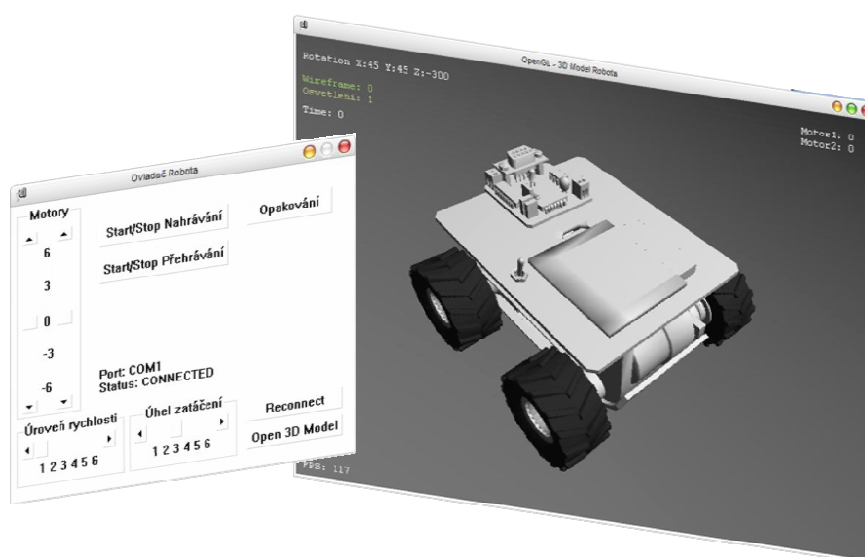
Pro komunikaci jsme zvolili nejjednodušší možnou variantu, což je 8bitový asynchronní přenos s jedním stop bitem bez parity a bez kontroly toku, takže není potřeba zapojit RTS (ready to receive/připraven k příjmu) a CTS (clear to send/připraven k vysílání) vodiče. Rychlost jsme zvolili 2400Bd, což už je dostatečně rychlé pro řízení robota a mikrokontrolér ji ještě zvládne zpracovat. Jednotka „Bd“ (z anglického slova baud) udává počet přenesených bitů po sériové lince včetně synchronizačních bitů (start bit a stop bit).



**Obrázek 2 - Asynchronní přenos osmi bitů po SCI bez parity, jeden stop bit**

Bylo by velmi nepraktické, aby byl robot řízený počítačem závislý na délce sériového kabelu, proto jsme paralelně vedle sériového rozhraní robota vybavili i bezdrátovou technologií Wi-Fi. Technologii Wi-Fi jsme vybrali pro její rozšířenost a odolnost proti rušení.

Vzhledem ke složitosti Wi-Fi a TCP/IP protokolu jsme koupili Wi-Fi modul, který je osazen výkonným mikrokontrolérem Atmel ATmega64L a CF Wi-Fi kartou. Software k Wi-Fi modulu vytvoří na PC virtuální sériový port, který umožní použít programy naprogramované pro standardně připojená zařízení na sériovém portu. Také je možné bezdrátový přenos zabezpečit WEP šifrou. Jedinou nevýhodou tohoto modulu je, že potřebuje stabilizované napájecí napětí na 3,3 V.



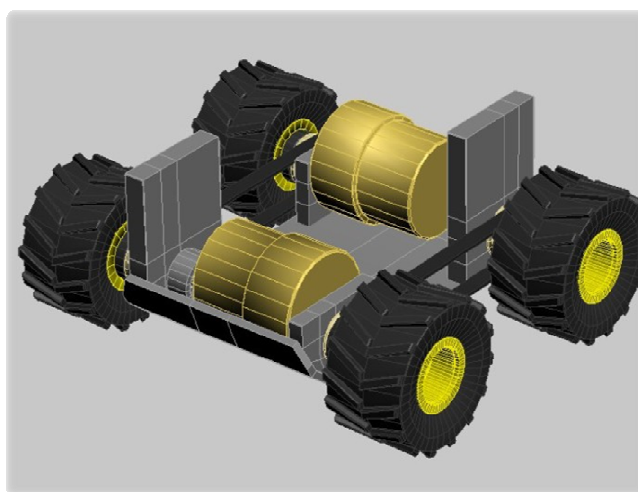
**Obrázek 6 – Ovládací program na PC**

Program řídící robota obsahuje jednoduché uživatelské rozhraní, ve kterém se nastavují rychlosti a směr otáčení jednotlivých motorů. Toto řízení se dá kompletně provádět např.

i pomocí klávesnice. Jako vhodný programovací jazyk pro program řídící robota jsme zvolili C++. Především kvůli jeho veliké efektivitě, přenositelnosti a obrovským možnostem, které tento programovací jazyk poskytuje.

Samotné posílání ovládacích příkazů pomocí sériového portu a Wi-Fi je velmi optimalizované. To znamená, že se neposílají zbytečná data a posílají se pouze při změně pohybu robota, a každých 0,5 s, aby mohl robot detekovat výpadek komunikace. Tímto opatřením necháváme prostor jiným datům, která by byla nutná posílat při případném rozšíření možností robota. Řídící data se skládají pouze z 8-bitů, tzv. jednoho bajtu.

Návrh jsme prováděli na PC v trial verzi programu 3ds Max. V měřítku jsme si nakreslili motory, baterie a kolečka a začali jsme zkoušet, která varianta by byla nejlepší, jak pro konstrukci, tak pro výsledné vlastnosti MR.



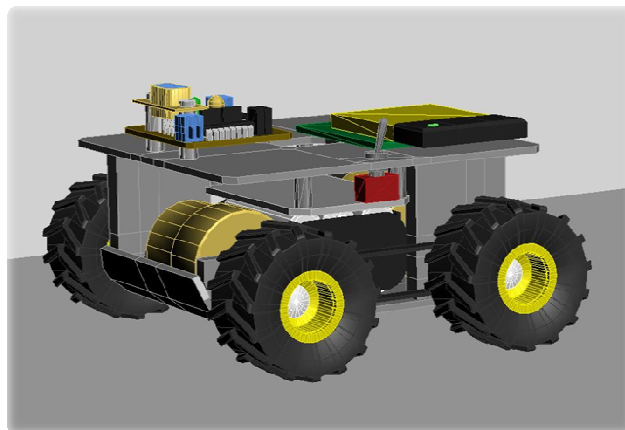
**Obrázek 3 - Podvozek mobilního robota (nakresleno programem 3Ds MAX)**

Pro velkou stabilitu MR jsme umístili nejtěžší části co nejnižše. Aby byl robot vyvážený jsou motory za sebou a mezi nimi je akupack na 6 baterií. Kolečka na straně motorů jsme umístili rovnou na hřídel motoru a pro pohon koleček na druhé straně jsme zvolili řemeny. Na straně bez motorů jsme hřídel kolečka upevnili pomocí dvou ložisek za sebou, zalisovaných v nosném sloupku horní desky.

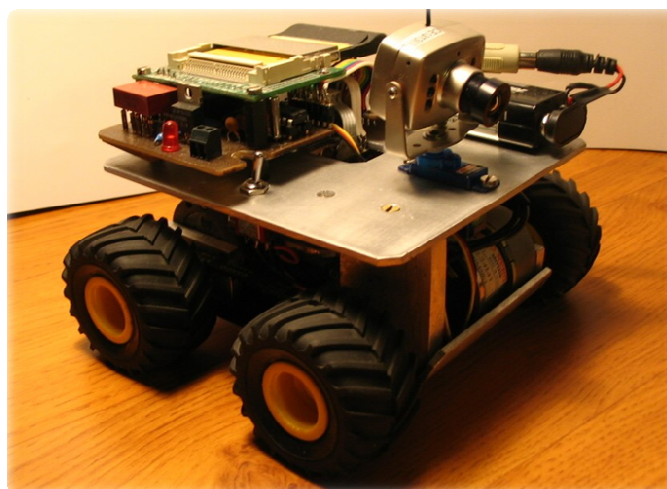
Elektroniku jsme rozdělili do dvou tištěných spojů. Jedna část je s výkonovou elektronikou, což jsou H-můstky a 5 V stabilizátor, která je umístěna pod horní deskou, mezi motory a těsně nad akumulátory. Můstky a 5 V stabilizátor jsou teplovodivou pastou spojeny s hliníkovou deskou, na které je výkonová elektronika umístěna, ale elektricky jsou od ní odděleny.

Druhá část s řídící elektronikou je umístěna na horní části robota, která obsahuje mikrokontrolér, převodník ze sériového portu na napěťovou úroveň TTL, Wi-Fi modul, posuvný registr pro buzení sedmissegmentových displayů a dva sedmissegmentové displaye. Mezi výkonovou a

řídící elektronikou jsme PWM signál oddělili optočlenem, aby nedošlo k překročení maximálního proudového odběru z mikrokontroléru. Podvozek, nosné sloupky horní desky a horní desku jsme vyrobili z kvalitní hliníkové slitiny, která je vhodná pro vyřezávání závitů.



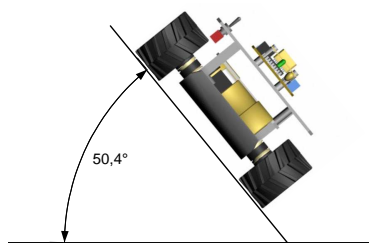
**Obrázek 4 - Hotový návrh robota**



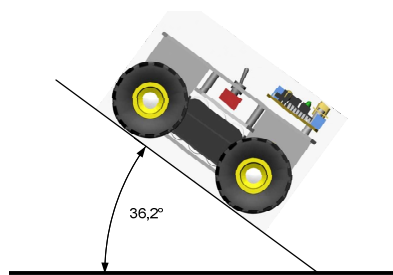
**Obrázek 5 – Fotografie hotového robota**

## PARAMETRY MOBILNÍHO ROBOTA

Hmotnost:	950 g
Délka:	130 mm
Šířka:	153 mm
Výška:	90 mm
Světlá výška:	9 mm
Stoupavost :	36,2° / 80,4%
Boční náklon:	50,4° / 112%
Maximální rychlost:	1,53 km/h = 0,43 m/s
Dosah Wi-Fi signálu:	>13 m v budově (více nebylo testováno)
Pohotovostní příkon - Wi-Fi	2,13 W
Pohotovostní příkon - pouze RS232	0,29 W
Příkon při maximální rychlosti po rovině	9,75 W (s Wi-Fi)



Obrázek 6 - Boční náklon



Obrázek 7 - Stoupavost

Práci lze použít jako návod nebo inspiraci pro výrobu mobilního robota všech možných druhů. Doporučili bychom konstrukci takového robota začínajícím robotikům, kteří si vše chtějí udělat sami, protože v práci jsou spíše popsány základní principy, jsou zvoleny jednoduché, pro většinu aplikací postačující metody a jsou popsány problémy, kterých je třeba se vyvarovat a na co si dát pozor.

Také lze robota použít jako názornou ukázkou využití mikrokontroléru, způsobu řízení motorů pulsně-šířkovou modulací nebo další praktické využití technologie Wi-Fi.

Program řídicí robota se dá použít jako názorná ukáзка programování řídicího programu, který je schopný jednoduše řídit robota, posláním řídicích dat na sériový port, dokonce i s jeho 3D zobrazením.

# TESLŮV TRANSFORMÁTOR

Michael Skřepský

VOŠ a SPŠE Františka Křížka  
Praha 1, Na Příkopě 16

Teslův transformátor se skládá ze dvou induktivně vázaných rezonančních obvodů na stejné rezonanční frekvenci. Vytváří vysoké napětí o vysoké frekvenci, které má mnoho zajímavých využití. Jsou to například efekty ve filmech, testování výbojek a zářivek, testování izolací, zapalování hořlavých látek, učební pomůcka pro rezonanční obvody a testy polovodičových měničů v extrémních podmínkách. Vysokofrekvenční vysoké napětí nezpůsobuje úrazy elektrickým proudem, proto jde o vhodnou pomůcku pro výuku.

Teslův transformátor je vzduchový transformátor pracující na svém vlastním rezonančním kmitočtu, sloužící obvykle k výrobě velmi vysokého napětí. Primární vinutí tvoří několik závitů tlustého drátu, sekundární vinutí pak několik stovek až tisíc závitů tenkého drátu v jedné vrstvě na válcové kostře. Jedná se vlastně o dva induktivně vázané rezonanční obvody. Sekundární cívka se svou vlastní indukčností a mezizávitovou kapacitou (+ případně kapacitou vybíjecí elektrody) určuje pracovní rezonanční kmitočet

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Aby docházelo k maximálnímu přenosu energie z primárního obvodu do sekundárního, je třeba primární obvod naladit na tentýž kmitočet jako obvod sekundární. Protože je mezizávitová kapacita primárního vinutí nepatrná, je nutno připojit vnější kondenzátor a doladit jím primární vinutí do rezonance.

## Teslův transformátor jako učební pomůcka

Teslův transformátor pro demonstrační účely je používán v učebnách k demonstraci následujících jevů. Vhodné pokusy jsou například tyto:

Jiskry – při provozu Teslova transformátoru z něj vycházejí elektrické jiskry do všech směrů.

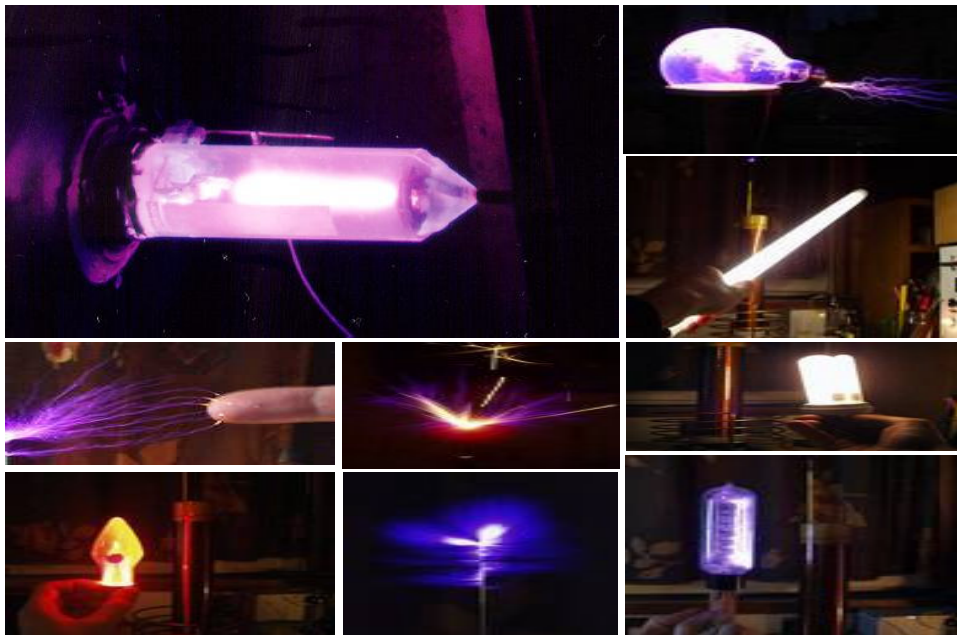
Oblouk – Při přiblížení izolované tyče s uzemněným kovovým koncem přeskočí mezi tyčí a špičkou Teslova transformátoru dlouhý oblouk.

Žárovka – V žárovce spojené s Teslovým transformátorem se vytvářejí výboje jako v plazmové kouli (Efekt prodáváný na tržnicích, který obsahuje kouli s inertním plynem a vysokonapěťový zdroj. Zařízení v kouli vytváří „blesky“).

Výbojky a doutnavky – Podstatou tohoto pokusu je přiblížení, nebo připojení doutnavky nebo výbojky k Teslovu transformátoru. Tento pokus demonstruje ionizaci vysokofrekvenčním polem a rozsvícení plynu ve výbojce.

Zářivka – Pokud k Teslovu transformátoru přiblížíme zářivku, zářivka se vysokofrekvenčním polem uvnitř ionizuje a rozsvítí na vzdálenost dva metry i více. Vyučující s takto rozsvícenou zářivkou vypadá jako rytíř se světelným mečem, což se studentům ze všech pokusů líbí nejvíc. K tomuto pokusu je možné použít i zářivku s přepálenými žhavicími vlákny.

Výbojky s plyny – Pokus ukazuje jevy ve výbojkách s různými plynovými náplněmi a různým stupněm jejich zředění.



Obr. 1: Některé pokusy s Teslovým transformátorem

Při měření je možné názorně vysvětlit tuto problematiku:

- Měření napětí, proudu, frekvence, indukčnosti, kapacity, výkonu, vlastnosti některých analogových a digitálních měřících přístrojů (rušení, neharmonické průběhy)
- Základní zapojení a funkci polovodičových měničů a výkonových elektronických obvodů
- Bezdrátový přenos energie – Použijeme Teslův transformátor nebo rezonanční obvod naladěný na stejnou frekvenci, s jakou rezonuje vysílající Teslův transformátor. Připojením vhodného měřícího přístroje nebo žárovky demonstrujeme přenos energie.
- Měření a indikace vysokofrekvenčního pole v různých vzdálenostech od Teslova transformátoru – V okolí Teslova transformátoru se vytváří elektromagnetické pole, které

působí na různé předměty. Je možné demonstrovat funkci Faradayovy klece (vnitřek vodivého objektu se odstíní od okolí nebo naopak můžeme odstínit okolí umístěním rušícího objektu do Faradayovy klece).

- Elektronový motor – Jeho podstatou je kolečko s dráty zahnutými ve směru hodinových ručiček (nebo obráceně), které se po připojení vysokého napětí začne otáčet.

Teslův transformátor pro demonstrační účely by měl být přenositelný, měl by mít dobrý ale zabezpečený přístup k řídicí elektronice, připravené měřicí body pro omezení zkratů mezi spoji s měřicím hrotem a následném zničení, dostatečný výkon a nastavení alespoň pro půlmetrové jiskry, nastavitelný výkon a měl by být dimenzován i na zatížení pro provoz do zkratu (pokus s obloukem).

Musíme dodržet zásady pro ochranu před úrazem elektrickým proudem, tj. zamezit dotyku s nebezpečným primárním okruhem a výkonovými elektronickými prvky, pracujícími s nebezpečným napětím.



Obr. 2: Autor se svým modelem Teslova transformátoru.

Práce se zaměřuje na zkvalitnění výuky na středních odborných školách elektrotechnických a na vyvolání zájmu o problematiku u studentů.



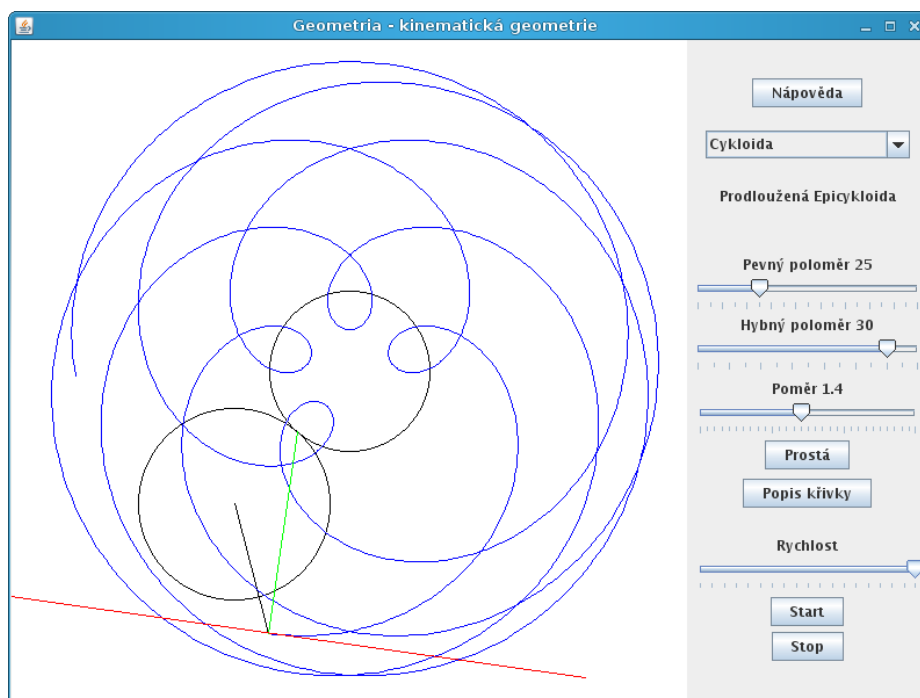


**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## Křivky kinematické geometrie – výukový program

Matěj Novotný

SPŠ sdělovací techniky  
Panská 3, Praha 1



- systém pro kreslení křivek, s možností jednoduše křivky přidávat
- obsahuje nápovědu s popisem křivek a ovládání
- kreslí cykloidy, konchoidy, spirály a jiné křivky
- u každé křivky je zobrazena konstrukce tečen a normál
- za běhu lze všechny parametry křivek měnit
- implementován v Javě – možnost použití na libovolném operačním systému
- jednoduché ovládání myši i klávesnicí
- automatické skokové zvětšení kresleného obsahu
- obsahuje optimalizace pro co možná nejplynulejší animaci, nejhladší křivku a nejmenší zatížení procesoru

Máte-li o program zájem pište na [mates.novotny@gmail.com](mailto:mates.novotny@gmail.com)



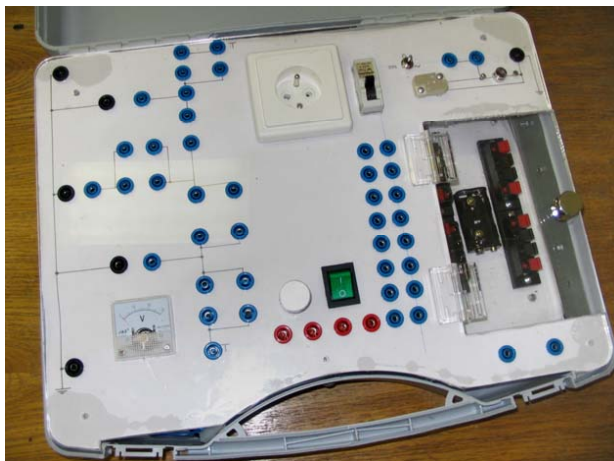
**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **POMŮCKA PRO ZÁKLADNÍ ELEKTROTECHNICKÁ MĚŘENÍ**

**Jindřich Bašek a kolektiv**

Střední průmyslová škola elektrotechnická  
Ječná 30, Praha 2

Pomůcka (ve tvaru kufříku) slouží pro ověřování základních elektrických zákonů – hlavně Ohmova zákona a prvního a druhého Kirchhoffova zákona. Kufřík je napájen ze sítě 230 V / 50 Hz. Síťové napětí je transformováno na napětí 24 V. Maximální možný dodávaný proud je 3 A. Proudové omezení je možné nastavovat pomocí potenciometru u transformátoru uvnitř kufříku. Pro měření je možné využívat i napájení stejnosměrným proudem. Střídavý proud je usměrňován dvoucestným diodovým usměrňovačem a stabilizován výkonovým stabilizátorem (LM317). Maximální hodnota stejnosměrného napětí a proudu je 30 V / 3 A. Hodnota stejnosměrného napětí se nastavuje pomocí potenciometru vedle hlavního vypínače. Hodnotu stejnosměrného napětí je možné kontrolovat pomocí ručkového voltmetru v levém dolním rohu kufříku. Pro měření na střídavém napětí 230 V / 50 Hz je kufřík osazen běžnou elektrickou zásuvkou, připojenou přes jistič na síť. To, zda bude měřený obvod napájen střídavým nebo stejnosměrným proudem, se volí pomocí přepínače vedle jističe v pravém horním rohu kufříku, kde je napájení vyvedeno na dvojici modrých zdířek.



Obr. 1: Kufřík

Celý kufřík je osazen zdírkami podle norem Evropské unie. Všechny černé zdířky v kufříku jsou navzájem propojeny a slouží jako společný zemní vodič. V levé části se nacházejí modré zdířky, uvnitř pospojované, které je možné použít pro různá sérioparalelní zapojení. Měřené součástky (rezistory, kondenzátory, ...) se umisťují do svorkovnice pod průhlednými dvířky na pravé straně. Jednotlivé pozice ve svorkovnici jsou spojeny se skupinou modrých zdířek vedle průhledných dvířek. Každé zdířce náleží jeden vývod ve svorkovnici a to ve stejném pořadí, jako je svorkovnice. Nejvíce je možné zapojit osm součástek. Pro měření charakteristik baterií je možné tyto vložit pod průhledná dvířka na připravené místo. Možná velikost baterie je AA, nejvíce dva kusy. Póly baterie jsou vyvedeny na dvě nejspodnější modré zdířky. Kufřík může být také využit pro měření VA charakteristik nelineárních odporů, jako jsou například žárovky. V pravém horním rohu je připevněna objímka pro našroubování žárovky E10 a svorkovnice pro zasunutí halogenové žárovky. Pokud se měří výkon ve střídavé síti, je možné připojit proudové a napětíové svorky wattmetru na červené zdířky, které jsou připojeny na označené modré zdířky ve skupině pro sérioparalelní zapojení.

Celý kufřík se uvádí do provozu pomocí hlavního kolébkového vypínače, který po zapnutí zeleně svítí.

Kufřík má sloužit hlavně pro měření součástek a jednoduchých zapojení a ověřování základních elektrických zákonů zábavnou formou.



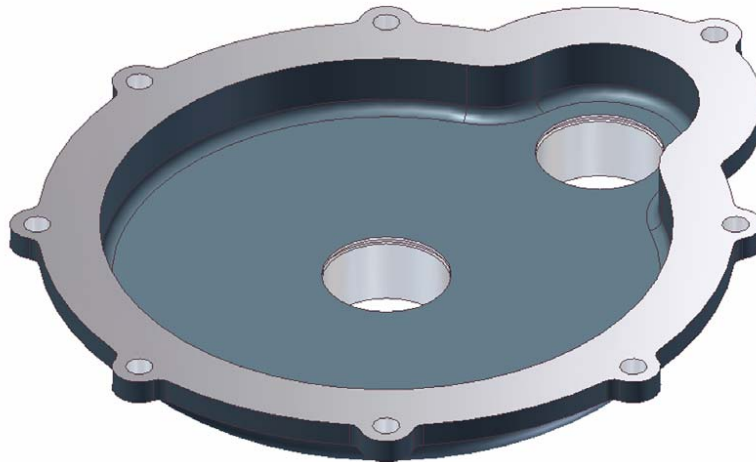
**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

**NÁZEV PŘÍSPĚVKU**

**Konstrukční návrh a výroba tělesa převodovky**

Střední průmyslová škola  
Praha 10 Na Třebešíně 2299

Žáci zaměření „Počítačová podpora konstruování“ dostali zadání zkonstruovat těleso převodovky, kde byly předepsány parametry přenášeného výkonu a otáček. Žáci vytvořili pomocí CAD software „INVENTOR“ objemový model tělesa, včetně grafické simulace uskutečněného převodu. Tento objemový model byl přenesen do výuky zaměření „Programování CNC strojů“, kde žáci stanovili technologický postup výroby na 3-osé CNC frézce, včetně návrhu polotovaru a jeho ustavení na stroji. Dále pomocí software „SURFCAM“, vygenerovali dráhu nástroje, pomocí postprocesoru vytvořili NC kód, který odladili přímo na stroji a zhotovili obrobek „těleso převodovky“.



Odpovědi pedagogičtí pracovníci:

Petr Kronus  
učitel CAM systémů  
[kronus@trebesin.cz](mailto:kronus@trebesin.cz)

Ing. Richard Strnka  
učitel CAD systémů  
[strnka@trebesin.cz](mailto:strnka@trebesin.cz)



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **MODEL ŽELEZNIČNÍHO PŘEJEZDU S AUTOMATICKÝM ŘÍZENÍM**

**Tomáš Burda**

Střední průmyslová škola elektrotechnická  
V Úžlabině 320, Praha 10

Práce se zabývá stavbou modelu železnice pro výuku automatizačních cvičení na střední odborné škole. Model obsahuje kolejiště ve velikosti TT, čtyři čidla pro snímání polohy vlaku, železniční přejezd se signalizačním zařízením a závorami, zvukové signalizační zařízení, semaforey a nádraží s osvětlením. Cílem této práce je vytvoření plně funkčního modelu pro výuku programování PLC.



Popis funkce je uveden pro jeden směr, protože oba směry jsou z hlediska ovládní totožné, v programu se mění pouze sled čidel. Vlak má připojeny všechny tři vagony. Pro popis bereme jako výchozí bod vlaku stanici.

Vzhledem k použitému typu čidel je lokomotiva upravena. Úprava lokomotivy spočívá v přilepení plíšku na její pravou stranu. Tento plíšek projíždí použitým štěrbinovým čidlem a přerušuje paprsek.

Nachází-li se vlak ve stanici, je rozsvíceno osvětlení nástupiště a semafor je nastaven na zelenou ve směru jízdy. Po rozjetí vlaku a následném projetí čidla 3 se zhasne osvětlení, semaforey se nastaví na červenou. Po projetí čidla 2 se spustí závory a světelné signalizační zařízení se přepne do aktivního stavu, tzn. že střídavě blikají dvě červené LED diody. Jelikož po projetí čidla 1 se ještě posledním vagonem vlak nachází na přejezdu, musí přejezd stále fungovat a po určitém zpoždění vypnout. Toto je na modelu možno řešit programově nebo užitím čidla 4. Vypnutí sestává ze zvednutí závor a přepnutí signalizace do klidového stavu, svítí modré LED diody. Projetím čidla 4 se rozsvítí osvětlení nástupiště, po určitém zpoždění se na semaforu rozsvítí červené LED diody. Zpoždění je nutné, protože semafor je umístěn za čidlem a bez tohoto zpoždění jel vlak na červenou, což je nepřípustné. Vlak je možno ve stanici zastavit ručně nebo programově přes PLC.

Jízdu vlaku lze ovládat dvěma způsoby. Buď pomocí programu v PLC, tzn. jedná se o plně automatizované řízení modelu. Druhým způsobem je jednoduché ovládání pomocí regulátoru rychlosti. V levé krajní poloze vlak stojí a postupným otáčením po směru hodinových ručiček a následným nastavením na požadovanou hodnotu vlak uvedeme do pohybu. Změna směru jízdy vlaku se provádí úplným otočením ovladače doleva až do sepnutí spínače, který otočí polaritu napájecího napětí a tím se změní směr jízdy vlaku.

Model je vybaven svorkovnicí s unifikovanými vstupně/výstupními signály na úrovni 24V. Tyto signály slouží k řízení uvedených součástí modelu. Funkce součástí jsou nezávislé a reagují pouze na stav vstupních signálů. Tím je umožněno vytvořit řadu zadání pro funkci celého modelu a studenty ve výuce seznámit se širokými možnostmi nasazení PLC.

K modelu lze připojit libovolné PLC a využít tak jeho možnosti pro výuku programování PLC od různých výrobců. Tato práce byla mojí dlouhodobou maturitní prací z odborných předmětů, kterou jsem úspěšně obhájoval ve školním roce 2006/2007.



**Stredoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**stredoškolských studentů na ČVUT**

## **INTELIGENTNÍ NABÍJEČKA AKUMULÁTORŮ**

**Jan Horník**

**Střední průmyslová škola elektrotechnická**  
**V Úžlabině 320, Praha 10**

Rozvoj elektrochemie má své příčiny ve velkém spotřebitelském zájmu o chemické zdroje elektrické energie. Příčiny tohoto zájmu lze rozdělit do dvou kategorií. Je to zejména velká potřeba malých zdrojů do elektrických a elektronických zařízení, přístrojů, hraček nebo rozhlasových přijímačů. Druhým hlavním důvodem je stále se zvětšující potřeba akumulátorů používaných v traci a potřeba startovacích akumulátorů u motorů v silničních dopravních prostředcích.

V minulosti můžeme vysledovat velký vývoj napájecích akumulátorů. Největší nárůst poptávky přišel s konstrukcí přenosného elektronického rádiového přijímače a později s vynálezem polovodičů. Vzrostl počet zařízení, která potřebovala přenosný zdroj elektrické energie z různých důvodů, jako je komfort nebo absence jiného zdroje elektrické energie.

S vývojem přenosných elektrických zařízení se zvyšovaly i nároky na akumulátory a primární články jako takové. U akumulátorů se stále objevuje nutnost zvětšovat množství uložené energie při daném nebo menším objemu. Současně je nutné zkracovat dobu nabíjení na nezbytné minimum.

V dnešní době se jako hlavní zdroj přenosných zařízení využívá sekundárních článků (akumulátorů). Primární články se často používají jako záložní zdroj elektrické energie. Aby se drahé primární články nemusely používat tak dlouho a aby nedocházelo k jejich vybíjení, je nutností rychlé nabíjení sekundárních článků, ovšem při dodržení podmínek daných výrobcem. Jedná se však o poměrně náročnou záležitost, kterou již nelze zařídit jednoduše a improvizovaně. Moje práce má za úkol odpovídajícím způsobem zajistit optimální nabíjení akumulátoru.

### **Popis funkce**

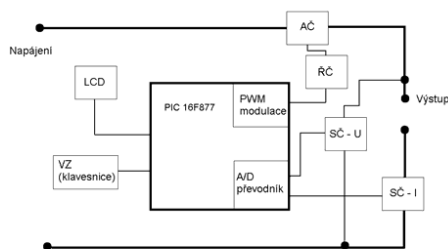
Základním požadavkem je optimální nabití akumulátoru do požadovaného stavu. Řízení je prováděno dle algoritmu, který je uložen v paměti procesoru. Pomocí pěti tlačítek se lze pohybovat v menu, kde se nastaví použitý typ akumulátoru, počet akumulátorů a kapacita. To je nutné pro volbu vhodného algoritmu – každá z kombinací má svoje specifické parametry.

Volba typu elektrochemického systému je nutná pro určení nabíjecí charakteristiky. NiCd akumulátory mají na konci nabíjecího cyklu pokles napětí, zatímco NiMH mají ke konci nabíjecího cyklu napětí konstantní. V procesoru je naprogramován algoritmus, který při zadání typu dokáže včas nabíjení vypnout.

Volba počtu akumulátorů je důležitá pro nastavení optimálního detekování konce nabíjení (volba jednoho ze čtyř děličů).

Ze zadané kapacity se vypočte maximální proud, kterým je možné bezpečně nabíjet akumulátor.

## Blokové schéma a popis jednotlivých funkčních bloků



Obr. 1: blokové schéma nabíječe

**LCD** - zobrazovací panel

**VZ** - (vstupní zařízení) slouží k zadávání vstupních hodnot, pohyb v menu  
- jedná se o čtyři směrová tlačítka a jedno potvrzovací

**ŘČ** - (řídící člen akčního členu) upravuje signál z procesoru tak, aby vyhovoval AČ  
- je tvořen třemi tranzistory (T1, T2, T3)  
- z procesoru jde informace o proudu zakódovaná pulzně-šířkovou modulací ve standardu TTL. Pokud je výstupní signál pulzně-šířkového převodníku procesoru ve stavu H, to znamená, že na výstupu je napětí cca 5V – otevře se T2, což vede k zavření T1, ale otevření T3. Tím se tranzistor T5 (součást AČ) zavře.

**AČ** - (akční člen) zajišťuje vlastní spínání nabíjecího proudu  
- je tvořen výkonovým tranzistorem spojeným s cívkou, která se nabíjí, pokud je tranzistor T5 sepnutý, a vybíjí přes diodu D1.

**SČ – I** - (snímací člen proudu) slouží jako měřič proudu  
- v procesoru zabudovaný A/D převodník převede analogovou hodnotu napětí (sejmutou na snímacím odporu) na číslcovou hodnotu, procesor jej vyhodnotí a díky vhodnému algoritmu nastaví požadovaný nabíjecí proud  
- je tvořen snímacím odporem, kde se převádí nabíjecí proud na napětí, které je zesíleno operačním zesilovačem v neinvertujícím zapojení se zesílením rovným 20. To je nutné, protože pokud by se zesilovač nepoužil, procesor by nebyl schopný nevzorkovat napětí tak přesně, a to by způsobilo hrubější nastavení proudu. Tento problém by mohl být řešen také zvětšením hodnoty snímacího odporu, to by však vedlo při velkém nabíjecím proudu k velkým ztrátám.

**SČ – U** - (snímací člen napětí) slouží jako měřič napětí  
- procesoru zabudovaný A/D převodník hodnotu převede na číslcovou, procesor jej vyhodnotí a díky vhodnému algoritmu ukončí nabíjecí cyklus  
- je tvořen sítí snímacích odporů, které jsou navrženy pro jednotlivé rozsahy. Ty jsou určeny počtem článků, který se zadává ještě před začátkem nabíjení. Po zadání počtu článků si procesor přepne jeden ze čtyř děličů a na něm snímá napětí.

Popisovací nabíječ akumulátorů umožňuje optimálně nabít akumulátory typu NiCd a NiMH různých kapacit. Díky snímání průběhu proudu a napětí během nabíjení je možné použít toto zařízení i pro nabíjení jiných typů akumulátorů (Pb). Tato práce byla mojí dlouhodobou maturitní prací z odborných předmětů, kterou jsem úspěšně obhájil ve školním roce 2006/2007.





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **TEORIE VZNIKU DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE**

**Ondřej Navrátil**

Střední průmyslová škola  
Havlíčkova 2, Přerov

Ve své ročníkové práci jsem se zabýval teorií vzniku digitální fotografie. Tato práce se mi započítává do maturitního hodnocení. Její součástí je třicetistránkový dokument, prezentace a html učebnice.

Snažil jsem se alespoň krátce popsat většinu základních pojmů a funkcí, se kterými se můžeme v běžné fotografické praxi potkat. Samozřejmě je ale velmi těžké hovořit o fotografické technice jen tak obecně. Je v ní značné rozpětí. Jsou obrovské rozdíly mezi kompaktem a zrcadlovkou s výměnnými objektivy. Přesto doufám, že se mi podařilo vytvořit základní přehled o velmi často slychaných pojmech.

Předem chci upozornit, že jsem se rozhodl vynechat v mé práci mobilní telefon s fotoaparátem, kterému nelze věnovat větší pozornost, neboť fotografie jsou velmi nekvalitní, a také nezmiňuji datové stěny, které mají uplatnění v profesionální fotografii.

Pro své ukázkové fotografie jsem použil 2 fotoaparáty. Elektronickou zrcadlovku KODAK EasyShare Z740 (10x optický ZOOM, 5MPx) a digitální zrcadlovku CANON EOS 30D (objektiv 50mm, 8 MPx).

Nejprve jsem se věnoval vývoji a vzniku digitálních fotoaparátů. Původní koncepce, která se stále používá byla vymyšlena už v době Leonarda da Vinciho, jen se tehdy obraz ze stínítka překresloval ručně na papír. Ale konstrukce světlotěsné skříňky s otvorem, kterým regulujeme množství světla a dobu po kterou bude snímač zaznamenávat, se využívá už několik století.

Podle typu konstrukce jsem rozdělil fotoaparáty do tří kategorií: kompaktní přístroje, zrcadlovky a speciální typy konstrukce. Zaměřil jsem se na jednotlivé technické parametry přístrojů v těchto kategoriích a také na různá řešení jejich konstrukce (výsuvný a periskopový objektiv u kompaktních přístrojů; EVF a DSLR zrcadlovky).

V další části jsem postupně popsal jednotlivé konstrukční prvky a to ve směru jak vzniká fotografie – přes objektiv, snímač až k ukládání snímků. Podrobně jsem se zaměřil hlavně na parametry a vlastnosti objektivů (ohnisková vzdálenost, ZOOM, zobrazovací úhel, světelnost objektivu) a na princip snímání obrazu snímačem. Podrobně jsem také popsal, jak všechny tři typy (CCD, CMOS, CMOS Foveon X3) fungují.

V poslední části jsem popsal vybrané funkce digitálních fotoaparátů. Rozdělil jsem je na dvě kategorie – základní (ty by měl znát a používat každý) a pokročilé (pro ty co rádi zkoušejí nové věci) jednotlivé funkce jsem demonstroval na vlastních fotografiích. Mezi základní funkce jsem zařadil datové formáty a komprese, nastavení bílé, makro fotografie, zajímavé efekty (sépie, černobílé). K pokročilým řadím kompenzaci expozice, ostření, hloubku ostrosti, nastavení clony, citlivost ISO, nastavení času. V poslední části jsem zmínil i sériové snímání a tvorbu panoramat.

Během mého půlročního snažení jsem se dozvěděl plno teoretických ale i praktických poznatků o fotografování. Jsem si vědom toho, že ve svém rozsahu nemohla být práce dostatečně detailní, protože obor digitální fotografie je velmi rozsáhlý a navazuje na několikasetletý vývoj fotografie analogové. Přesto doufám, že může skvěle posloužit začínajícímu fotoamatérovi a osvětlit mu tak problematiku a možnosti fotografování.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **SROVNÁNÍ METOD STANOVENÍ CELKOVÝCH AKTIVIT ALFA A BETA VE VODÁCH**

**Matěj Tripský**

Masarykovo gymnázium  
Jičínská 528, Příbor

## 1 ÚVOD

Stanovení celkových objemových aktivit  $\alpha$  a  $\beta$  jsou základní metody pro stanovení obsahu radioaktivních látek ve vodách. Existuje několik metod jejich praktického provedení. Pro celkovou objemovou aktivitu alfa ( $c_\alpha$ ) existují metody popsané v české technické normě <sup>(2)</sup> ČSN 75 7611:

1. v odstavci 4 – Měření směsi odparku vzorku vody se scintilátorem ZnS(Ag)
2. v odstavci 5 – Měření zbytku po žíhání okénkovým proporcionálním nebo scintilačním detektorem
3. a dále metodika, která v systému ČSN zařazena není, stanovení pomocí kapalinové scintilace vyvinuté a publikované v práci <sup>(1)</sup>.

Pro stanovení celkové objemové aktivity beta ( $c_\beta$ ) se používá jednak metoda popsaná v české technické normě <sup>(3)</sup> ČSN 75 7612 a jednak lze použít opět metodu kapalinové scintilace.

Odběry vod a většina praktických stanovi probíhala ve spolupráci s Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou Českého vysokého učení technického v Praze (FJFI ČVUT v Praze), kde probíhalo měření pomocí metody kapalinové scintilace a se Státním ústavem radiační ochrany, pracoviště Ostrava (SÚRO Ostrava), kde bylo měřeno ostatními metodami.

Cílem práce bylo srovnání jednotlivých metod pro stanovení celkové objemové aktivity  $\alpha$  a celkové objemové aktivity  $\beta$  ve vodách, jednoduchosti provedení metodik a vzájemné porovnání získaných výsledků.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Měření směsi odparku vzorku vody se scintilátorem ZnS(Ag)

Stanovení je založeno na měření záření alfa vysílaného radionuklidy obsaženými v látkách ze vzorku vody. Popisovaná metoda pro měření  $\alpha$  záření a také metoda kapalných scintilátorů (viz kapitola 2.3) využívá vlastnosti některých látek, tzv. **scintilátorů**. Scintilátor je látka, která využívá excitačních účinků ionizujícího záření. Při absorpci záření se vždy část energie záření spotřebovává na vznik excitovaných stavů v absorbující látce. V některých látkách se při následné deexcitaci přeměňuje excitační energie na energii světelnou, to se jeví jako světelný záblesk (luminiscence). K registraci světelných záblesků slouží fotonásobič, který je převádí na elektrické impulsy.

Veškeré látky, popř. rozpuštěné látky, se ze vzorku koncentrují odpařením. Po odpaření vody se k soli přidá scintilátor. Vzorek i s přidaným scintilátorem se vysuší do sucha. Takto připravený preparát se uchová ve tmě a měří se v intervalu 24 h až 48 h od vysušení s použitím fotonásobiče. Pro zjištění účinnosti se používá metoda standardního přídávku, díky kterému je možno stanovit i velmi nízké aktivity. Příprava vzorku s přídávkem standardu je podobná jako u přípravy vzorku. Do jiné kádinky se připraví stejný objem vzorku a do ní se přidá radionuklid o známé aktivitě a objemu, další postup je stejný jako pro vzorek.

### 2.2 Měření odparku okénkovým proporcionálním nebo scintilačním detektorem

Proporcionální počítače patří do skupiny plynových ionizačních detektorů využívajících ionizačních účinků záření v plynech. Na vnitřní stěně detektoru je kovová folie, která tvoří katodu a v ose detektoru je tenký drát tvořící anodu. Detektor je naplněn vhodným plynem a na elektrody je vloženo stejnosměrné napětí, podle typu detektoru 400 až 2 000V. Vnikne-li částice do detektoru, ionizuje podél své dráhy plynovou náplň a vzniká mnoho kladných iontů a elektronů. Ty se pohybují k příslušným elektrodám a plynová náplň se stává na krátký okamžik vodivou. Každá částice tak vyvolá proudový impuls. Proudové pulsy se převádějí na pulsy napěťové, které se dále zpracovávají.

V této práci byly vzorky měřeny v průtokovém proporcionálním počítači, protože tímto počítačem lze měřit při nízkých pracovních napětích  $\alpha$  záření, při pracovních napětích vyšších je detekováno záření  $\beta$ . V tomto detektoru se měřená radioaktivní látka umísťuje před okénko detektoru, kterým kontinuálně proudí plynová náplň ze zásobníku. Výhodou použití plynového proporcionálního detektoru je při dvoukanálovém zapojení stanovit současně celkovou objemovou aktivitu alfa a beta, nevýhodou je naproti tomu právě nižší citlivost této metody pro stanovení celkových objemových aktivit alfa.

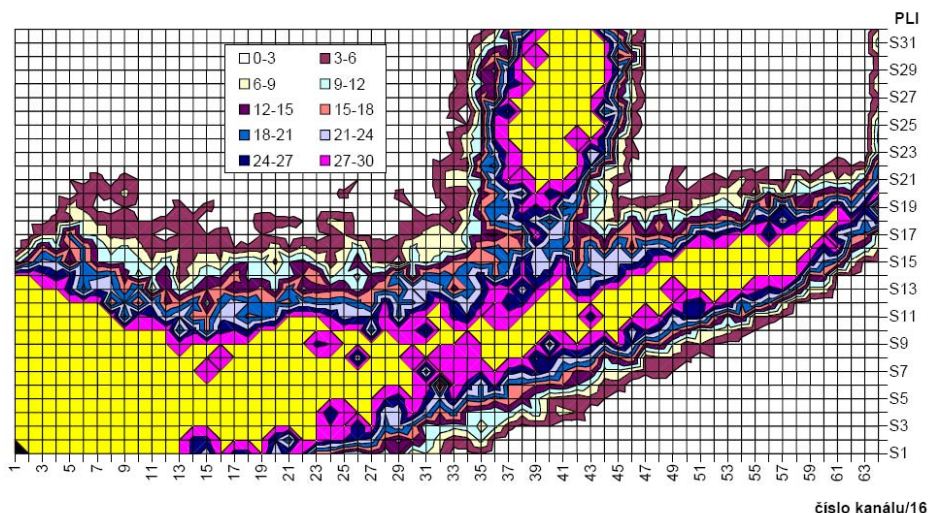
### 2.3 Měření pomoci kapalinových scintilátorů

Detekční systémy založené na scintilaci v kapalných organických scintilátorech se nazývají zkráceně LSC systémy (Liquid Scintillation Counting) nebo česky ekvivalentně kapalinová scintilační spektrometrie (KSS). V této práci bude nadále používáno označení LSC. Tato metoda znovu využívá vlastnosti scintilátorů, jejichž vlastnosti byly popsány v kapitole 2.1. Avšak v tomto případě se k soli nepřidává pevný scintilátor, ale tato sůl se smísí ve skleněné měřicí ampulce s vhodným malým množstvím destilované vody a dále se přidá potřebný objem scintilačního koktejlu. V této metodice se tedy na rozdíl od výše zmíněných postupů

pracuje se scintilátorem v kapalném skupenství. Díky tomu, že vzorek je v přímém kontaktu se scintilátorem, může účinnost měření dosahovat až 100%.

V přístroji je ampule se vzorkem vložena do světlotěsné cely. Vzniklé fotony fluorescenčního záření jsou registrovány jedním nebo více fotonásobiči a převáděny na elektrický signál, u kterého je zachována informace o druhu a energii původního záření. Každému takovému impulsu je přiřazeno číslo kanálu, které odpovídá energii původního záření. V LSC je také možné rozlišovat impulsy podle jejich délky, čímž je spolu s rozlišením jejich energie umožněn vznik trojrozměrného záznamu, kde na ose X jsou uvedena čísla kanálu, na ose Y délky pulsů (tzv. PLI – Pulse Length Index) a osa Z odpovídá četnosti impulsů (viz Graf 1). Pro tento typ spektra používá výrobce přístroje označení 2D spektrum, i když ve skutečnosti jde o projekci trojrozměrného spektra do plochy. V dalším textu je používáno obecné označení 2D spektrum.

Celkově díky tomu, že se liší intenzita a délka impulsu podle druhu interagující částice, je možné oddělit různé druhy záření a také měřit jejich energii. Tím se dostáváme k další výhodě LSC, diskriminaci podle osy x a y je možno oddělit impulsy způsobeny  $\alpha$  i  $\beta$  zářiči. Tato vlastnost zkracuje dobu potřebnou pro zpracování a měření vzorku, neboť stačí vytvořit jen jeden preparát pro zjištění  $c_\alpha$  a  $c_\beta$ , protože přístroj zároveň měří alfa i beta impulsy. Tuto vlastnost můžeme pozorovat na 2D spektru, kde je zachyceno spektrum přírodního uranu tedy alfa i beta zářiče.



**Graf 1: 2D spektrum  $^{nat}U$ , pík záření alfa nezasahuje do pásu impulsů záření beta**

Bohužel v reálných případech dochází k několika jevům, které způsobují komplikace při vyhodnocování spektra, proto se používají korekční a kalibrační postupy, které způsobené chyby dokáží minimalizovat nebo i zcela odstranit

Pro nastavení přístroje a jeho správné měření je třeba zajistit několik podmínek. Prvním krokem pro separaci alfa a beta záření je správné nastavení PLI hranice, která oba typy záření odděluje. Toto nastavení je možné provést pomocí měření kalibračních vzorků čistého alfa a beta zářiče nebo například výpočetně spolu s měřením čistého a směsného zářiče ( $^{40}K + ^{nat}U$ ). Toto nastavení je důležité i proto, aby bylo možné určit míru tzv. „přeslechlů“, které určují průnik spektra alfa do okna beta a naopak. Hodnota „přeslechlů“ P [%] pro alfa a beta okna se vypočítá jako:

$$P_{\alpha} = \frac{CPM_{\alpha B}}{CPM_{\alpha B} + CPM_{\alpha A}} \quad P_{\beta} = \frac{CPM_{\beta A}}{CPM_{\beta A} + CPM_{\beta B}} \quad (1),$$

kde	$CPM_{\alpha A}$	je počet alfa impulsů v alfa okně
	$CPM_{\beta B}$	počet beta impulsů v beta okně
	$CPM_{\alpha B}$	počet alfa impulsů v beta okně
	$CPM_{\beta A}$	počet beta impulsů v alfa okně
	$P_{\alpha}$	hodnota přeslechů alfa do beta okna
	$P_{\beta}$	hodnota přeslechů beta do alfa okna

Optimální nastavení PLI se určuje jako nastavení, kde  $P_{\alpha} = P_{\beta} = P$ . Tato hodnota se stanoví jako průnik závislosti hodnoty přeslechů na poloze PLI jednotlivých čistých zářičů. Pro celkové čisté četnosti jednotlivých typů záření potom platí:

$$N_{\alpha \text{ celková}} = \frac{N_A - P(N_A + N_B)}{1 - 2P} \quad \text{a} \quad N_{\beta \text{ celková}} = \frac{N_B - P(N_A + N_B)}{1 - 2P} \quad (2),$$

kde  $N_A$  ( $N_B$ ) je celkový počet impulsů v okně alfa resp. beta,  $P$  je hodnota přeslechu a  $N_{\alpha \text{ celková}}$  ( $N_{\beta \text{ celková}}$ ) je celkový počet měřených impulsů záření alfa (beta). Dalším optimalizačním krokem je nastavení mezi měřicích oken kanálu alfa a beta (při už zjištěné hodnotě PLI), tedy nastavení spodní a horní meze těchto oken pomocí FOM (Figure of Merit). Pro toto měření se připravuje tzv. „slepý vzorek“ pro zjištění pozadí a při daném nastavení měřicích oken se hledá maximální hodnota poměru čisté četnosti impulsů vzorku ku četnosti pozadí.

Velkým problémem je zhašení vzorku. To je proces, kdy jsou, ve zjednodušeném případě, scintilační fotony pohlceny prostředím dříve než se dostanou do fotonásobiče. Také je často snížena energie těchto fotonů a celková délka scintilačního pulsu. K těmto jevům dochází, když jsou v systému přítomna absorpční nebo barevná centra, při vysoké solnosti nebo kyselosti vzorku. Celé spektrum je pak posunuto a stlačeno k nižším hodnotám energií a četností.

## 2.4 Celková objemová aktivita alfa ( $c_{\alpha}$ )

Je to ukazatel možného obsahu radionuklidů s přeměnou alfa ve vodě. Vyjadřuje se součtem objemových aktivit radioizotopu uranu  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$  v jejich přírodní směsi, která poskytuje stejnou odezvu jako měřený vzorek. Zjištěná hodnota postihuje radionuklidy vysílající záření alfa, a to různou měrou, některé nepostihuje vůbec. Slouží zejména jako podklad k rozhodování o potřebě stanovení objemových aktivit jednotlivých radionuklidů ve vodě. To znamená, že pokud je hodnota celkové objemové aktivity nižší než tzv. směrná hodnota, uvedená v tabulce č. 4 přílohy č. 10 vyhlášky č. 307/2002 Sb. v platném znění<sup>(4)</sup>, je voda vyhovující danému účelu užívání a není zapotřebí provádět další, podrobnější analýzy jednotlivých radionuklidů, které jsou časově i finančně náročné.

Protože při stanovení zaznamenáváme vlastně najednou záření různých radionuklidů a veličina aktivita je definovaná vždy jen pro jeden konkrétní prvek, nejedná se ve fyzikálním smyslu o měření aktivit, ale jejich součet. Proto také není možno pro vyjádření výsledné hodnoty použít jednotku aktivity Becquerel [ $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$ ], ale musí být vyjádřena pomocí fyzikálního rozměru rozpadů [ $\text{s}^{-1}$ ].

V této práci jsou pro srovnání použity tři metody pro měření  $c_\alpha$ . Jsou to metoda pevného scintilátoru ZnS(Ag), měření proporčním počítačem a metoda LSC.

### Výpočet celkové aktivity alfa $c_\alpha$ [ $s^{-1}/l$ ]

#### 1. Pro metodu se scintilátory:

$$c_\alpha = \frac{\frac{N_v}{t_v} - \frac{N_p}{t_p}}{\eta \cdot V} \quad (3),$$

kde  $N_v$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku;  
 $N_p$  počet impulsů za celkovou dobu měření pozadí;  
 $t_v$  celková doba měření vzorku, v s;  
 $t_p$  celková doba měření pozadí, v s;  
 $V$  objem vzorku zpracovaného na preparát, v l;  
 $\eta$  účinnost měření, v  $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ ;

#### 2. Pro metodu PP:

$$c_\alpha = \frac{\frac{N_v}{t_v} - \frac{N_p}{t_p}}{\eta \cdot V \cdot R} \quad (4),$$

kde  $N_v$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku;  
 $N_p$  počet impulsů za celkovou dobu měření pozadí;  
 $t_v$  celková doba měření vzorku, v s;  
 $t_p$  celková doba měření pozadí, v s;  
 $V$  objem vzorku zpracovaného na preparát, v l;  
 $\eta$  účinnost měření, v  $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ ;  
 $R$  korekční faktor

$$R = \frac{m_2}{m_1}$$

kde  $m_1$  je hmotnost zbytku po žihání odpovídajícího objemu  $V$   
 $m_2$  navážka zbytku po žihání pro měření

### Výpočet účinnosti měření pro $c_\alpha$

#### 1. Pro metodu se scintilátory:

$$\eta = \frac{\frac{N_z}{t_z} - \frac{N_p}{t_p}}{a_U \cdot m_U} \quad (5),$$

kde  $N_z$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku s přidavkem roztoku uranu;  
 $t_z$  celková doba měření vzorku s přidavkem roztoku uranu, v s;  
 $a_U$  měrná aktivita uranu etalonového roztoku,  $Bq \cdot g^{-1}$ ;  
 $m_U$  hmotnost přidavku roztoku uranu, v g;  
 $N_p, t_p$  viz vzorec (3)

#### 2. Pro metodu PP:



$$\eta = \frac{\frac{N_z}{t_z} - \frac{N_p}{t_p}}{a_z \cdot m_{z2}} \quad (6),$$

kde  $N_z$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku s přidavkem roztoku uranu;  
 $t_z$  celková doba měření vzorku s přidavkem roztoku uranu, v s;  
 $m_{z2}$  navážka preparátu na měřicí misce, v g;  
 $a_z$  měrná aktivita preparátu, v  $\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ ;

$$a_z = \frac{a_U \cdot m_U}{m_{z1}}$$

$a_U$  měrná aktivita uranu etalonového roztoku,  $\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ ;  
 $m_U$  hmotnost přidavku roztoku uranu, v g;  
 $m_{z1}$  hmotnost zbytku po žíhání preparátu, v g;

$N_v, t_v$  viz vzorec (4)

Všechny tyto vztahy jsou uvedené v české technické normě <sup>(2)</sup> ČSN 75 7611 Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa.

## 2.5 Celková objemová aktivita beta ( $c_\beta$ )

Je to ukazatel možného obsahu radionuklidů s přeměnou beta, zjištěný podle <sup>(3)</sup>. Vyjadřuje se součinem objemových aktivit isotopu  $^{40}\text{K}$  přírodního draslíku a zastoupením jeho přeměny beta s emisí elektronu ( $\beta^-$ ), který poskytuje stejnou odezvu jako měřený vzorek. Zjištěná hodnota postihuje radionuklidy vysílající záření beta, a to různou měrou, některé nepostihuje vůbec. Slouží zejména jako podklad k rozhodování o potřebě stanovení objemových aktivit jednotlivých radionuklidů ve vodě.

V této práci jsou pro srovnání použity dvě metody pro měření  $c_\beta$ . Jde o měření proporcionálním počítačem a metoda LSC.

### Výpočet celkové objemové aktivity beta $c_\beta$ [ $\text{s}^{-1}/\text{l}$ ]

$$c_\beta = \frac{\frac{N_v}{t_v} - \frac{N_p}{t_p}}{\eta \cdot V \cdot R} \quad (7),$$

kde  $N_v$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku;  
 $N_p$  počet impulsů za celkovou dobu měření pozadí;  
 $t_v$  celková doba měření vzorku, v s;  
 $t_p$  celková doba měření pozadí, v s;  
 $V$  objem vzorku zpracovaného na preparát, v l;  
 $\eta$  účinnost měření, v  $\text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$ ;  
 $R$  korekční faktor

$$R = \frac{m_2}{m_1}$$

kde  $m_1$  je hmotnost zbytku po žíhání odpovídajícího objemu  $V$   
 $m_2$  navážka zbytku po žíhání pro měření

### Výpočet účinnosti měření pro $c_{\beta}$

$$\eta = \frac{\frac{N_z}{t_z} - \frac{N_p}{t_p}}{14,4 \cdot m_z} \quad (8),$$

kde  $N_z$  je počet impulsů za celkovou dobu měření vzorku s přidavkem roztoku uranu;  
 $t_z$  celková doba měření vzorku s přidavkem roztoku uranu, v s;  
14,4 součin zastoupení přeměny beta s emisí elektronů ( $\beta$ )  $^{40}\text{K}$  a měrná aktivita  $^{40}\text{K}$  v chloridu draselném v  $\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$   
 $m_z$  hmotnost chloridu draselného, v g;  
 $N_p, t_p$  viz vzorec (7)

Všechny tyto vztahy jsou uvedené v české technické normě <sup>(3)</sup> ČSN 75 7612 Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity beta

### 2.6 Nejmenší významná a detekovatelná aktivita

Získaný výsledek je vždy nutno porovnat s nejmenší významnou celkovou objemovou aktivitou  $c_{NV}$ , pokud je naměřená hodnota menší než vypočtená  $c_{NV}$ , udává se výsledek jako menší než nejmenší detekovatelná celková objemová aktivita ( $c_{ND}$ ). Příslušné nejmenší aktivity se vypočtou podle následujících vztahů:

$$c_{ND} = \frac{u^2}{t_v \cdot \eta \cdot V \cdot R} + 2u \frac{\sqrt{N_p \left(1 + \frac{t_p}{t_v}\right)}}{\eta \cdot t_p \cdot V \cdot R} = \frac{u^2}{t_v \cdot \eta \cdot V \cdot R} + 2c_{NV} \quad (9),$$

kde  $u$  je kvantil normálního rozdělení pro zvolenou hladinu významnosti  $\alpha$ , pro běžné stanovení  $u = 1,645$ ;

$\eta$  účinnost měření;  
 $N_p$  počet impulsů pozadí za celkovou dobu měření slepého vzorku;  
 $t_p$  celková doba měření slepého vzorku, v s;  
 $t_v$  celková doba měření vzorku, v s;  
 $V$  objem vzorku vody zpracovaného na preparát, v l;  
 $R$  chemický výtěžek

Hodnota nejmenší významné objemové aktivity  $c_{NV}$  se vypočte podle vztahu:

$$c_{NV} = u \cdot \frac{\sqrt{N_p \left(1 + \frac{t_p}{t_v}\right)}}{\eta \cdot t_p \cdot V \cdot R} \quad (10),$$

kde  $u, \eta, N_p, t_p, t_v, V, R$  jsou stejné jako ve vztahu (9).

Všechny tyto vztahy jsou uvedené v české technické normě <sup>(5)</sup> ČSN 75 7600 Jakost vod – Stanovení radionuklidů – Všeobecná ustanovení.

### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

#### 3.1 Odběry vod

Protože cílem práce je porovnat jednotlivé metodiky, byly vzorky vod vybrány tak, aby obsahovaly zvýšená množství radionuklidů, což dává možnost srovnání výsledků. Proto byly odebrány některé vody minerální, voda vytékající z bývalého kamenouhelného dolu, vody z podzemního pramene, ve které byla dříve zjištěna vyšší hodnota obsahu radionuklidů, tři vzorky odpadních vod z okolí úložiště radioaktivního odpadu a nakonec dva vzorky vod vytékajících z bývalých uranových dolů. V Tab. 1 jsou uvedeny další důležité údaje o jednotlivých vzorcích. Místo odběru není určeno přesně kvůli zachování anonymity vzorku.

Tab. 1: Odběry vod a jejich průvodní listy

Číslo vzorku	Místo odběru	Druh a typ vody	Datum odběru	Čas odběru
341_06	Teplíce nad Bečvou	Minerální	4.10.2006	Není znám
359_06	Karviná	Důlní	10.10.2006	Není znám
360_06	Štramberk	Podzemní	12.10.2006	12:30
382_06	Vzorek A	Odpadní	Není známo	Není znám
383_06	Vzorek B	Odpadní	Není známo	Není znám
384_06	Vzorek C	Odpadní	Není známo	Není znám
385_06	Čisticí zařízení	Důlní	6.11.2006	11:30
386_06	Potok Litávka u obce Cihelna	Povrchová	6.11.2006	12:00

Pozn. 1: U vzorků 382\_06, 383\_06 a 384\_06 bylo odebráno nedostatečné množství vody.

Při odběru bylo postupováno podle metody popsané v české technické normě <sup>(6)</sup> ČSN EN 25667-1. Pro odběr vzorku vod byly použity 10 l polyethylenové kanystry, jak je popsáno v české technické normě <sup>(7)</sup> ČSN EN 25667-2, které byly před každým odběrem vymyty vodou, dále vypláchnuty zředěnou (1+5) kyselinou chlorovodíkovou a pak opět destilovanou vodou. Kanystry byly naplněny vodou vzorku a označeny číslem nesmyvatelným fixem. Kanystry musí být během přepravy uzavřeny, aby nedošlo ke ztrátě vzorku nebo k jeho kontaminaci. U každého odebraného vzorku byl vyplněn průvodní list, který obsahuje všechny důležité údaje o vzorku.

Po přivezení vzorku do laboratoře se vzorek konzervuje, aby nedošlo k jeho změně (sorpci přítomných radionuklidů na stěnách vzorkovnice) a tím k podhodnocení vzorku po měření. Konzervace se provádí, podle pokynu uvedených v české technické normě <sup>(8)</sup> ČSN EN ISO 5667-3, pomocí kyseliny dusičné. Na konzervaci bylo použito 10 ml 50% HNO<sub>3</sub> na litr vzorku.

## 3.2 Stanovení celkové objemové aktivity alfa pomocí ZnS(Ag)

### Použitá laboratorní zařízení

Laboratorní sušárna Durocell, výrobce BMT  
Analytické váhy Pesa, typ:240A  
Topná deska HEKERA (MORA)

### Příprava vzorků

Nejprve bylo zapotřebí stanovit koncentrace solí ve vodě. Platinové kelímky o objemu cca 100 ml byly ponechány k vysušení v sušárně při 105°C po dobu 1 hodiny, potom byly vytáhnuty a uloženy do exsikátoru a nechaly se vychladnout. Poté byly kelímky zváženy na analytických vahách a jejich hmotnosti byly zapsány jako původní hmotnost kelímku -  $m'$ . Původní hmotnosti jsou uvedeny později v Tab. 3. V odměrné baňce bylo odměřeno 50 ml nebo 100 ml vody vzorku, která byla následně přelita do předem zvážených platinových kelímků. Použité objemy vod jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2: Odpařované objemy vzorků

Číslo vzorku	Odpařovaný objem V' [ml]	Číslo vzorku	Odpařovaný objem V' [ml]
341_06 A	100	383_06 A	50
341_06 B	100	383_06 B	50
359_06 A	50	384_06 A	50
359_06 B	50	384_06 B	50
360_06 A	100	385_06 A	50
360_06 B	100	385_06 B	50
382_06 A	50	386_06 A	50
382_06 B	50	386_06 B	50

Poté byly kelímky s vodou vloženy do sušárny a při 105°C opět vysušeny do sucha. Po jejich vysušení a vychladnutí v exsikátoru byly zváženy hmotnost kelímku s odparkem -  $m$ , od této hmotnosti byla odečtena hmotnost prázdného kelímku, a tak byla získána hmotnost čistého odparku  $m_o$ . Hmotnost odparku je tedy možno vypočítat jako:

$$m_o = m - m' \quad (11),$$

Zjištěné hmotnosti prázdných kelímků, kelímků s odparkem a z nich vypočtené hmotnosti odparku jsou uvedeny v Tab. 3.

**Tab. 3: Hmotnosti kelímků a odparků při 105°C**

Číslo vzorku	Hmotnost [g]:					
	prázdných platinových kelímků m <sup>c</sup>		kelímků s odparkem m		Odparku m <sub>o</sub>	
	(A) velká	(B) malá	(A) velká	(B) malá	(A) velká	(B) malá
<b>341_06</b>	62,0130	43,6945	63,7546	45,7315	1,7416	2,0370
<b>359_06</b>	62,0111	43,6935	64,1373	45,8471	2,1262	2,1536
<b>360_06</b>	62,0129	43,6942	62,0983	43,7819	0,0854	0,0877
<b>382_06</b>	61,9402	43,6002	61,9782	43,6380	0,0380	0,0378
<b>383_06</b>	86,9872	93,2410	87,0509	93,3056	0,0637	0,0646
<b>384_06</b>	61,9420	43,6015	62,0126	43,6732	0,0706	0,0717
<b>385_06</b>	86,9847	93,2378	87,2209	93,4745	0,2362	0,2367
<b>386_06</b>	61,9398	43,6000	62,1649	43,8249	0,2251	0,2249

Pozn. 2: V tabulce „velká“ a „malá“ u vzorků A a B znamená jen to, do jaké platinové misky se objem vzorku dával. Toto označení slouží pouze jako orientační.

Poté byl z údajů v tabulce č. 3 vypočten objem vody, který byl zapotřebí nechat odpařovat. Protože je nutno znát plochu skleněné měřicí misky, bylo třeba ji vypočítat. Byla totiž potřeba zachovat požadavek uvedený v normě <sup>(2)</sup> ČSN 75 7611, aby plošná hmotnost odparku na měřicí misce nepřekročila 5 mg.cm<sup>-2</sup>. Proto bylo třeba vypočítat plochu skleněné měřicí misky. Proto bylo pomocí posuvného měřidla provedeno měření průměru misek, jehož výsledky jsou uvedeny v Tab. 4.

**Tab. 4: Průměry skleněných měřicích misek**

Číslo měření	Průměry misek [mm]	Číslo měření	Průměry misek [mm]
1	46,30	9	46,10
2	46,30	10	46,30
3	46,30	11	47,04
4	46,90	12	46,84
5	46,56	13	45,90
6	46,30	14	47,02
7	47,02	15	46,90
8	46,90	<b>Aritmetický průměr</b>	<b>46,58</b>

Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr hodnoty průměru misky **d**, který má hodnotu 4,658 mm. Tato hodnota byla použita pro výpočet obsahu misky **S**:

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 4,658^2}{4} [\text{cm}^2] = 17,032 [\text{cm}^2] \quad (12),$$

Protože je vyžadována plošná hmotnost  $0,005 \text{ g.cm}^{-2}$ , mohl jsem si už vypočítat hmotnost odparku  $m$  jako:

$$m \leq 0,005 [\text{g.cm}^{-2}] \cdot S [\text{cm}^2] \leq 0,005 [\text{g.cm}^{-2}] \cdot 17,032 [\text{cm}^2] \leq 0,0852 [\text{g}] \quad (13),$$

Ze známého obsahu měřicí misky a z koncentrace solí už bylo možno vypočítat objem vzorku  $V$ , potřebný pro analýzu podle následující rovnice:

$$V \leq \frac{0,0852 \cdot V'}{m_o} \quad (14),$$

kde  $V'$  - objem vzorku v platinových miskách před sušením a  $m_o$  - hmotnost odparku. Vypočtené objemy vzorků vod, potřebné pro analýzu, jsou uvedeny v Tab. 5.

**Tab. 5: Objem vzorku potřebný pro analýzu**

Číslo vzorku	Objem vody – měření A [ml]	Objem vody – měření B [ml]
341_06	4	4
359_06	86	83
360_06	2	2
382_06	96	97
383_06	57	57
384_06	52	51
385_06	15	15
386_06	16	16

Pro každý vzorek byl vypočtený objem vzorku potřebný pro analýzu odměřen do dvou kádinek. První kádinka byla označena kromě čísla vzorku ještě písmenem V (vzorek) a druhá písmenem S (vzorek s přidavkem standardu) - do kádinky S byl přidán 1 ml etalonového roztoku uranu o známe aktivitě. Tento standard se připravuje proto, aby se dala zjistit účinnost měření. Oba vzorky byly znovu zkoncentrovány na topné desce na objem 1 ml až 2 ml a převedeny kvantitativně do skleněných měřicích misek a v sušárně při  $105^\circ\text{C}$  byly odpařeny do sucha.

Po vysušení byl k odparkům vzorků na miskách navážen scintilátor  $\text{ZnS(Ag)}$ , tak aby se jeho hmotnost pohybovala v intervalu  $< 0,2618 \text{ g}; 0,2647 \text{ g} >$ , protože hmotnost scintilátoru na měřicích miskách musí být podle normy <sup>(2)</sup> ČSN 75 7611 v intervalu  $18 \text{ mg} \pm 0,1 \text{ mg}$  scintilátoru na  $1 \text{ cm}^2$  plochy měřicí misky. Poté bylo ke vzorkům přidáno asi 4 ml destilované vody a potom byly pečlivě promíchány skleněnou tyčinkou na stejnoměrnou vrstvu. Připravené preparáty na měřicích miskách byly vysušeny do sucha v sušárně při  $105^\circ\text{C}$ . Preparáty se uchovávaly ve tmě, v černé skleněné misce, zvlášť vzorky a zvlášť vzorky s přidavkem standardu.

Dále bylo potřeba připravit vzorek pro měření pozadí. Vzorek pro stanovení pozadí byl připraven tak, že na měřicí misku bylo odváženo stejné množství scintilátoru jako u vzorků a tento scintilátor byl promíchán se 4 ml destilované vody. Takto připravený preparát byl, stejně jako vzorky, vysušen v sušárně při  $105^\circ\text{C}$  do sucha. Pozadí bylo měřeno proto, aby se zjistil vliv okolního záření na měřicí sondu – tento „přídavek“ k aktivitě vzorku je pak nutno odečíst.

### Měření vzorků

Měření vzorků se má provést v rozmezí 24 – 48 hodin od přípravy. Po uplynutí 24 hodin se vzorky začaly měřit. K měření byly použity dvě měřicí trasy pro měření záření alfa. První trasa se skládala z detekční sondy EMPOS s.r.o. typ NS 9502E, v.č. 05063, a vyhodnocovací jednotky EMPOS JKA 300, v.č. 0045, pracovní napětí bylo zvoleno na  $U = 800$  V, režim analyzátoru – integrální. Druhá trasa pak ze sondy EMPOS NS 9502E, v.č. 9914 a vyhodnocovací jednotky EMPOS JKA 300, v.č. 9910, pracovní napětí bylo zvoleno na  $U = 981$  V, režim analyzátoru – integrální. Obě měřicí sondy byly umístěny ve světlotěsném měničů vzorků z olova, jednak aby byly vyloučeny scintilace nepocházející od radionuklidů ve vzorku, jednak aby bylo odstíněno zemské a kosmické záření.

Samotné vzorky byly měřeny po dobu 20 000 s, vzorky s přidavkem standardního roztoku po dobu 2 000 s a vzorky pozadí po dobu 120 000 s. Impulsy, zaznamenané pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 6 a impulsy pozadí jsou zaznamenaný v Tab. 7.

Tab. 6: Četnost impulsů záření alfa od jednotlivých vzorků

Číslo vzorku	A		B	
	Impulsy od vzorku [imp/20 000 s]	Impulsy od vzorku s přidavkem [imp/2 000 s]	Impulsy od vzorku [imp/20 000 s]	Impulsy od vzorku s přidavkem [imp/2000 s]
341_06	5171	63574	5311	62197
359_06	5825	65086	5625	61808
360_06	4207	60338	4389	59650
382_06	5448	48649	-	-
383_06	5349	42886	5131	46396
384_06	4288	44099	4311	44410
385_06	62017	52767	66786	51220
386_06	9808	52015	9208	53839

Pozn. 3: U vzorku 382\_06 bylo měření provedeno jen jednou z důvodu nedostatku odebrané vody.

**Tab. 7: Počty impulsů pozadí**

Číslo vzorku	Impulsy od pozadí na začátku měření [imp/120 000 s]	Impulsy od pozadí na konci měření [imp/120 000 s]
341_06	33116	31904
359_06	33116	31904
360_06	25195	25241
382_06	30523	30286
383_06	30523	30286
384_06	26128	26587
385_06	26128	26587
386_06	30523	30286

**Výpočet  $c_{\alpha}$** 

Po změření byly z naměřených četností impulsů vypočtena celková objemová aktivita alfa v jednotlivých vzorcích podle vztahu (3). Vypočtené hodnoty pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v Tab. 8.

**Tab. 8: Celková objemová aktivita alfa ve vzorcích vod**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita alfa [ $s^{-1}/l$ ]
341_06	$<c_{ND} = 2,35$
359_06	$9,43 \pm 0,83$
360_06	$<c_{ND} = 0,11$
382_06	$0,27 \pm 0,02$
383_06	$<c_{ND} = 0,24$
384_06	$<c_{ND} = 0,25$
385_06	$281,40 \pm 24,76$
386_06	$17,37 \pm 1,53$

Pozn. 4: V tabulce použitý symbol „ $<c_{ND}$ “ znamená, že naměřená hodnota ve vzorku byla nižší než nejnížší detekovatelná aktivita použité metodiky při daných parametrech měření



### 3.3 Stanovení celkové objemové aktivity alfa a beta proporcionálním počítacem (PP)

#### Použitá laboratorní zařízení

Laboratorní sušárna Durocell, výrobce BMT

Analytické váhy Pesa, typ:240A

#### Příprava vzorku

Při přípravě vzorků se musí zachovat požadavek uvedený v normě <sup>(2)</sup> ČSN 75 7611 a normě

<sup>(3)</sup> ČSN 75 7612, aby plošná hmotnost odparku na kovové měřicí misce nepřekročila  $10 \pm 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Je tedy nutné znát nebo vypočítat plochu kovových měřicích misek.

Z tohoto důvodu byly změřeny průměry všech kovových misek (Tab. 9) použitých k měření.

Tab. 9: Průměry kovových měřicích misek

Číslo měření	Průměry misek [mm]	Číslo měření	Průměry misek [mm]
1	49,72	12	49,60
2	49,80	13	49,70
3	49,60	14	49,60
4	49,40	15	49,02
5	49,60	16	49,40
6	49,30	17	49,60
7	49,50	18	49,20
8	49,20	19	49,60
9	49,02	20	49,10
10	49,50	21	49,02
11	49,02	<b>Aritmetický průměr</b>	49,41

Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr hodnot průměru misky **d**, který má hodnotu 49,41mm. Tato hodnota byla použita pro výpočet obsahu misky **S**

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 4,941^2}{4} [\text{cm}^2] = 19,165 [\text{cm}^2] \quad (15),$$

Protože plošná hmotnost má být  $10 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ , tedy  $0,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , hmotnost vzorku pro měření **m** a její odchylku **Δ** jsem tedy vypočetl jako:

$$m = 0,01 [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}] \cdot S [\text{cm}^2] = 0,01 [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}] \cdot 19,165 [\text{cm}^2] = 0,19165 [\text{g}] \quad (16),$$

$$\Delta = 0,0005 [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}] \cdot S [\text{cm}^2] = 0,0005 [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}] \cdot 19,165 [\text{cm}^2] = 0,0096 [\text{g}] \quad (17),$$

Hledaná hmotnost se tedy nachází v intervalu  $\langle 0,18205; 0,20125 \rangle [\text{g}]$

V této metodě není nutné nechat odpařovat přesný objem vody. Ale i přesto byla potřeba znát hmotnost odparku pro výpočty  $c_\alpha$  a  $c_\beta$ . Hmotnosti odparku byly určeny pomocí odparků získaných v kap. 3.2. Tyto odparky se, po vysušení v sušárně a zvážení pro potřeby předešlé

metody, přepálily v muflové peci při 350 °C po dobu 2 hodin. Potom byly tyto misky, kde byl odparek o jiné hmotnosti, znovu zváženy a hmotnost byla zapsaná jako **m**. Potom byla tato hodnota dosazena do vzorce (11) a tím byla získaná hmotnost odparku pro metodu PP. Hmotnosti odparku pro metodu PP jsou uvedeny v Tab. 10.

**Tab. 10: Hmotnosti kelímku a odparku pro metodu PP**

Číslo vzorku	Hmotnost [g]:					
	prázdných platinových kelímků m <sup>4</sup>		Kelímků s odparkem při 350°C m		Odparku m <sub>o</sub>	
	(A) velká	(B) malá	(A) velká	(B) malá	(A) velká	(B) malá
<b>341_06</b>	62,0130	43,6945	62,2499	43,9325	0,2369	0,2380
<b>359_06</b>	62,0111	43,6935	64,0023	45,7151	1,9912	2,0216
<b>360_06</b>	62,0129	43,6942	62,1033	43,7862	0,0904	0,0920
<b>382_06</b>	61,9402	43,6002	61,9645	43,6247	0,0243	0,0245
<b>383_06</b>	86,9872	93,2410	87,0365	93,2918	0,0493	0,0508
<b>384_06</b>	61,9420	43,6015	61,9953	43,6562	0,0533	0,0547
<b>385_06</b>	86,9847	93,2378	62,1381	43,7993	0,1983	0,1993
<b>386_06</b>	61,9398	43,6000	87,1912	93,4458	0,2065	0,2080

V dalším kroku byl odměřen do dvou litrových kádinek 1 litr vzorku, tyto kádinky byly popsány A a B. U některých vzorku vody, kde se předpokládala větší solnost, byl pro odpaření použit menší objem, u jiných vzorků byl z důvodu nedostatečných objemů připravován jen jeden vzorek k měření. Voda v kádince byla zkoncentrována na topné desce do objemu asi 50 ml. Potom byl odparek kvantitativně převeden do předem vyžihané a zvážené keramické misky, případně žihacího kelímku, která byla potom žihána 2 h při 350 °C v muflové peci. Zbytek po žihání byl po vychladnutí v exsikátoru rozmělněn v kelímku, popř. rozetřen ve třecí misce, a převeden na zváženou měřicí misku. Sůl byla rozprostřena do stejnoměrné vrstvy o plošné hmotnosti  $(10 \pm 0,5) \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$  a zvážena. Hmotnosti navážky na měřicí misky se poznamenaly a z nich se vypočetly objem vody, odpovídající vzorku na misce – tyto údaje jsou uvedeny v Tab. 11.

**Tab. 11: Hmotnosti navážky vzorků na měřicí misky pro metodu PP a z nich vypočtené objemy vzorků**

Číslo vzorku	Hmotnost navážky na měřicí misce [g]		Objem vzorku odpovídající navážce [l]	
	A	B	A	B
341_06	0,1973	0,1972	0,083	0,083
359_06	0,1935	0,1955	0,005	0,005
360_06	0,1971	0,1950	0,218	0,212
382_06	0,0375	-	0,077	-
383_06	0,1982	-	0,201	-
384_06	0,1977	-	0,185	-
385_06	0,1971	0,1974	0,050	0,050
386_06	0,1970	0,1981	0,048	0,048

Tímto byl připraven preparát pro měření  $c_\alpha$  a  $c_\beta$ , protože tato metoda dokáže měřit jak alfa tak beta záření. Problém je v tom, že není možné touto metodou měřit současně alfa a beta impulsy, protože detekční sonda potřebuje nižší pracovní napětí pro detekci alfa impulsů, než pro detekci beta impulsů. Dalším rozdílem ve stanovení  $c_\alpha$  a  $c_\beta$  touto metodou je v přípravě preparátu pro stanovení účinnosti.

#### **Příprava preparátu pro stanovení účinnosti měření $c_\alpha$**

Příprava tohoto preparátu z etalonového roztoku uranu je popsána v <sup>(2)</sup>. Do 150 ml kádinky bylo odváženo přesně známé množství (2,5 g) síranu vápenatého a opatrně bylo přidáno 10 ml horké kyseliny dusičné. Pro dokonalé rozpuštění síranu byl roztok míchán a doplněn horkou vodou do 100 ml. Potom bylo přidáno přesné množství etalonového roztoku uranu a tento roztok byl odpařen na topné desce do sucha. Odparek byl kvantitativně převeden do předem vyžehnaného a zváženého kelímku. Pak byl žihán při 350 °C (asi 2 h). Po vychladnutí v exsikatoru byl zvážen. Zbytek po žihání byl rozetřen v třecí misce a na měřicí misku bylo odváženo známé množství zbytku po žihání tak, aby plošná hmotnost byla 10 mg·cm<sup>-2</sup>, poté byl rozprostřen do stejnoměrné vrstvy a změřen.

#### **Příprava preparátu pro stanovení účinnosti měření $c_\beta$**

Příprava tohoto preparátu je uvedena v <sup>(3)</sup>. Pro stanovení účinnosti měření byl použit chlorid draselný, který musí obsahovat izotop draslíku v přírodním poměru, kdy hmotnostní aktivita <sup>40</sup>K v chloridu draselném je 16,1 Bq·g<sup>-1</sup>. Zastoupení přeměny beta s emisí elektronů ( $\beta^-$ ) <sup>40</sup>K je 0,893 a jeho součin s hmotností aktivitou <sup>40</sup>K v chloridu draselném je 14,4 s<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>. Chlorid draselný byl sušen 2 h při 105 °C do konstantní hmotnosti a po vychladnutí byl zpracován na preparát stejným způsobem jako preparáty se vzorkem.

### Měření vzorku pro $c_{\alpha}$

Vzorky je zapotřebí měřit v rozmezí 24 – 48 hod. po žihání. Měření bylo prováděno na plynovém proporcionálním detektoru POB 302E, v.č. AD-347, vloženým do řídicí jednotky alfa-beta automat EMPOS EMS 3, v.č. 21-06/07. Celý systém je řízen počítačem, který slouží i jako vyhodnocovací jednotka. Pracovní napětí je nastavováno automaticky před sérií měření pomocí etalonu aktivity  $^{241}\text{Am}$ . Pro měření pozadí byla použita prázdná měřicí miska. Měřicí čas byl pro vzorky 341\_06, 359\_06, 360\_06 a jejich pozadí 10 000 s, ale u zbytku vzorku a jejich pozadí se čas měření zvýšil na 20 000 s. Pro vzorek standardu U byl 1000 s. Naměřené výsledky jsou uvedeny v Tab. 12.

**Tab. 12: Impulsy alfa, pozadí pro alfu a impulsy standardu**

	vzorek [imp/ 10 000 s]		Pozadí [imp/ 10 000 s]	standard U [imp/ 1000 s]
	A	B		
341_06	62	50	8	1316
359_06	8	10	6	
360_06	20	6	10	
	vzorek [imp/ 20 000 s]		Pozadí [imp/20 000 s]	
	A	B		
382_06	24	-	13	
383_06	23	-	16	
384_06	21	-	15	
385_06	7192	7977	13	
386_06	481	478	10	

### Výpočet $c_{\alpha}$

Z naměřených hodnot byly vypočteny, podle vztahu (4),  $c_{\alpha}$  pro jednotlivé vzorky. V Tab. 13 jsou uvedeny  $c_{\alpha}$ .

**Tab. 13: Celková objemová aktivita alfa v jednotlivých vzorcích vod**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita alfa [ $s^{-1}/l$ ]
341_06	$< c_{ND} = 4,45 (1,1 \pm 1,0)$
359_06	$< c_{ND} = 8,82 (0,4 \pm 0,6)$
360_06	$< c_{ND} = 4,20 (0,01 \pm 0,10)$
382_06	$< c_{ND} = 5,01 (0,23 \pm 0,48)$
383_06	$< c_{ND} = 4,38 (0,07 \pm 0,37)$
384_06	$< c_{ND} = 4,37 (0,07 \pm 0,27)$
385_06	$289,39 \pm 17,01$
386_06	$18,89 \pm 4,35$

**Měření vzorku pro  $c_{\beta}$ :**

Měření je potřeba znova provést v intervalu 24 – 48 hod. Vzorky byly měřeny plynovým proporčním detektorem POB 302E, v.č. 0111, vloženým do řídicí jednotky alfa-beta automat EMPOS EMS 3, v.č. 11-03/12. Celý systém je řízen počítačem, který slouží i jako vyhodnocovací jednotka. Pracovní napětí se automaticky nastavuje pomocí etalonu aktivity  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  (je vyšší než pro měření záření alfa). Jako vzorek pozadí byla opět použita prázdná miska. Pro měření  $c_{\beta}$  byly měřicí časy, vzorku, pozadí i standardu KCl, zvoleny na 10 000 s. V Tab. 14 jsou uvedeny hodnoty impulsů pro jednotlivé vzorky, pozadí a standard KCl.

**Tab. 14: Naměřené impulsy pro vzorky, pozadí a vzorek standardu KCl**

Číslo vzorku	Impulsy			
	vzorek [imp/ 10 000 s]		Pozadí [imp/ 10 000 s]	standard KCl [imp/ 10 000 s]
	A	B		
341_06	524	566	335	13289
359_06	476	366	366	
360_06	777	804	372	
382_06	613	-	396	
383_06	811	-	361	13165
384_06	732	-	342	
385_06	14383	15909	349	
386_06	1371	1360	345	

Z naměřených hodnot byly podle vztahu (7) vypočteny celkové objemové aktivity beta v jednotlivých vzorcích, které jsou uvedeny v Tab. 15.

**Tab. 15: Celková objemová aktivita beta v jednotlivých vzorcích vod**

<b>Číslo vzorku</b>	<b>Celková objemová aktivita beta [<math>s^{-1}/l</math>]</b>
341_06	$0,51 \pm 0,06$
359_06	$6,34 \pm 0,86$
360_06	$0,45 \pm 0,04$
382_06	$0,62 \pm 0,07$
383_06	$0,52 \pm 0,05$
384_06	$0,44 \pm 0,04$
385_06	$66,97 \pm 5,89$
386_06	$4,73 \pm 0,42$

### 3.4 Stanovení celkové objemové aktivity alfa a beta pomocí KSS

#### Použitá laboratorní zařízení

Laboratorní sušárna Durocell, výrobce BMT  
Analytické váhy Pesa, typ 240A  
Triathler<sup>TM</sup> (Hidex Oy, Finsko), verze softwaru 1.7, s připojením k počítači (Windows 2000)

#### Příprava vzorku

Ze zkušeností a použití metody je známo, že vzorek pro měření nesmí obsahovat sůl o hmotnosti větší než 2,5 g. Objem odpařovaného vodného vzorku byl určen pomocí údajů v Tab. 3. Odparek pro tuto metodu se totiž připravuje stejným způsobem jako v kap.3.2. Objem vzorku potřebný pro vysušení jsem vypočetl jako:

$$V \leq \frac{2,5 * V'}{m_o} \quad (19),$$

kde  $V'$  je objem vzorku v platinových miskách před sušením, uvedený v Tab. 2. a  $m_o$  je hmotnost odparku, uvedená v Tab. 3. Objemy použité k analýze jednotlivých vzorků jsou uvedeny v Tab. 16. U vzorků, kde nebylo ani 2,5 g solí v 1 litru, se nechal odpařovat celý 1 litr vzorků vody. Po vysušení do sucha se sůl převedla kvantitativně do měřicích 20 ml ampulek. Navážka solí v ampulkách je znázorněna v Tab. 17.

V dalším kroku byly do měřicí ampulky k odparku přidány 4 ml destilované vody a směs byla mírně promíchána, aby se soli aspoň zčásti rozpustily. K této směsi bylo nadávkováno 15 ml scintilačního roztoku Rotiszint® eco plus (Karlsruhe). Takto připravená ampulka byla pomalu promíchána, aby vznikla homogenní emulze bez bublin.

Tab. 16: Objem vzorků použitý k analýze

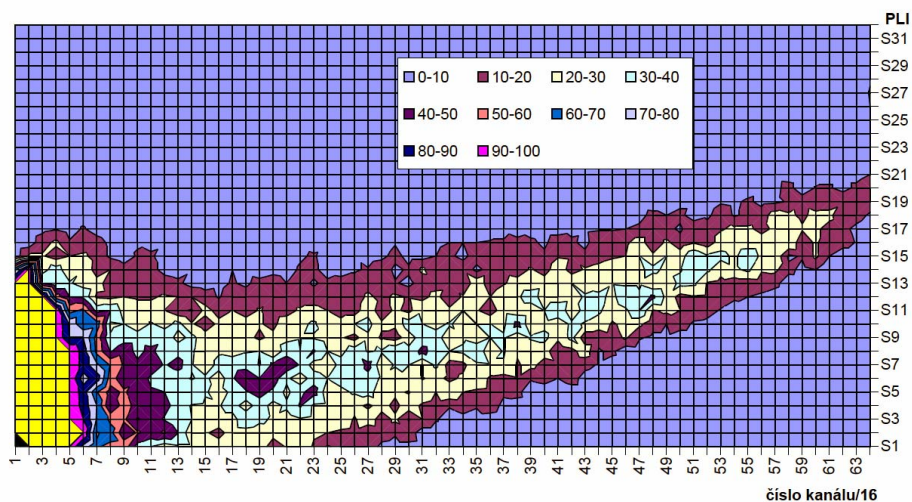
Číslo vzorků	Objem vody – měření A [l]	Objem vody – měření B [l]
341_06	0,144	0,144
359_06	0,059	0,058
360_06	1	1
382_06	0,093	-
383_06	0,403	-
384_06	0,354	-
385_06	0,289	0,289
386_06	0,317	0,317

**Tab. 17: Navážka solí v ampulkách**

Číslo vzorku	navážka soli v ampulkách [g]	
	A	B
341_06	2,5000	2,5000
359_06	2,5000	2,5000
360_06	0,8655	0,8655
382_06	0,0731	-
383_06	0,5122	-
384_06	0,5000	-
385_06	2,5000	2,5000
386_06	2,5000	2,5000

Pozn. 5: U vzorků 382\_06, 383\_06 a 384\_06 byl z důvodu nedostatku odebrané vody vyroben jen jeden preparát.

V dalším kroku byl připraven vzorek pro měření pozadí. Do scintilační ampulky bylo naváženo 0,5 g  $\text{NaNO}_3$  a 2 g  $\text{NaCl}$ , přidáno 4 ml destilované vody a doplněno scintilačním koktejlem stejně jako u přípravy vzorku. Použité soli měly simulovat solnost připravovaných vzorků.



**Graf 2: 2D spektrum vzorku pozadí (0,5 g  $\text{NaNO}_3$ , 2 g  $\text{NaCl}$ , 4 ml destilované vody a 15 ml scintilačního koktejlu).**

### Měření vzorků

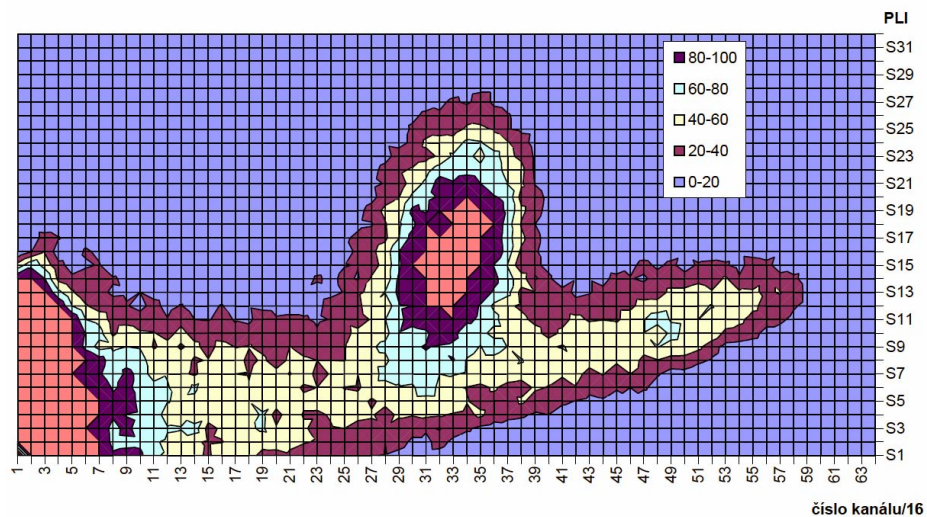
Vzorky i pozadí byly měřeny po dobu 3600 s, z přístroje byla do PC poslána spektra závislosti četnosti impulsů na energii (měřicím kanále) a 2D spektra. Na základě změřených spekter



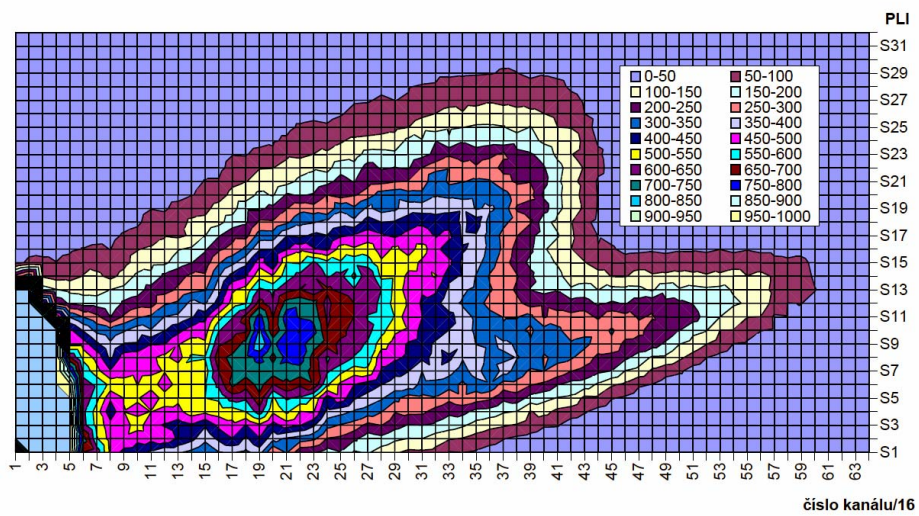
měly být nastaveny měřicí okna pro optimální měření vzorků. Bohužel v průběhu měření vzorků bylo zjištěno, že i když byla dodržena maximální navážka odpadků, tak jejich složení znemožnilo jednoduché oddělení jednotlivých typů záření do příslušných měřicích oken. Byla testována různá nastavení parametrů přístroje, ale nepodařilo se je optimalizovat tak, aby případné nastavení měřicích oken alfa a beta umožnilo tyto druhy záření oddělit a stanovit hodnotu přeslechového koeficientu. Na získaných spektrech (Graf 3, Graf 4) je vidět, že vzorky byly významně zhášené a impulsy záření alfa významně zasahují do pásu impulsů beta.

Z tohoto důvodu byly účinnost měření, četnosti a celkové aktivity alfa a beta stanoveny pouze ze základních spekter – závislosti četnosti impulsů na energii, které byly vyhodnoceny spektrometrickými postupy se stejnými nastavenými parametry ( $HV = 935 \text{ V}$ ,  $Y\text{-Gain} = 110$ ,  $Y\text{-Position} = 70$ ). Postup vyhodnocení je zřejmý z grafu 5. Naznačené odseknutí píku od ostatních impulsů udává hranici, nad kterou jsou jenom impulsy alfa a pod píkem v uvedeném případě zůstávají impulsy pozadí a záření beta. Pokud je známo celkové pozadí, je tedy možné vypočítat celkovou četnost impulsů alfa (suma impulsů v píku) a celkovou četnost impulsů záření beta jako rozdíl mezi pozadím a zbylými impulsy po odečtení impulsů alfa v píku. Dělicí hranice se počítá z průměrných hodnot četností impulsů v kanálech nalevo a napravo od píku alfa.

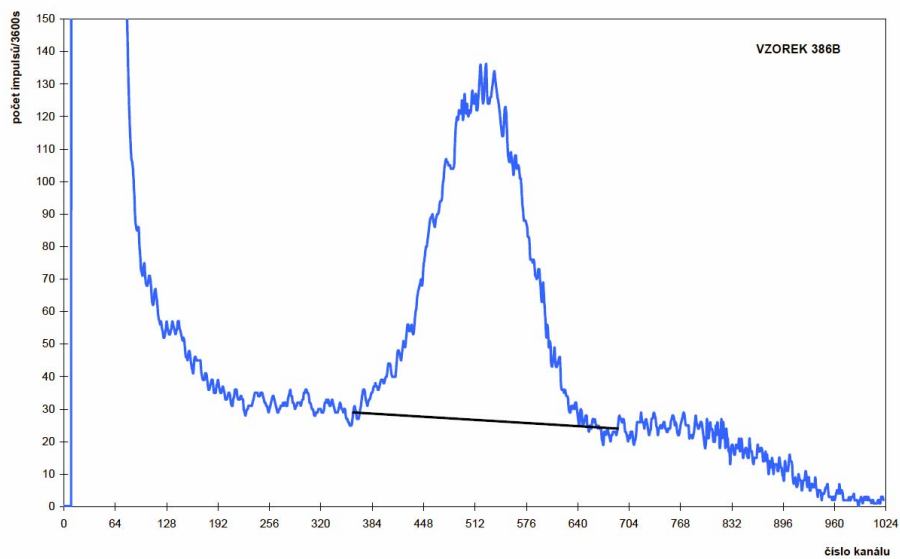
Získané hodnoty jednotlivých četností alfa a účinnosti jsou uvedeny v Tab. 18.



**Graf 3: 2D spektrum vzorku 386B. Je vidět, že pík záření alfa značně zasahuje do pásu záření beta a nejsou přímo oddělitelné.**



**Graf 4: 2D spektrum vzorku 385A. Vzorek je příliš aktivní a také velmi solný, nelze rozlišit impulsy alfa a beta, zhášením je spektrum silně deformováno.**



**Graf 5: Alfa spektrum vzorku 386B (popis vyhodnocení v textu).**

**Tab. 18: Alfa impulsy a účinnosti pro jednotlivé vzorky**

č. v.	A		B	
	vzorek [imp/3600s]	účinnost	vzorek [imp/3600s]	účinnost
341_06	NS	0,90	NS	0,90
359_06	NS	0,90	NS	0,90
360_06	NS	0,90	NS	0,90
382_06	NS	0,90	-	0,90
383_06	NS	0,90	-	0,90
384_06	NS	0,90	-	0,90
385_06	128346	0,90	121003	0,90
386_06	13869	0,90	13811	0,90

Pozn. 6: NS = žádné impulsy alfa záření nebyly stanoveny

**Tab. 19: Beta impulsy a účinnosti pro jednotlivé vzorky**

č. v.	A		B	
	vzorek [imp/3600s]	účinnost	vzorek [imp/3600s]	účinnost
341_06	-146	1,04	-635	1,04
359_06	46	1,04	-313	1,04
360_06	-1379	1,04	-1539	1,04
382_06	-4527	1,04	-	1,04
383_06	-2946	1,04	-	1,04
384_06	-2158	1,04	-	1,04
385_06	138578	1,04	128903	1,04
386_06	6784	1,04	6558	1,04

Pozn. 7: Záporné četnosti impulsů znamenají, že vzorek byl zhášen více než pozadí.

Ze zjištěných četností impulsů vzorku, pozadí a ze známé účinnosti už bylo možné po dosazení do vztahu (3) vypočítat hodnoty  $c_\alpha$  (Tab. 18) a hodnoty  $c_\beta$  (Tab. 21).

Hodnoty  $c_{ND}$  a celkových objemových aktivit v tabulkách 20 a 21 jsou ovlivněny množstvím odpadku. Pro snížení hodnoty nejmenší detekovatelné aktivity by bylo třeba použít větší navážku odpadků, naproti tomu už použitá navážka je příliš velká a soli způsobují velké zhášení vzorku a tedy ztrátu rozlišení jak energetického, tak rozlišení záření alfa a beta.

**Tab. 20: Celková objemová aktivita alfa v jednotlivých vzorcích vod**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita alfa [ $s^{-1}/l$ ]
341_06	$< c_{ND} = 0,87$
359_06	$< c_{ND} = 1,97$
360_06	$< c_{ND} = 0,13$
382_06	$< c_{ND} = 1,13$
383_06	$< c_{ND} = 0,28$
384_06	$< c_{ND} = 0,33$
385_06	$133,3 \pm 3,9$
386_06	$13,5 \pm 0,1$

**Tab. 21: Celková objemová aktivita beta v jednotlivých vzorcích vod**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita beta [ $s^{-1}/l$ ]
341_06	$< c_{ND} = 0,99$
359_06	$< c_{ND} = 2,43$
360_06	$< c_{ND} = 0,14$
382_06	$< c_{ND} = 1,53$
383_06	$< c_{ND} = 0,35$
384_06	$< c_{ND} = 0,40$
385_06	$123,3 \pm 4,5$
386_06	$5,6 \pm 0,1$

## 4 DISKUSE

Protože cílem práce bylo srovnat jednotlivé metody pro stanovení celkových objemových aktivit alfa a beta ve vodách, jsou v této kapitole srovnány výsledky  $c_\alpha$  a  $c_\beta$  jednotlivých vzorků získané testovanými metodami. Na závěr jsou popsány výhody a nevýhody jednotlivých metod i to, za jakých podmínek je možné tyto metody použít. Výsledků celkových objemových aktivit alfa a beta získaných jednotlivými metodami stanovení jsou pro srovnání znovu uvedeny v tabulkách č. 22 a 23.

**Tab. 22: Výsledky stanovení  $c_\alpha$  všemi použitými metodami stanovení**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita alfa [ $s^{-1}/l$ ]		
	ZnS(Ag)	Metoda PP	Metoda LSC
341_06	$<c_{ND} = 2,35$	$<c_{ND} = 4,45 (1,1 \pm 1,0)$	$<c_{ND} = 0,87$
359_06	$9,43 \pm 0,83$	$<c_{ND} = 8,82 (0,4 \pm 0,6)$	$<c_{ND} = 1,94$
360_06	$<c_{ND} = 0,11$	$<c_{ND} = 4,20 (0,01 \pm 0,10)$	$<c_{ND} = 0,13$
382_06	$0,27 \pm 0,02$	$<c_{ND} = 5,01 (0,23 \pm 0,48)$	$<c_{ND} = 1,13$
383_06	$<c_{ND} = 0,24$	$<c_{ND} = 4,38 (0,07 \pm 0,37)$	$<c_{ND} = 0,28$
384_06	$<c_{ND} = 0,25$	$<c_{ND} = 4,37 (0,07 \pm 0,27)$	$<c_{ND} = 0,33$
385_06	$281,40 \pm 24,76$	$289,39 \pm 17,01$	$133,3 \pm 3,9$
386_06	$17,37 \pm 1,53$	$18,89 \pm 4,35$	$13,5 \pm 0,1$

Jak je z tabulky 22 vidět, aktivity získané s použitím pevného scintilátoru a s použitím plynového proporcionálního počítače jsou poměrně dobře porovnatelné. Jak bylo očekáváno, metoda s proporcionálním počítačem je méně citlivá pro stanovení alfa záření, a proto porovnání nízkých aktivit není zcela směrodatné, pro vysoké aktivity je vidět dobrá shoda obou metodik. Výsledky získané pomocí LSC ukazují, že tato metoda je v některých případech stejně citlivá jako metoda s pevným scintilátorem, v některých vzorcích citlivější, v jiných naopak méně. Tento fakt je pravděpodobně způsoben chemickým složením analyzovaných solí. Dále je vidět, že metoda kapalinových scintilátorů v aktivnějších vzorcích naměřila pouze poloviční aktivitu, což je pravděpodobně způsobeno velkým zhášením těchto vzorků a započítáním části alfa impulsů jako beta.

Z výsledků celkových objemových aktivit beta v tabulce 23 je vidět, že obě metody mají podobné hlavně naměřené nižší aktivity. Z celkových rozdílů uvedených výsledků je možno říci, že metoda PP je citlivější než LSC, jeden z důvodů nižší citlivosti je mnohem vyšší pozadí u LSC. Dále je vidět, že u vzorku 385\_06 je beta aktivita zjištěná metodou LCS mnohem vyšší. Tento jev je způsoben zhášením vzorku a tedy opět špatným oddělením různých druhů záření, které vedlo k započítáním zhášených alfa impulsů do impulsů beta. Z důvodu vyššího pozadí u přístroje Triathler jsou také zvýšeny hodnoty  $c_{ND}$  pro stanovení celkových aktivit. Z tohoto důvodu je také třeba používat vyšší navážky vzorků a korigovat s tím spojené negativní jevy, jako je například zhášení. Je však třeba vzít v úvahu, že Triathler je pouze přenosný kapalinový scintilační spektrometr určený hlavně pro testovací a rychlá rutinní měření. Při použití stabilního nízkopozadového kapalinového spektrometru by bylo

možno s mnohem nižšími navážkami dosáhnout i nižších hodnot  $c_{ND}$  a to i v porovnání s ostatními zkoušenými metodami

**Tab. 23: Výsledky stanovení  $c_{\beta}$  oběma použitými metodami stanovení**

Číslo vzorku	Celková objemová aktivita beta [ $s^{-1}/l$ ]	
	Metoda PP	kapalné scintilátory
341_06	$0,51 \pm 0,06$	$<c_{ND} = 0,99$
359_06	$6,34 \pm 0,86$	$<c_{ND} = 2,41$
360_06	$0,45 \pm 0,04$	$<c_{ND} = 0,14$
382_06	$0,62 \pm 0,07$	$<c_{ND} = 1,53$
383_06	$0,52 \pm 0,05$	$<c_{ND} = 0,35$
384_06	$0,44 \pm 0,04$	$<c_{ND} = 0,40$
385_06	$66,97 \pm 5,89$	$123,3 \pm 4,5$
386_06	$4,73 \pm 0,42$	$5,6 \pm 0,1$

## 5 ZÁVĚR

Porovnáním výsledků stanovení celkových objemových aktivit alfa a celkových objemových aktivit beta ve vzorcích vod lze říct, že výsledky získané jednotlivými metodami jsou si blízké. Při stanovení  $c_\alpha$  je podle očekávání metoda s použitím pevných i kapalných scintilátorů citlivější než metoda s proporcionálním detektorem. Proto se metoda PP používá hlavně při havarijních situacích, kdy je nutné mít tyto aktivity co nejrychleji a kdy je předpoklad přítomnosti vyšších aktivit ve vzorcích. Naproti tomu metody pevných i kapalných scintilátorů se hlavně používají pro pravidelnou kontrolu vod, kdy je potřeba zjistit  $c_\alpha$  s lepší citlivostí, schopnou detekovat i aktivity nižší, řádově na úrovni pozadí, které lze očekávat ve vzorcích z životního prostředí a z běžných okolností.

Pro stanovení  $c_\beta$  lze říct, že metoda s proporcionálním detektorem a LSC na Triathleru poskytují podobné hodnoty pro nižší  $c_\beta$ . Ale metoda PP je citlivější, a to jeden z důvodů, proč je používána na pracovištích, kde se pravidelně voda kontroluje, např. SÚRO v Ostravě. Všechny výše uvedené závěry byly předem očekávány, protože jsou takto postaveny mimo jiné i v technických normách ČSN. Z toho vyplývá, že práce byla úspěšná a že se podařilo potvrdit to a ověřit, která z metodik je vhodná pro situace vyžadující rychlou odezvu pro případné další rozhodování (havarijní situace) a v kterých případech je možné použít metodiku přesnější, nicméně vyžadující delší čas (situace běžné).

## LITERATURA

1. Staffová P., Němec M., John J.: Determination of Gross Alpha and Beta Activities in Water Samples by Liquid Scintillation Counting, Proceedings of the 15<sup>th</sup> Radiochemical Conference, 23.-28. dubna, Mariánské lázně 2006, Czech J. Phys, Vol. 56, 2006, s.299-305, ISSN 0011-4426
2. ČSN 75 7611 Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity alfa, Český normalizační institut, 2004
3. ČSN 75 7612 Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity beta, Český normalizační institut, 2003
4. Vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, v platném znění
5. ČSN 75 7600 Jakost vod – Stanovení radionuklidů – Všeobecná ustanovení, Český normalizační institut, 2003
6. ČSN EN 25667-1 Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1: Pokyny pro návrh programu odběru vzorků, Český normalizační institut, 2003
7. ČSN EN 25667-2 Jakost vod – Odběr vzorků – Část 2: Pokyny pro způsoby odběru vzorků, Český normalizační institut, 2003
8. ČSN EN 25667-3 Jakost vod – Odběr vzorků – Část 3: Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi, Český normalizační institut, 2003
9. Hála, J.: Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie, Brno 1998
10. Měření na kapalinovém scintilačním počítači, úloha pro Praktikum z jaderné chemie 1, FJFI ČVUT v Praze, KJCH 2005



## **DOSTAVBA PROLUK V CENTRU MĚSTA PROSTĚJOVA**

**Martin Knotek, Roman Pliska**

Gymnázium Jiřího Woltra  
Kollárova 3, Prostějov

## **Obsah práce:**

### **1. Úvod**

### **2. Metodika**

#### **2.1 Výběr tématu práce**

#### **2.2 Zúžení výběru lokalit**

#### **2.3 Popis jednotlivých lokalit :**

##### **2.3.1 Vojáčkovo náměstí**

##### **2.3.2 Kravařova**

#### **2.4 Popis práce:**

##### **2.4.1 Lokalita Vojáčkovo náměstí**

###### **2.4.1.1 Tvorba 3D modelu okolních budov**

###### **2.4.1.2 Tvorba 3D modelů návrhů**

###### **2.4.1.2.1 Objekt „1“**

###### **2.4.1.2.2 Objekt „2“**

##### **2.4.2 Lokalita Kravařova**

###### **2.4.2.1 Tvorba 3D modelu okolních budov**

###### **2.4.2.2 Tvorba 3D modelů návrhů**

### **3. Závěr**

## 1. Úvod

Cílem naší práce je vytvoření studie, která má ukázat možné řešení dostavby budov ve stávajících prolukách v centru města Prostějova. Studie vznikla pro potřeby města Prostějova. Tato práce nemá přímo za cíl komplexní architektonické řešení z důvodu našich nedostatečných odborných znalostí. Má být pouze jakýmsi odrazovým můstkem pro možný kompletní projekt, jehož realizace by znamenala další rozvoj města Prostějova.

Tento obor jsme si vybrali z důvodu zájmu o architekturu a stavebnictví a kvůli předchozím zkušenostem s používáním výukové verze softwaru ArchiCAD. Oba máme společný zájem studovat v budoucnu vysokou školu s architektonickým zaměřením.

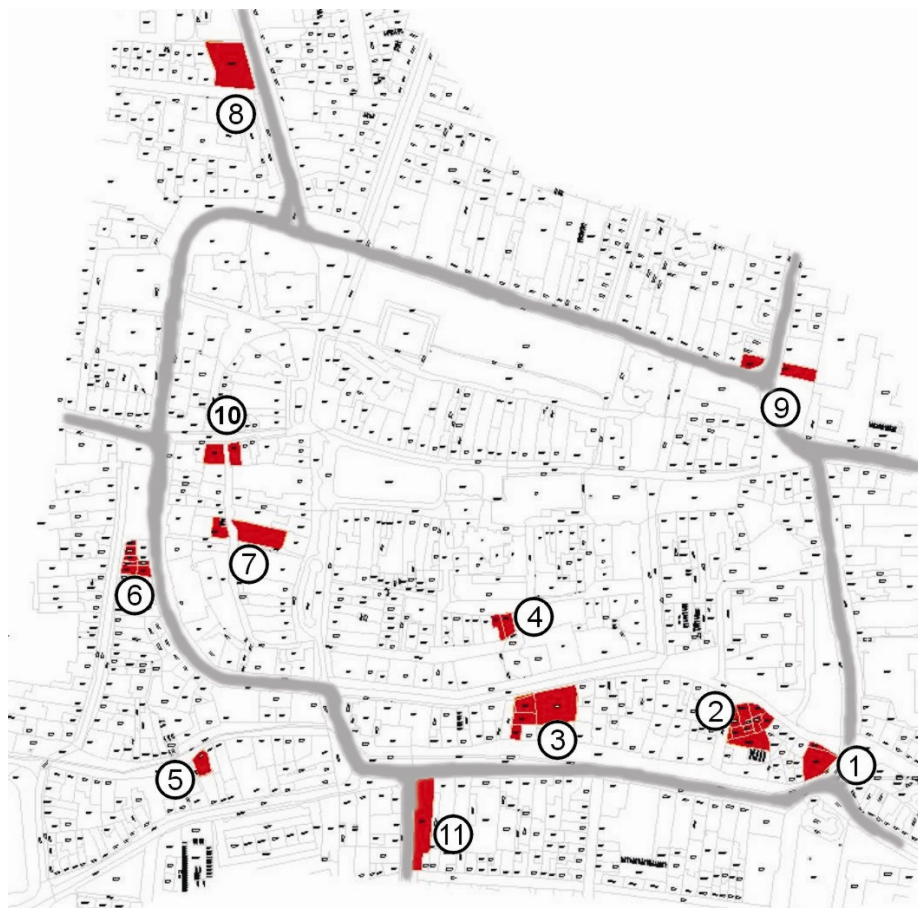
Použitý program ArchiCAD je ve studentské verzi.



## 2. Metodika:

### 2.1 Výběr tématu práce

Po poradě s konzultantem jsme se rozhodli pro řešení problému nezastavěných prostor v centru Prostějova. Ing. Arch. Příkryl nám pomohl s vytipováním lokalit a s obstaráním mapových podkladů. Měli jsme na výběr z jedenácti míst:



- |                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| (1) – Petrské náměstí                | (7) – Knihařská         |
| (2) – Sušilova                       | (8) – Kostelecká        |
| (3) – Komenského                     | (9) – Vojáčkovo náměstí |
| (4) – Úprkova                        | (10) – Kravařova        |
| (5) – Vodní                          | (11) – Brněnská         |
| (6) – Mlýnská, Palackého, Plumlovská |                         |

## **2.2 Zúžení výběru lokalit**

Všechny lokality jsme si nejdříve pečlivě prošli, nafotili a po zvážení se rozhodli pro dvě lokality, které se výrazně liší svým umístěním a celkovou koncepcí okolní zástavby. Zvolili jsme Vojáčkovo náměstí (9), nacházející se na vnitřním okruhu města, a ulici Kravařova (10) v blízkosti náměstí T.G. Masaryka v historickém centru města. Záměrně jsme vybrali místa, kolem kterých denně chodíme a která jsou nám blízká. Na těchto pozemcích se nám zalíbil i kontrast, který představují – frekventovaný dopravní uzel nabízející široké možnosti proti klidné památkové zóně, která vyžaduje budovu odpovídající celkovému rázu okolí.

## **2.3 Popis jednotlivých lokalit:**

### **2.3.1 Lokalita Vojáčkovo náměstí**

Pozemky na Vojáčkově náměstí jsou poměrně problematicky umístěny na velmi frekventované křižovatce – to byl jeden z určujících faktorů při výběru budov pro danou lokalitu. Jedním z důvodů pro výběr této lokality byla její relativně malá vzdálenost od naší školy. Naším cílem bylo pokusit se v dané lokalitě vytvořit dominantní budovu na momentálně nezastavěné ploše.

### **2.3.2 Lokalita Kravařova**

Pozemek na ulici Kravařova je specifický svým umístěním v památkové zóně – od toho se odvíjela i naše snaha o co nejlepší začlenění budovy do okolní zástavby. Při práci na této lokalitě jsme se dozvěděli od našeho konzultanta o tom, že protější rohová budova se má rekonstruovat a v rámci této rekonstrukce má být zvýšena o jedno patro. Při tvorbě 3D vizualizace jsme proto museli s touto novou skutečností počítat.

## 2.4 Popis práce:

### 2.4.1 Lokalita Vojáčkovo náměstí



Základem pro tvorbu 3D vizualizace obou budov v dané lokalitě a jejich bezprostředního okolí byl situační plán, který jsme obdrželi od našeho konzultanta. Tento nám posloužil jako výchozí pro tvorbu obvodových zdí v programu ArchiCAD. V této lokalitě jsme řešili dva objekty. Jeden uzavírá nároží ulic Vápenice – Olomoucká, druhý zakončuje stávající řadovou výstavbu v linii ulice Olomoucké.

#### **2.4.1.1 Tvorba 3D modelu okolních budov**

Nejprve jsme se rozhodli vytvořit hrubý model okolních budov podle stávající situace, abychom získali celkový přehled o okolí a možnostech dané lokality. Při této práci jsme vycházeli z obdržných podkladů, vlastní fotodokumentace a satelitních snímků z internetu, na kterých jsme se snažili nalézt typy střech na jednotlivých budovách pro věrnější zobrazení při vizualizaci. Při tvorbě střech u těchto budov se vyskytl první problém, protože satelitní snímky nejsou příliš aktuální a nemají dostatečnou kvalitu a přiblížení. Navíc jsme se potýkali i s programem, který neumožňuje v základu tvorbu jiné než valbové střechy. Nakonec se nám podařilo v některých případech tento nedostatek překonat a vytvořili jsme střechu blízkou reálné podobě. U některých budov je však vizualizovaná střecha pouhým náznakem současného stavu. Po dokončení modelů jednotlivých budov jsme 3D vizualizaci okolí doplnili o vozovku, chodníky a pásy zeleně. Výsledná kombinace budov a terénu nám umožnila co nejlépe zasadit návrhy do okolí. Navíc je z takto kombinované vizualizace jasně patrný celkový soulad plánovaných a stávajících objektů.

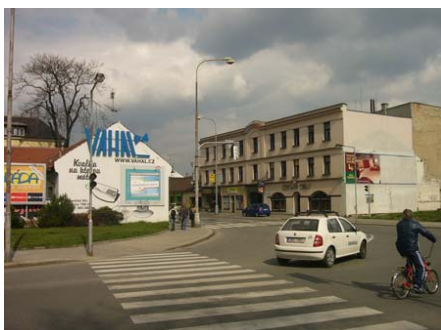
## Porovnání skutečného stavu a 3D zobrazení



Pohled na pozemek ze směru ulice Újezd



Model



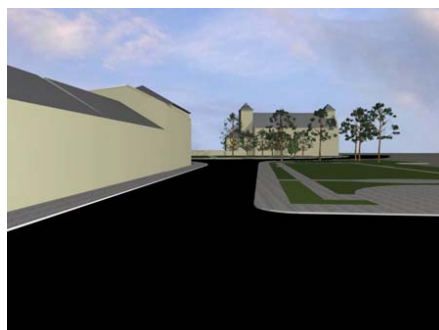
Pohled z Vojáčkova náměstí



Model



Pohled z ulice Vápenice

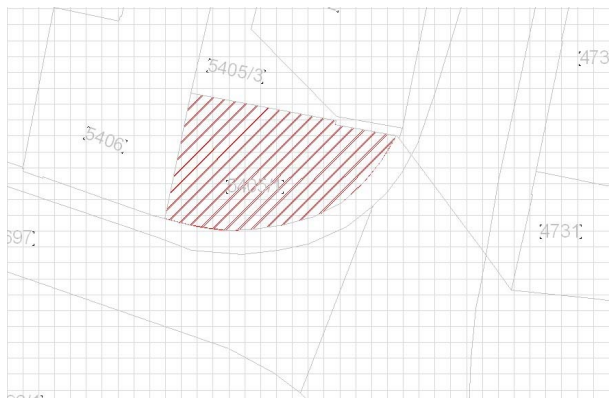


Model

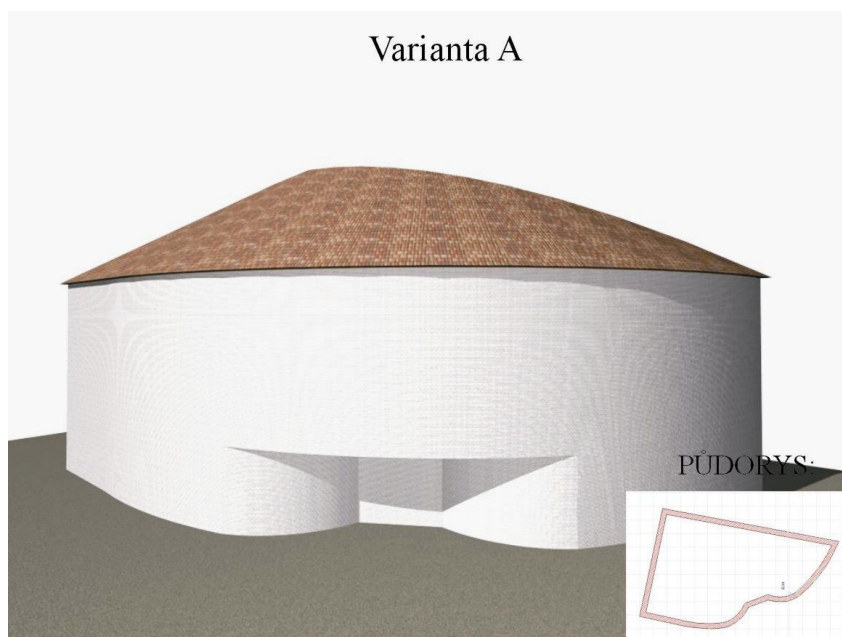


## 2.4.1.2 Tvorba 3D modelů návrhů

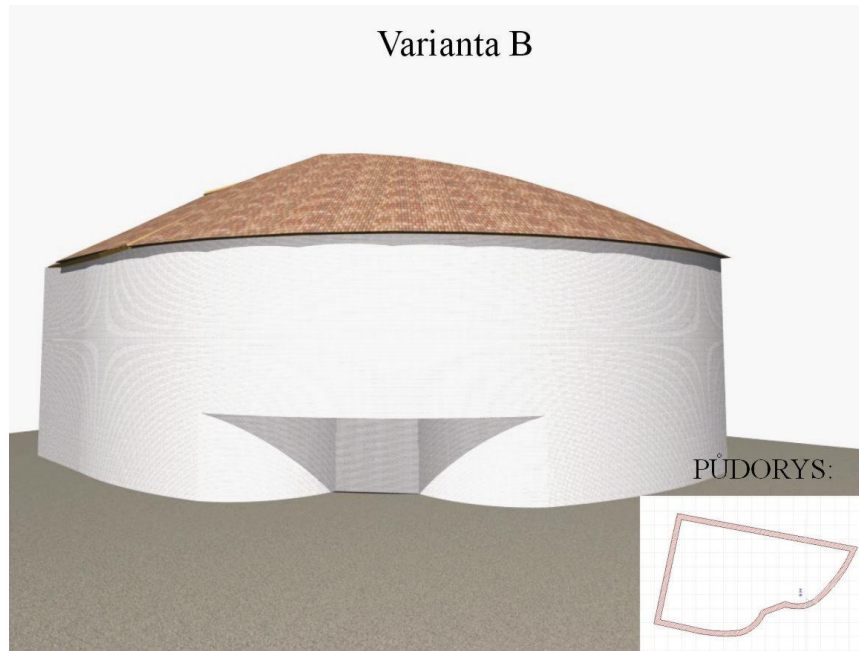
### 2.4.1.2.1 Objekt „1“



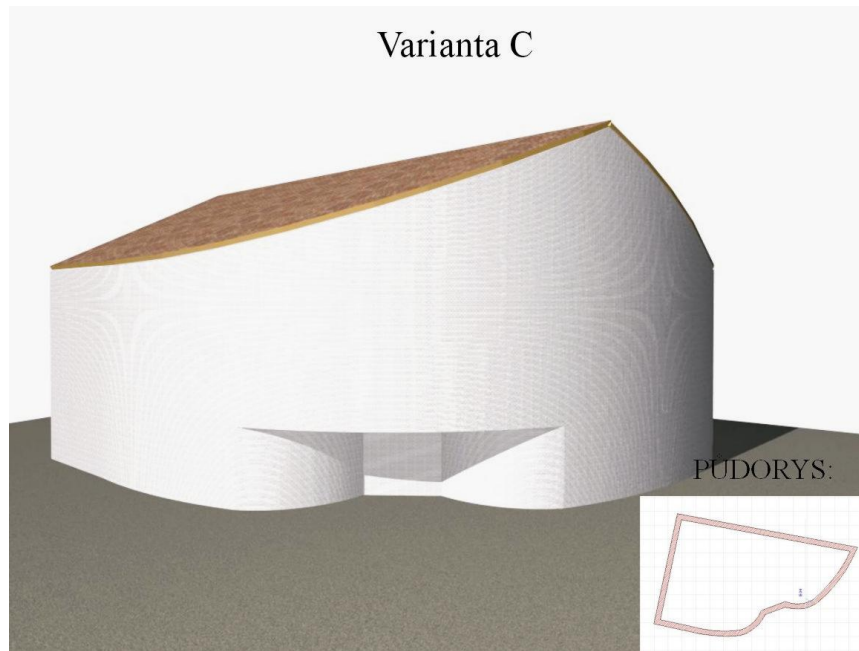
Po vytvoření modelu okolí jsme mohli přistoupit k tvorbě jednotlivých návrhů pro studii. Při tvorbě budov jsme byli opět omezeni použitým programem, kvůli zakřivení rohového pozemku, na který jsme chtěli umístit první ze dvojice budov v této lokalitě. Výsledný model je nakonec vzhledem k vynaloženému úsilí uspokojivý. Ve všech návrzích obvodová zeď kopíruje zakřivení pozemku a vytváří na pohled zajímavý prvek.



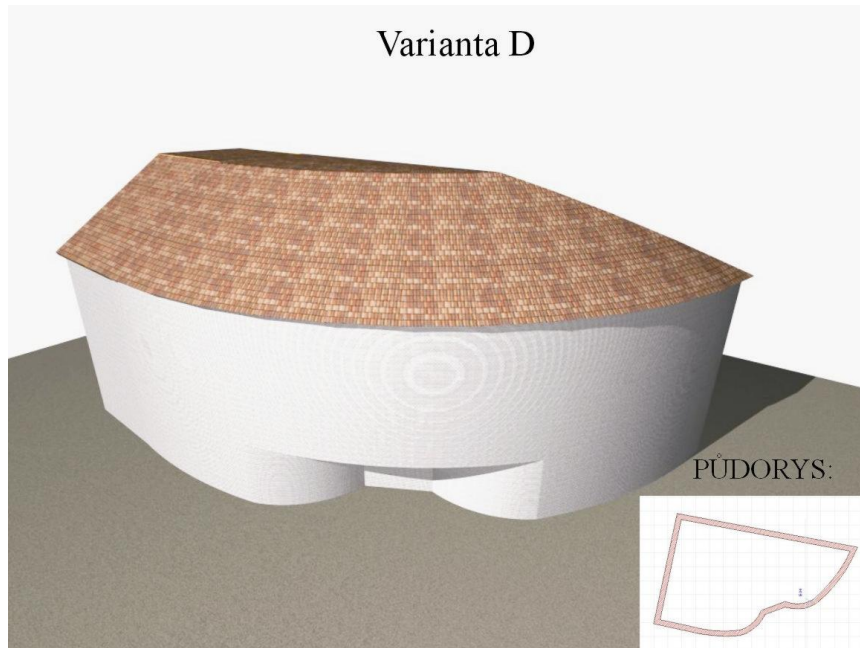
Varianta B



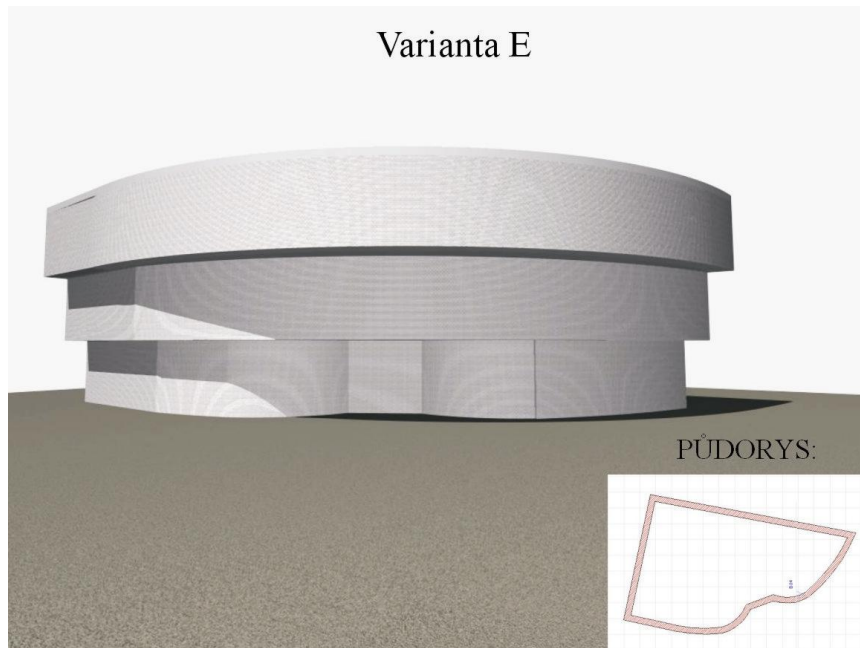
Varianta C



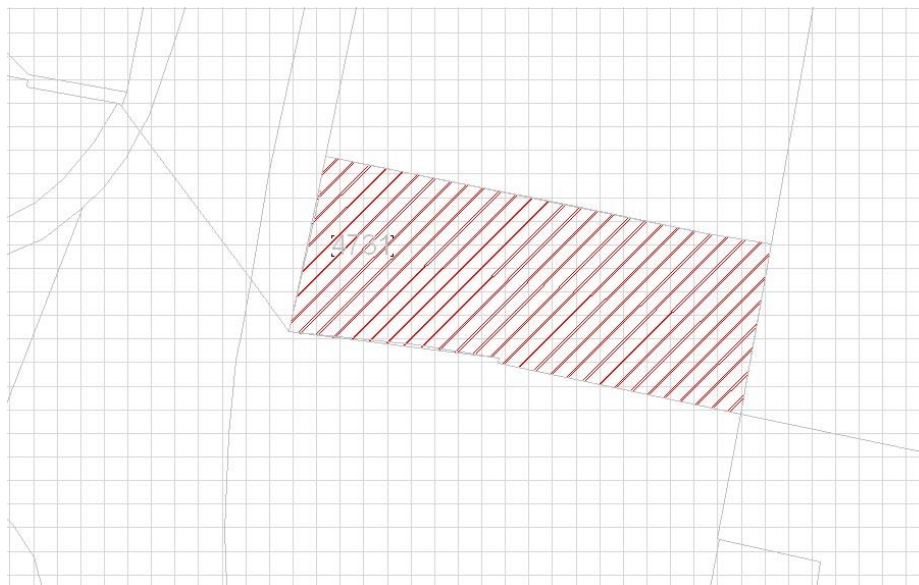
Varianta D



Varianta E



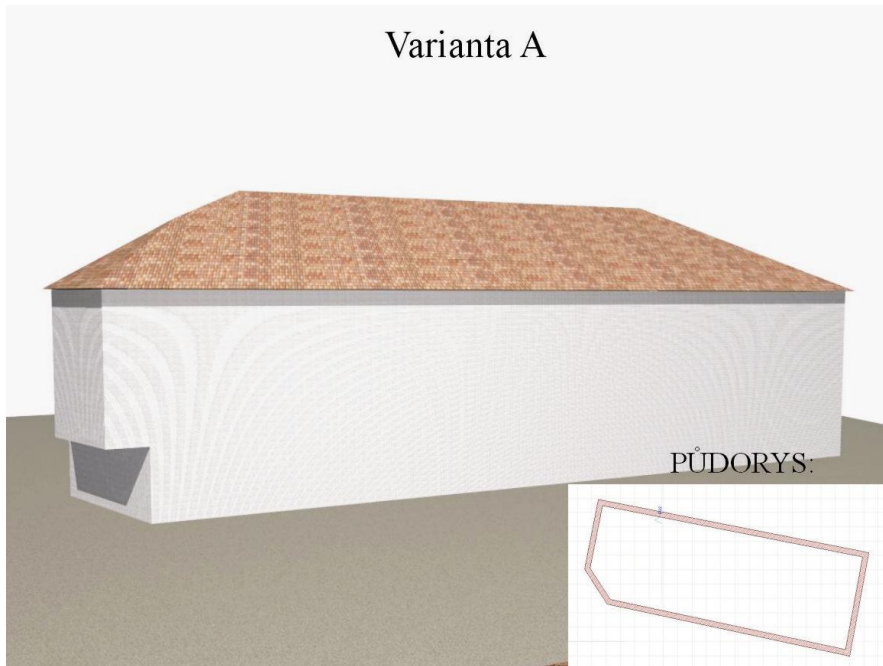
#### 2.4.1.2.2 Objekt „2“



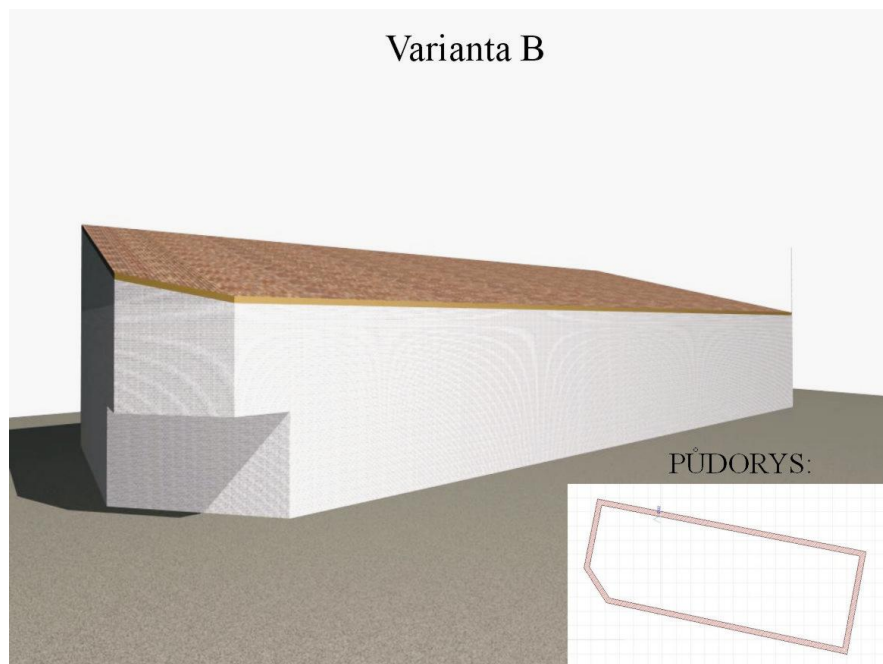
V případě druhého objektu v této lokalitě jsme se snažili vytvořit netradiční řešení, které by však svou koncepcí zapadlo do již zastavěné oblasti. Naším záměrem nebylo vytvořit pouze konvenční budovu, která by současnou zástavbu pouze „doplnila“, ale určitou dominantu opticky uzavírající průhled ulicí Vápenice a současně i oživující stávající prostředí. Pro tento náš záměr jsme vycházeli ze základního objemu zadaného pozemkem, který jsme dále upravovali a formovali. Po různých pokusech jsme dospěli k použití jednoduchých prvků, pouze v případě finálního návrhu dominantní budovy jsme využili sloupy na úrovni přízemí.

Záměrem naší studie není řešit podrobně možné využití objektů, ale vzhledem k umístění v blízkosti rušné křižovatky navrhujeme využít obě budovy jako polyfunkční objekty s komerčním zaměřením.

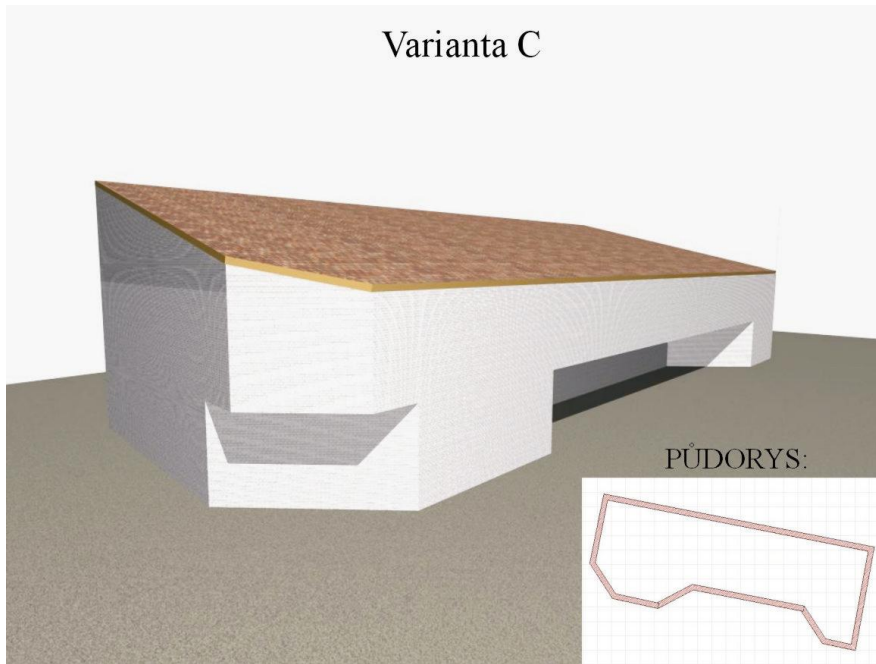
Varianta A



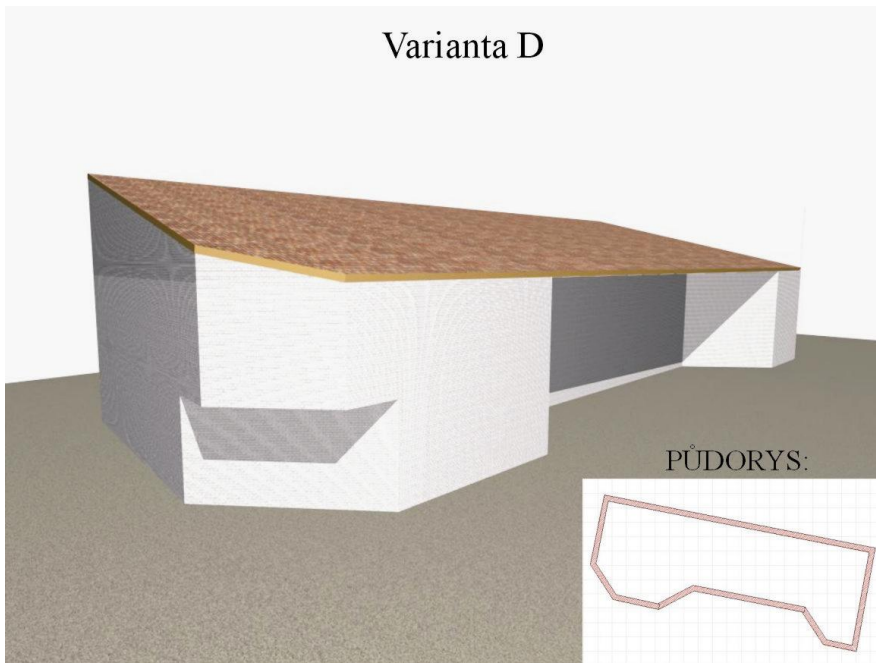
Varianta B



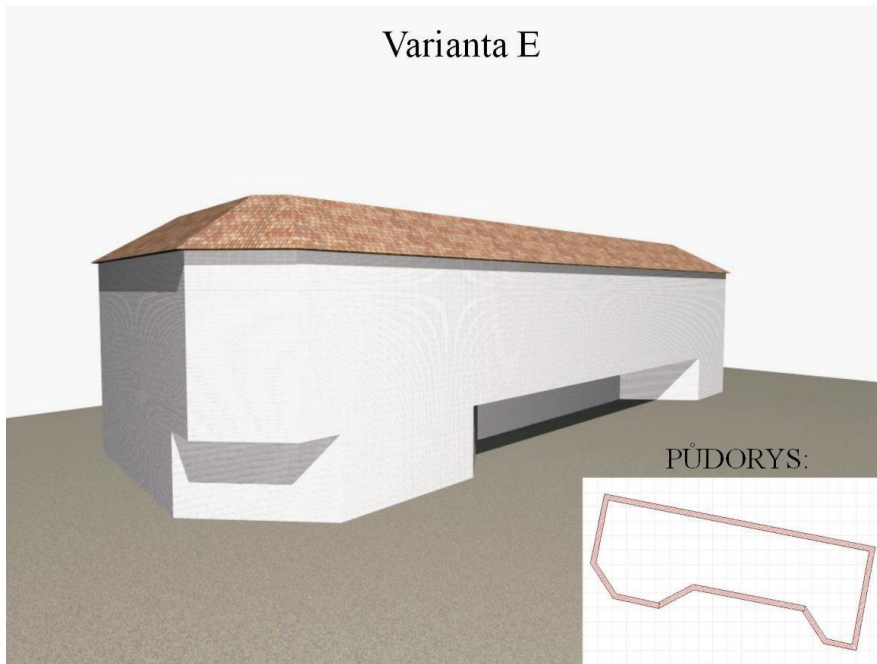
Varianta C



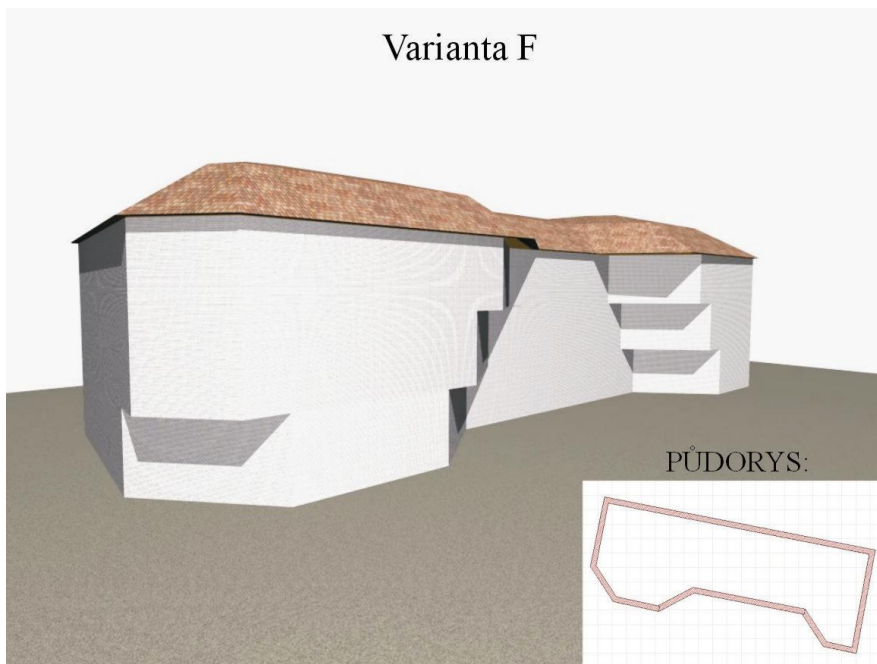
Varianta D



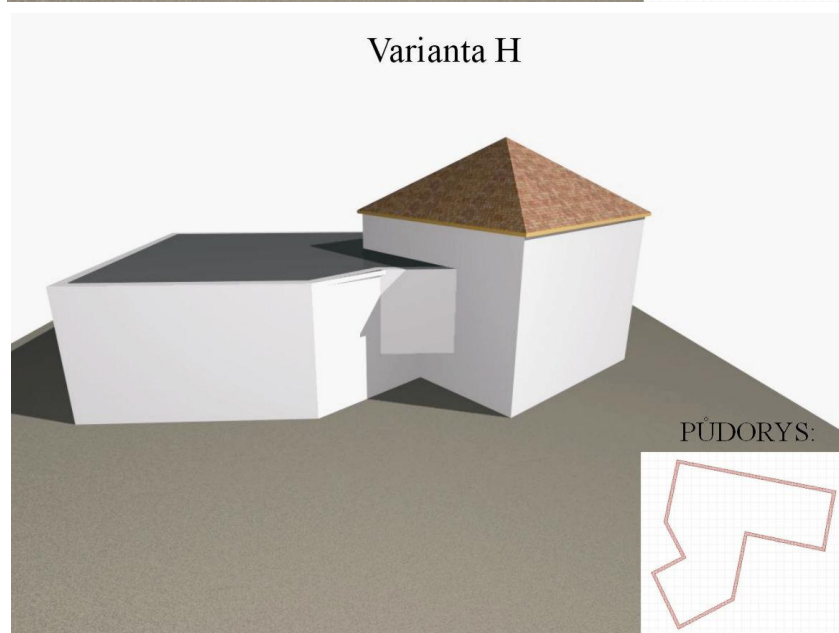
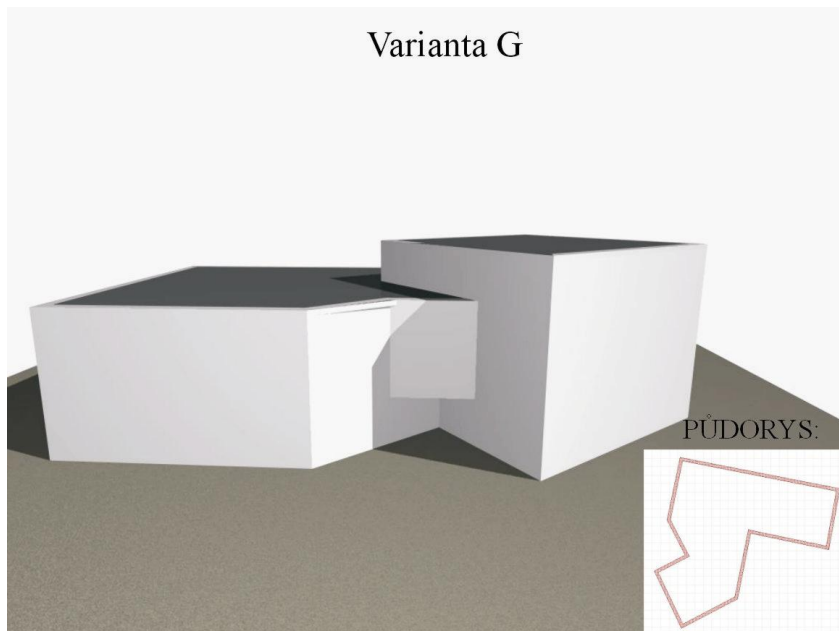
Varianta E



Varianta F

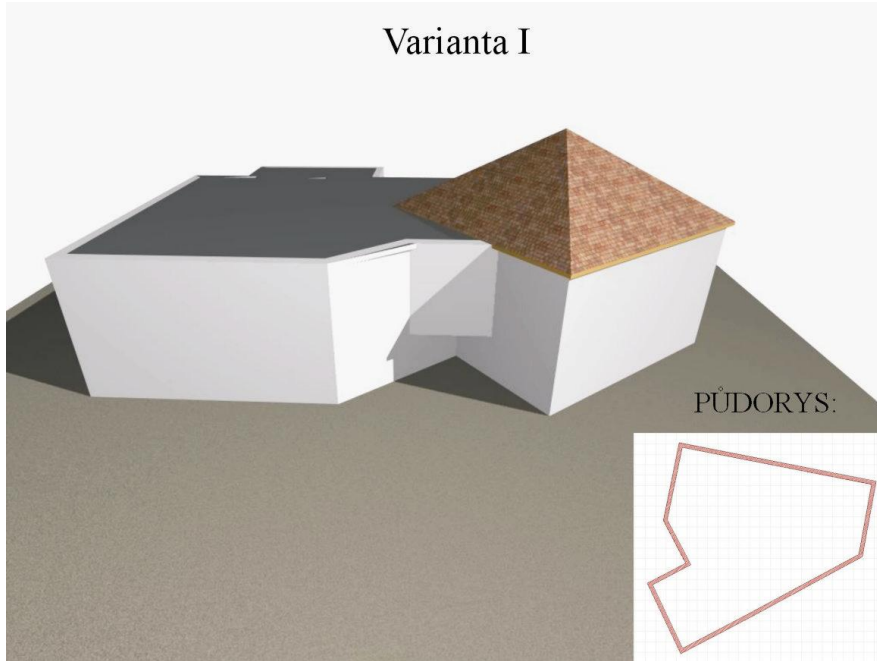


Po předložení těchto návrhů nám konzultant poradil využít sousedící volný pozemek. Rozšířením možného stavebního pozemku se nám naskytly nové možnosti k tvorbě dalších návrhů.

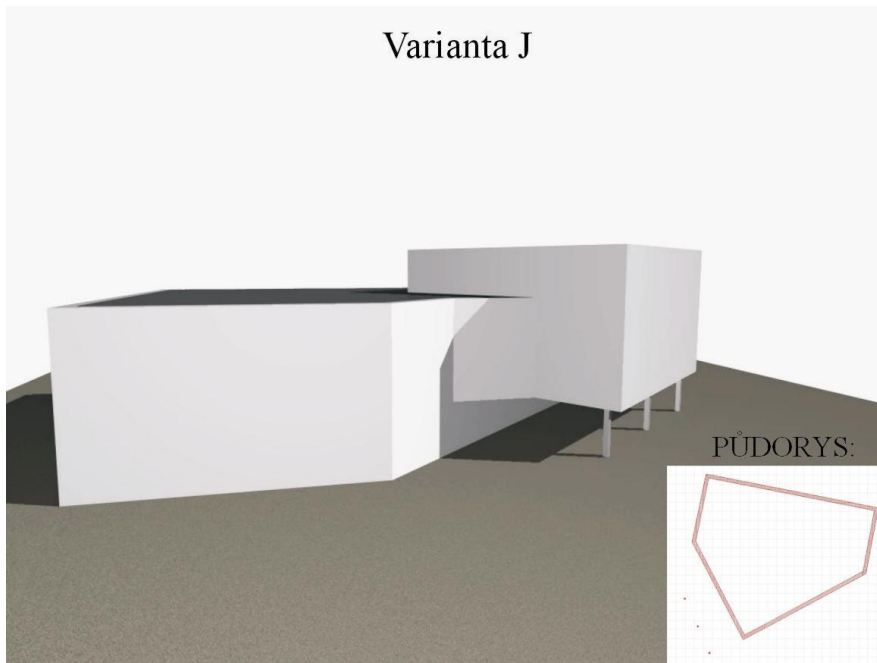




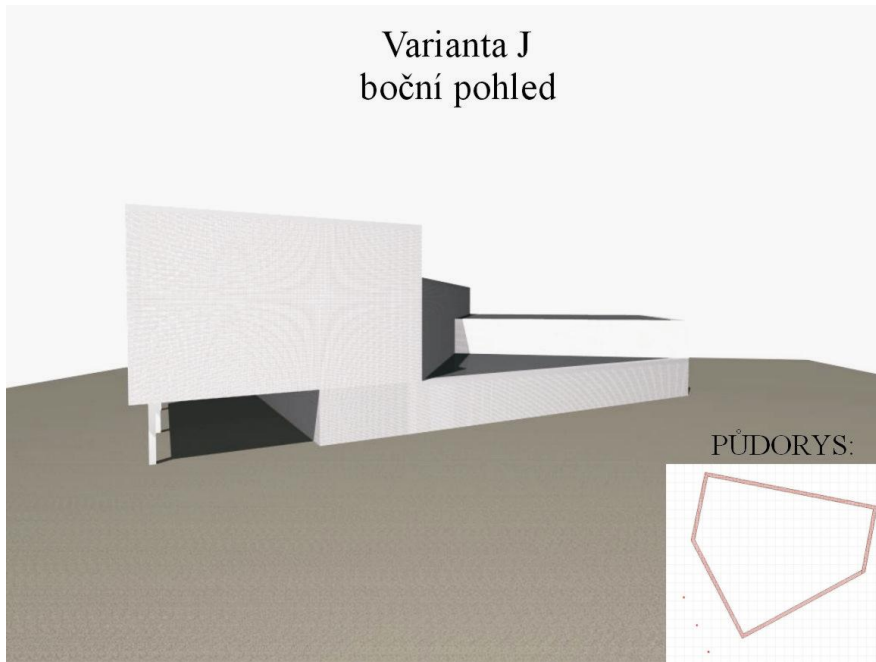
Varianta I



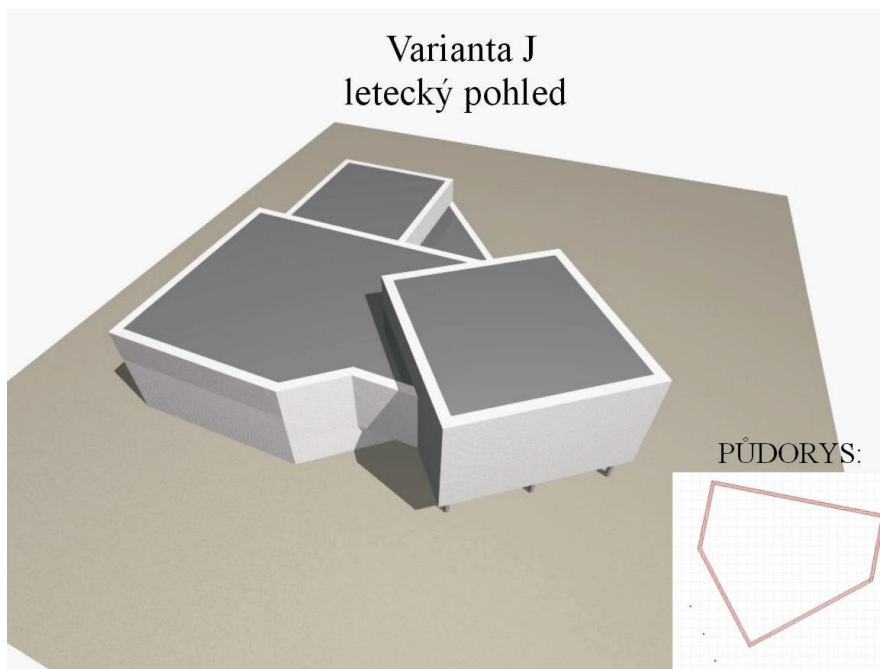
Varianta J



Varianta J  
boční pohled

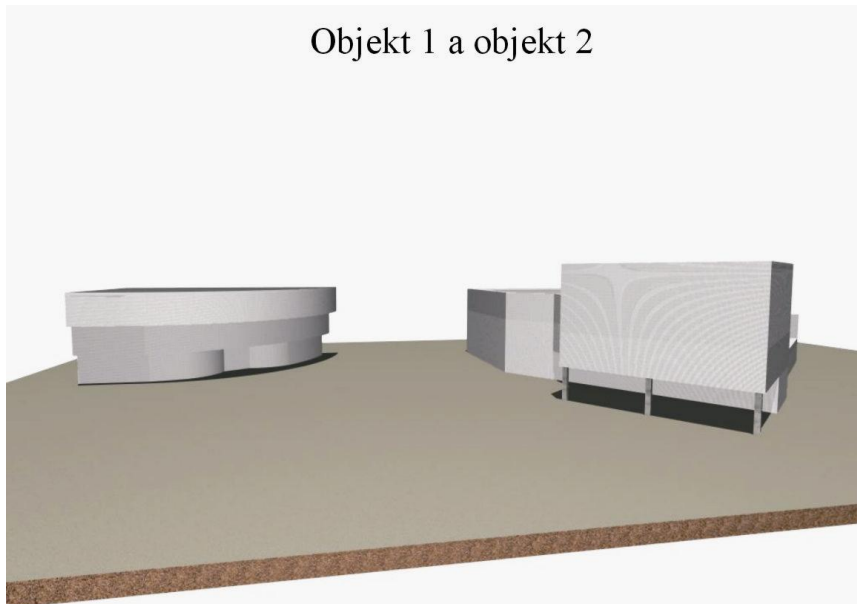


Varianta J  
letecký pohled

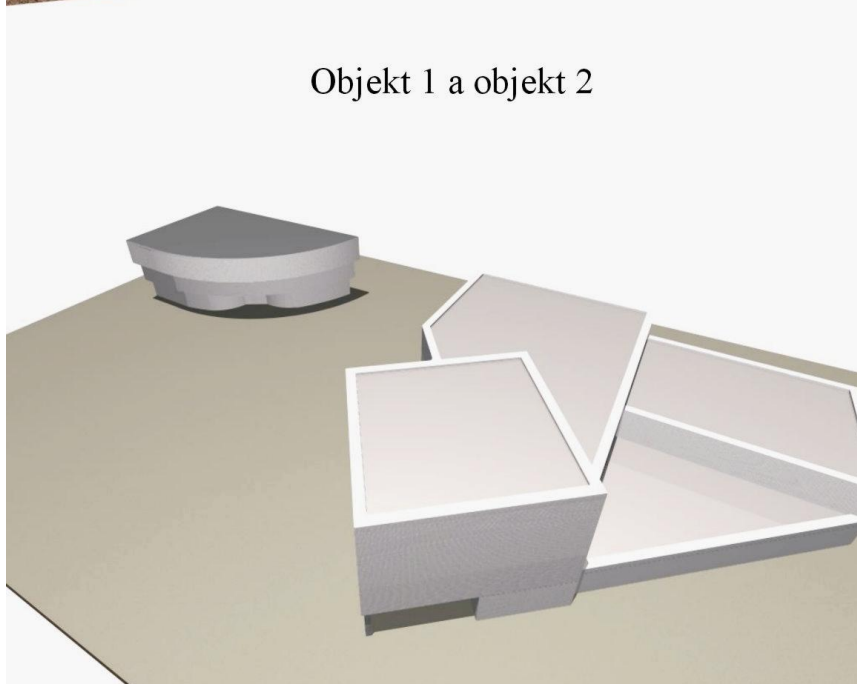


Výběrem nejlepších návrhů objektu jedna a objektu dvě a jejich následnou kombinací jsme vytvořili finální návrh pro lokalitu Vojáčkovo náměstí.

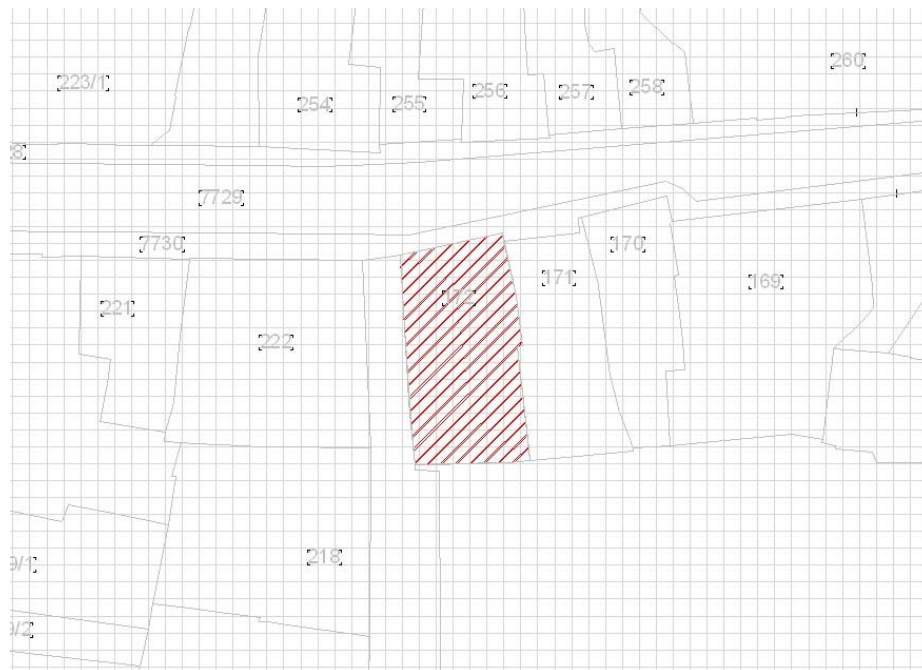
Objekt 1 a objekt 2



Objekt 1 a objekt 2



## 2.4.2 Lokalita Kravařova



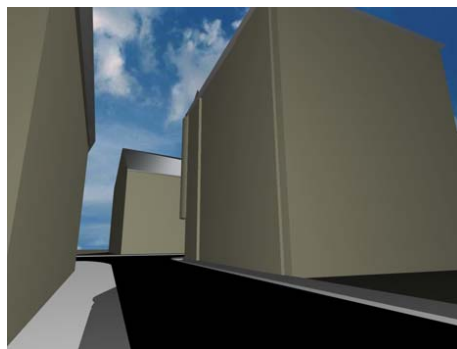
Jako základ pro tvorbu 3D vizualizace obou budov v dané lokalitě a jejich bezprostředního okolí nám opět posloužily mapové podklady. S jejich pomocí jsme i v této lokalitě začali práci vytvořením obvodových zdí v programu ArchiCAD.

### 2.4.2.1 Tvorba 3D modelu okolních budov

Pro tuto lokalitu jsme zvolili obdobný postup jako u předchozí. Nejdříve jsme zhotovili hrubý model okolních budov podle současné situace, abychom měli lepší představu o možnostech dané lokality. Jako základ pro tvorbu návrhu nám opět posloužily obdržené podklady, vlastní fotodokumentace a satelitní snímky z internetu. Znovu jsme se při vytváření modelů střech u okolních budov setkali s problémem nevyhovující kvality a aktuálnosti satelitních snímků. Soubor s nedostatečnými možnostmi programu byl podstatně horší, protože střechy budov v památkové zóně jsou komplikovanější než v předchozí lokalitě. Kompromisu jsme dosáhli pracným sestavením střech z jednotlivých segmentů, které jsme sami vytvořili. Ve finální podobě se vizualizované střechy velmi přiblížily skutečnému vzhledu. Tvorbu 3D modelů okolí jsme zakončili doplněním vozovky, chodníků a pásů zeleně. Závěrečné spojení budov s terénem vytváří lepší představu o začlenění návrhu do okolí a podtrhuje celistvost navrhovaných a stávajících staveb ve 3D vizualizaci.



Pohled z ulice Fügnerova



Model



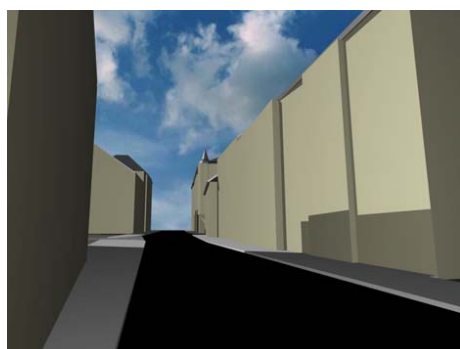
Pohled z ulice Knihařská



Model



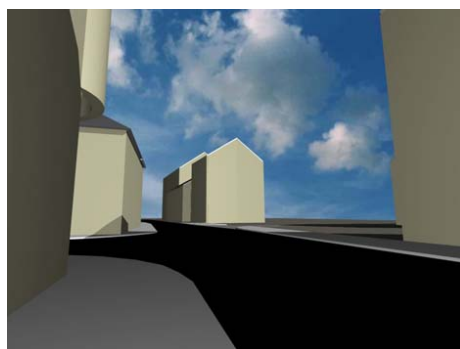
Pohled z ulice Kravařova



Model



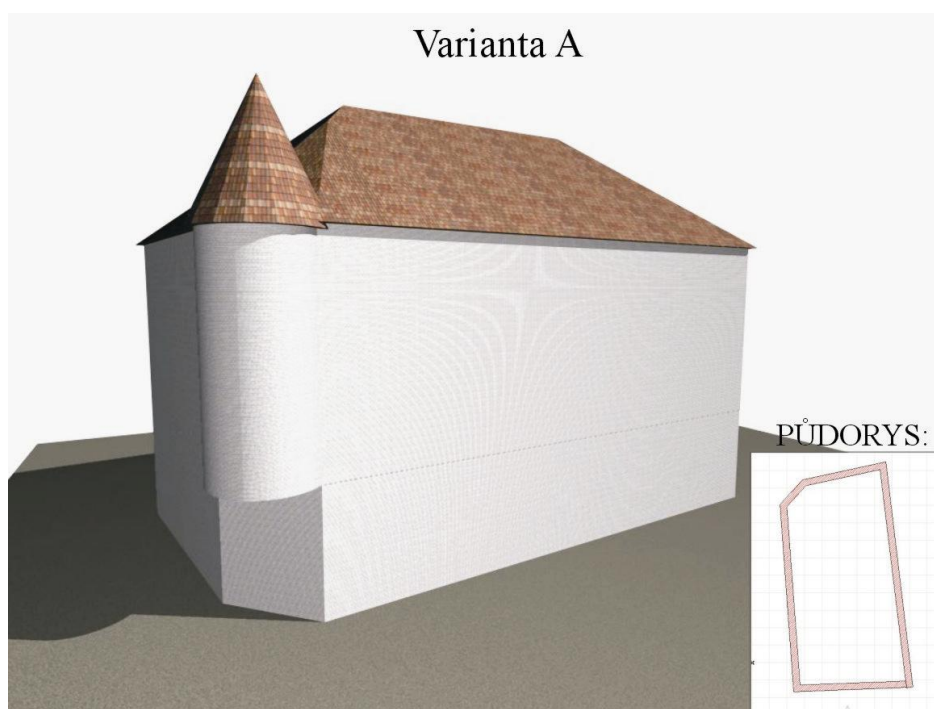
Pohled od budovy ZUŠ, ulice Kravařova



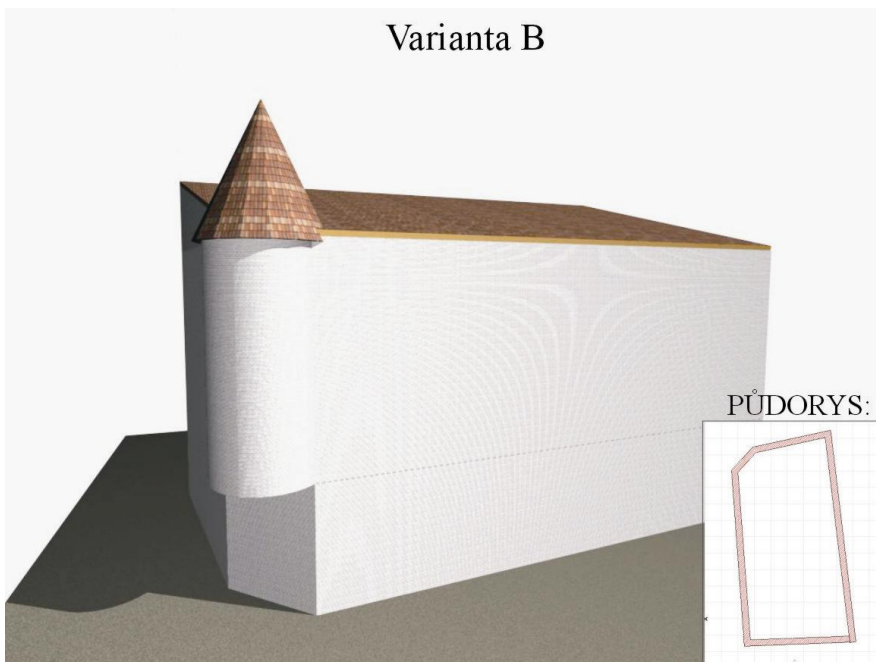
Model

### 2.4.2.2 Tvorba 3D modelů návrhů

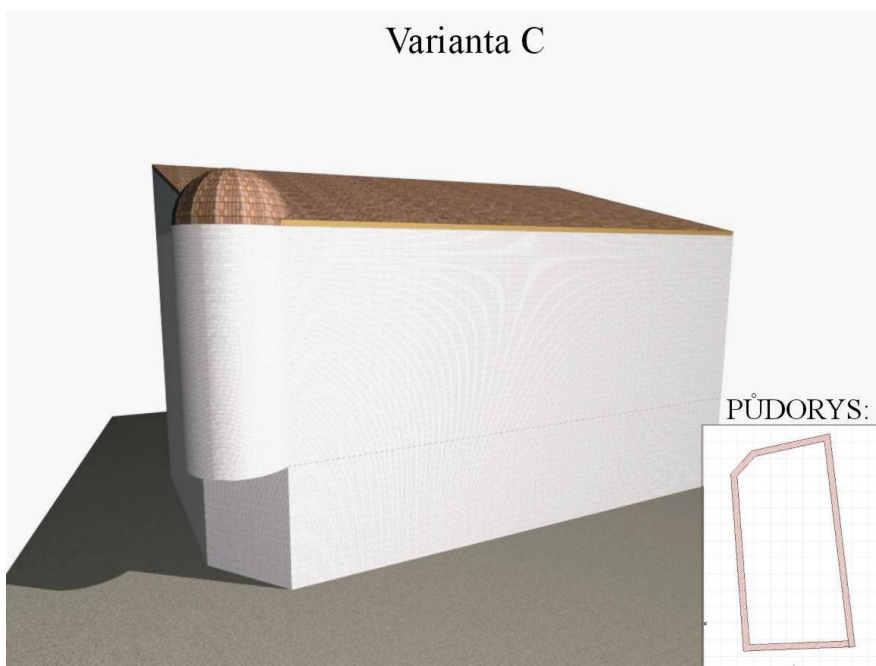
Po vytvoření modelu okolí jsme mohli přistoupit k tvorbě jednotlivých návrhů pro studii. Při modelování budov jsme byli omezeni umístěním pozemku v památkové zóně. Svoje představy jsme proto museli přizpůsobit celkovému vzhledu okolní zástavby. Proto byly naše první návrhy poměrně konzervativní a vycházely pouze z hrubého objemu, který pozemek nabízel.



Varianta B

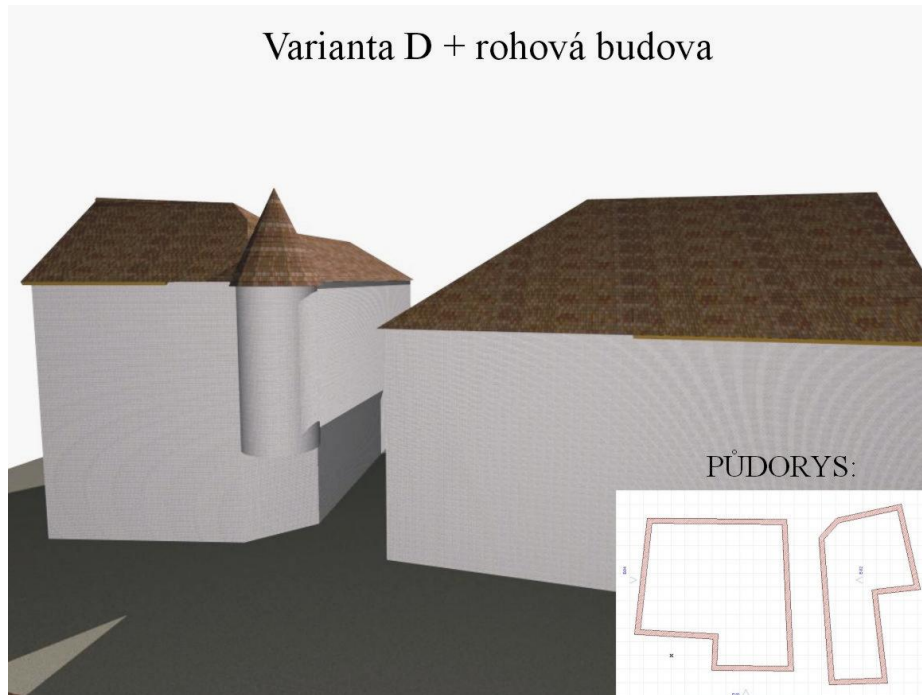


Varianta C



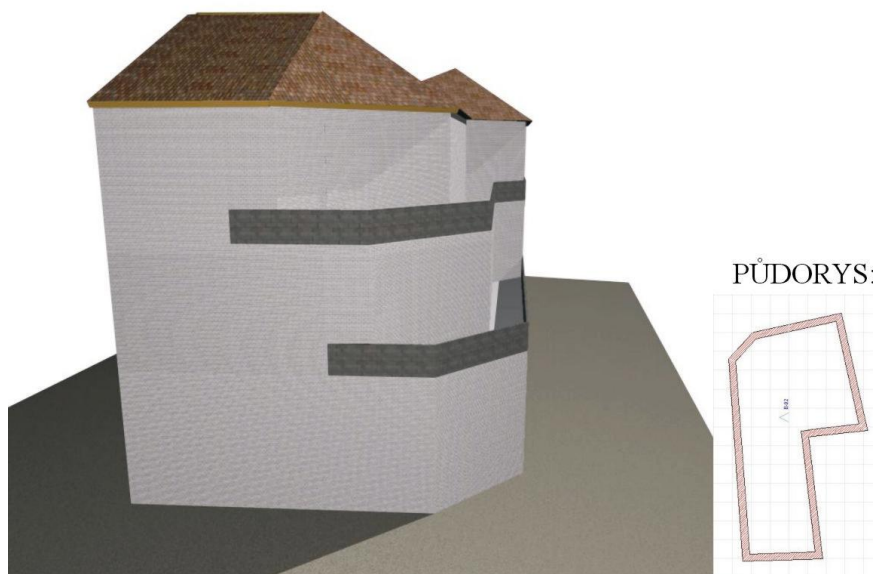


Doplnění návrhu objektu o vedlejší rohovou budovu po rekonstrukci:

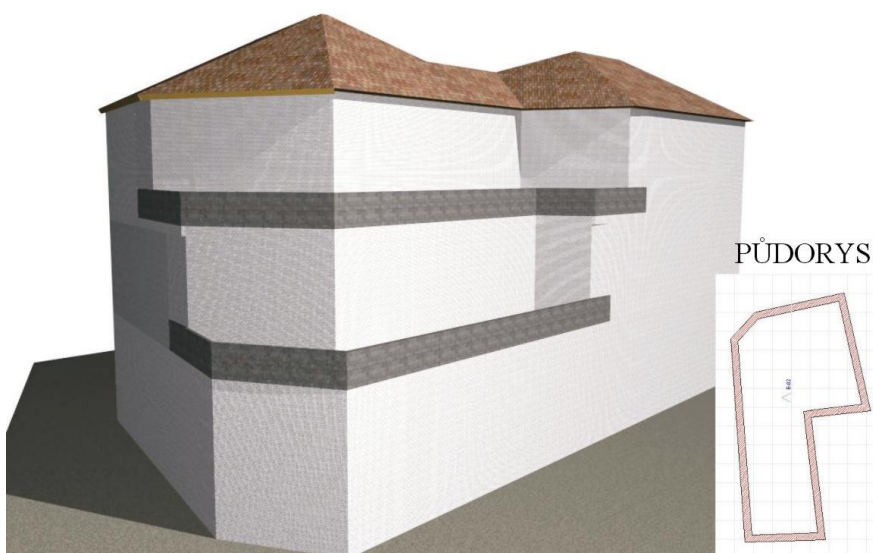


Na radu našeho konzultanta jsme se nakonec rozhodli pro pokus o netradiční řešení, které by oživilo vzhled lokality bez narušení celkového dojmu.

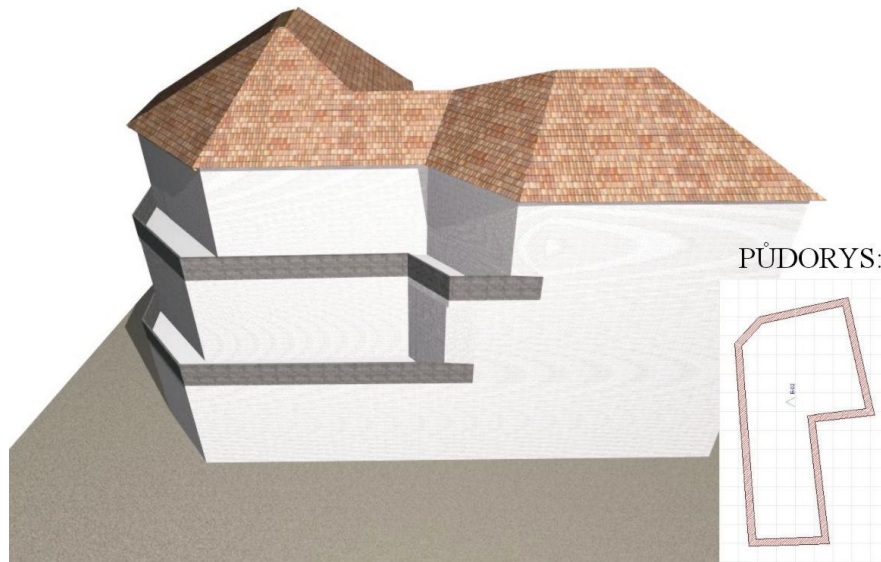
### Varianta E



### Varianta E

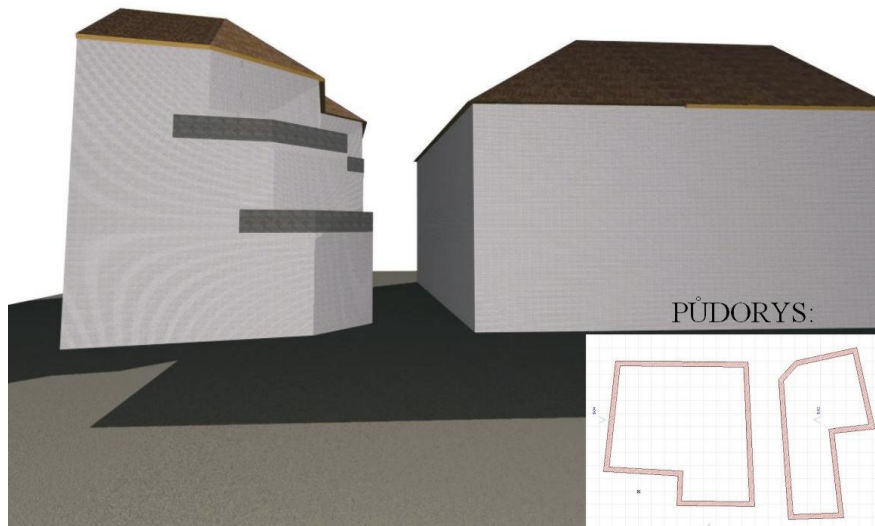


## Varianta E

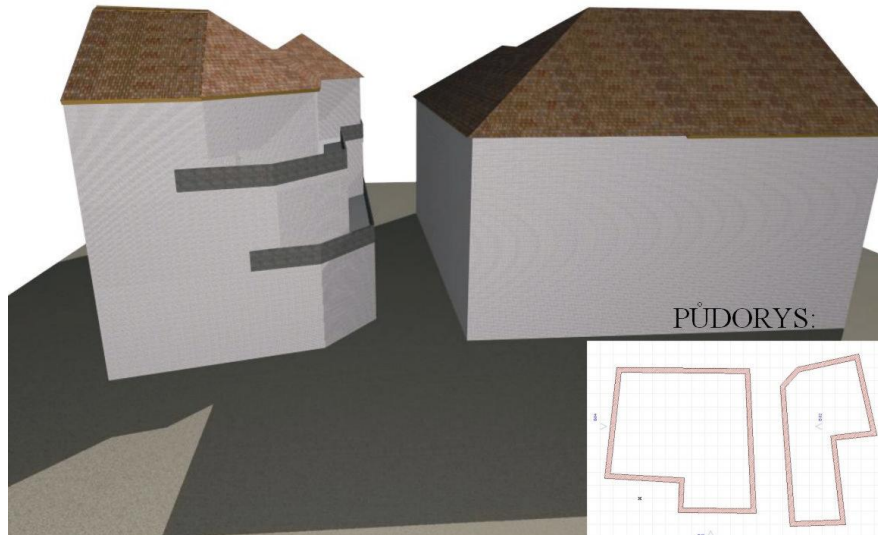


**Pohled na finální návrh spolu s dostavbou vedlejší budovy:**

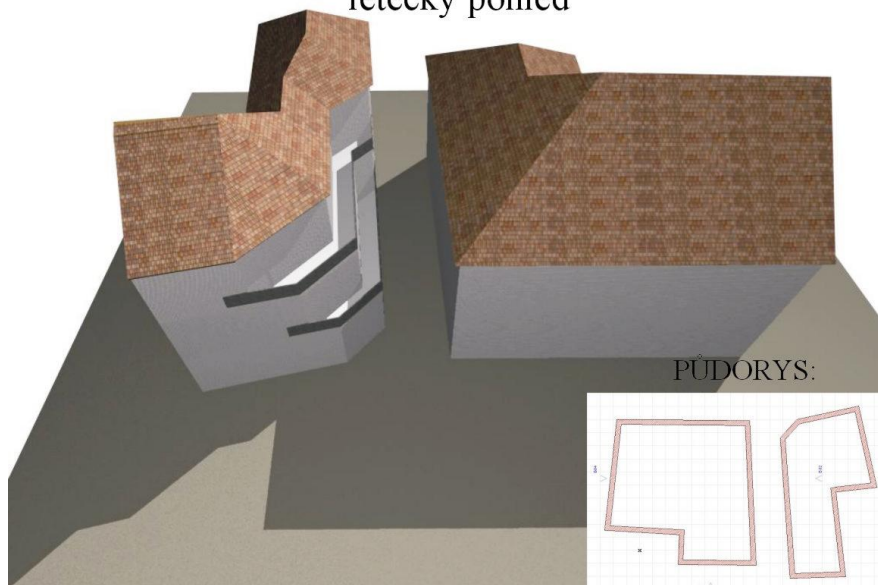
Varianta E + rohová budova  
pohled z parteru



Varianta E + rohová budova  
pohled ze zvýšeného horizontu



Varianta E + rohová budova  
letecký pohled



### 3. Závěr

Při tvorbě návrhů jsme zužitkovali předchozí zkušenosti s prací v programu ArchiCAD. Přes všechny jeho nedostatky jsme se pokusili naplno využít možnosti vizualizace, které nabízí. Architektonická studie pro nás byla novou zkušeností v práci s mapovými podklady i v terénu. Přínos pro další studium v oboru spatřujeme také v nutnosti skloubit často odlišné názory a požadavky. Důležitým bodem byla spolupráce s architektem-konzultantem, který představoval profesionální protipól a naše návrhy zhodnotil z hlediska možné realizace. Výsledkem našeho úsilí jsou objemové studie objektů ve dvou charakterem odlišných lokalitách. V nejvyšší možné míře jsme se snažili respektovat ráz okolní zástavby v tvarovém i historickém kontextu.

Myslíme si, že naše práce může být určitým přínosem při hledání formy zástavby dvou námi vytipovaných lokalit v městě Prostějově.

Rádi bychom poděkovali Ing. Arch. Janu Příkrylovi za poskytnutou odbornou pomoc při řešení problémů a konzultace.

Zdroje:

Internet : [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Mapy města Prostějova



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **SÍRA**

**Michaela Koutná**

**Střední průmyslová škola Přerov**  
**Havlíčková 2, 751 52 Přerov**

Této práci jsem se věnovala asi půl školního roku, protože pro mě byla tato práce velmi důležitá, dala jsem do ní vše, co jsem jen mohla. Byla zahrnuta do maturitního hodnocení. Na začátku, když jsme si volili téma, věděla jsem jistě, že bych chtěla psát nějaké téma z chemie. Byla mi nabídnuta téma síra, které jsem přijala. Nejdříve jsem si nebyla jistá, jestli budu mít co psát, ale jakmile jsem se o tuto tematiku začala více zajímat, bylo mi jasné, že je toho víc než dost.

Hned na začátku jsem se dověděla o minulosti síry, jež sahá až do starého Řecka a Říma, a už v minulosti byla využívána na mnoho věcí, jako je například dezinfekce obydlí či jisté náboženské obřady. Ve 13. století byla poprvé použita jako střílný prach v bitvě u Kresčaku. Byla to směs ledku, práškovitého dřevěného uhlí a síry. Tato směs byla využívána dlouho, až do objevení bezdýmného střílného prachu.

Síra se značí S, latinsky Sulphur, a nachází se v periodické tabulce ve 3. periodě a VI. A skupině. Dále tam s ní jsou: kyslík, selen, tellur a radioaktivní polonium, všechny tyto prvky jsou nekovy a mají souhrnný název **chalkogeny**. Síra má protonové číslo 16 a její relativní atomová hmotnost je 32,066. Síra je žlutá, někdy kvůli různým příměsím nazelenalá či oranžová, pevná krystalická látka, která není rozpustná ve vodě, ale dobře rozpustná např. v sirouhlíku. Síra se v přírodě vyskytuje v několika alotropických modifikacích, asi nejdůležitější je kosočtverečná, do níž postupně přecházejí všechny ostatní. Další, o které se můžeme zmínit je sirný květ, ten se využívá při sbírání rozlité rtuti nebo při síření sudů a sklepů. Je to poměrně reaktivní prvek, které se neslučuje jen se vzácnými plyny, dusíkem, platinou a dalšími. Také s kyslíkem se za normálních podmínek neslučuje. Na vzduchu hoří modrým plamenem.

Využívá se hned v několika odvětvích průmyslu, například při vulkanizaci kaučuku nebo při výrobě fungicidů, ale také v lékařství na výrobu sirných mastí.

Síra se v přírodě vyskytuje hlavně ve formě sloučenin, ale málokde je její výskyt tak vysoký, aby její těžba byla ekonomicky výhodná. V přírodě se vyskytuje hlavně v okolí sopek, dále také ve formě minerálů, jako jsou pyrity, sádrovce a další. Síra se těží asi v 17 zemích světa. Existují asi 3 nejzákladnější způsoby jejího získávání: zaprvé je to těžba, při níž se síra drtí a mele, poté se takto upravená síra podrobí flotaci, což znamená, že se její koncentrace zvýší z 25% na 80%. Takto upravená síra se dále taví v autoklávu a odsud se odtahuje skoro 100%. Zadruhé je to Clausův, ten se využívá při likvidaci odpadního sulfanu. Poslední způsob je Fraschův, při kterém se do spodních vrstev hornin vhání přehřátá vodní pára, ta vytlačí zkapalněnou síru na povrch.

Zde si můžete prohlédnout množství vytěžené síry v jednotlivých státech v roce 2003.

USA	Rusko	Kanada	Polsko	Japonsko	Mexiko	Francie	SRN	Španělsko	Čína
11,6	8,26	7,95	4,37	2,81	2,39	1,95	1,34	1,32	1,17

Asi nejdůležitější sloučeninou síry je kyselina sírová, značí se  $H_2SO_4$ . Je to silná dvojsytná kyselina, která má olejovitou konzistenci a její barva je mírně nažloutlá. Je to velmi silná žíravina, při styku s organismem způsobuje zuhelnatění. Kyselina sírová se vyrábí ve 3 krocích, a to ze samotné síry nebo také spalováním pyritu. Tato kyselina se využívá v mnoha oborech průmyslu, jako je například výroba plastu, textilu, papíru, výbušnin a mnoha dalších.

Další sloučenina, kterou můžeme znát z běžného života je sulfan, dříve také sirovodík. Je to bezbarvý plyn zapáchající po zkažených vejcích. Tento plyn může v uzavřených prostorech a při delším používání oslabit naše smysly a způsobit otravu.

Síra je také důležitým prvkem pro náš organismus. Vyskytuje se hlavně v bílkovinách. Pro náš organismus má důležitý vliv hlavně při tvorbě keratinu a kolagenu, dále je také důležitá pro lesklé vlasy, zdravou pokožku a pevné nehty. Také se pomocí ní léčí poruchy kůže, jako je například lupénka či různé ekzémy.

Síra se často používá na síření, to slouží k dezinfekci sklepů a sudů. Tato „očista“ se provádí pomocí sirných knotů, jež se zapálí a nechávají vyhořet. Dále se síření používá na víno, na různé postřiky či při samotné výrobě vína. Tento postup velmi rozhoduje o kvalitě vína, je možno říci, že je to jeden z nejdůležitějších kroků.

Jednou z největších hrozeb pro naši přírodu je kyselý déšť, to je déšť, který má pH nižší než 5,6. Tuto kyselost deště způsobují oxidy síry, které se do ovzduší dostávají díky spalování fosilních paliv, při vulkanické činnosti či při zvětrávání hornin. Tento déšť je nebezpečný pro naše životní prostředí, způsobuje vymírání určitých živočišných a rostlinných druhů. Nejvíce ohrožené oblasti jsou takové, ve kterých je hodně rozvinuta průmyslová výroba, je to například Čína, Rusko, USA a u nás oblast Krušných hor.

Pro svou práci jsem udělala také některé laboratorní cvičení, v nichž jsem si ověřila určité vlastnosti síry, o nichž se ve své práci zmiňuji. Dále jsem vytvořila HTML učebnici, která by měla tuto problematiku jednoduše přiblížit každému čtenáři.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **DIGITÁLNÍ REKONSTRUKCE STABILNÍHO MOTORU**

**Jan Štěpánek**

Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy  
Budějovická 421, Sezimovo Ústí

### **Abstrakt /Anotace/**

Práce se zaměřuje na kompletní digitální rekonstrukci stacionárního stabilního motoru pro účely renovace předlohy tohoto stroje a dále pak na praktickou realizaci mezipředmětových vztahů při výuce technických oborů na středních odborných školách. Na modelu stabilního motoru nejdříve řeší širší historické souvislosti a vznik tohoto stroje, později zužuje bádání na konkrétní typ stroje. Poté se v praktické části zabývá nejen zvládnutím kinematiky stroje, ale řeší i z technického pohledu jeho jednotlivé části a jejich sestavu, a to až do úrovně výrobní technické dokumentace vybraných součástí. Model by dále měl sloužit jako podklad pro fyzickou rekonstrukci stroje.

Ve vlastní praktické části je vytvořena výuková animace činnosti stabilního motoru s popiskami.

V závěru práce autor porovnává vytyčené cíle projektu s dosaženými výsledky a naznačuje čtenáři možné interpretace ve vazbě na zajímavá zjištěná fakta. Doporučení pro další využití má práce didaktický charakter, ale nechybí ani naznačení, jak by bylo množné práci dále rozpracovat.

V širším vymezení problematiky se práce dotýká v teoretické části nejen historickými aspekty vzniku a použití motoru, ale snaží se postihnout i fyzikální, především kinematické principy funkce a jejich projekci do celkové sestavy a jednotlivých součástí. Praktická část pak řeší témata obrazové dokumentace, počítačového modelování a vytvoření funkční animace s didaktickou hodnotou.



## 1. ÚVOD

### 1.0. Začátek CAD (Computer Aided Design)

Prvopočátek kreslení na počítači je spojen s vynálezem světelného pera v roce 1950. Namalovaný obraz zůstával elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila zároveň jako paměť. Nápadu se ujala (jak to už bývá) armáda. Tento vynález našel praktické uplatnění u protivzdušné obrany - radarového systému SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) vyvinutý v MIT Lincoln labs. Tento počítačem vybavený stroj dokázal vypočítat budoucí trasu letounu, na základě dat vložených právě světelným perem. Byl zde použit tehdejší nejsilnější počítač světa TX-2.

### 1.0. Vymezení základních pojmů a klíčových slov s kterými projekt operuje:

Stabilní motor – spalovací benzínový motor z počátku 20. stol., jehož chod byl stabilizován velkými setrvačníky a důmyslnou regulací.

### 1.0. Řešený problém a zaměření

Řešený problém se odvíjí od osobních zájmů řešitele projektu a vychází z otázky. Je možné na konci 4.ročníku střední školy na základě technických poznatků vytvořit výkresovou a výrobní dokumentaci stabilního motoru a ten navíc rozpohybovat v animaci a vytvořit kompletní a detailní rekonstrukci stabilního motoru?

### 1.0. Cíl projektu

Cílem projektu je vytvoření přesného modelu stacionárního stabilního motoru. Pomocí animace předvést jeho činnost a popisky vysvětlit fyzikální princip. Použití – podklad pro rekonstrukci stroje, názorná didaktická pomůcka.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1. Historická východiska problému

#### Historie a vznik spalovacích motorů

Využití tepelnou energii jako zdroj užitečné práce zamýšlel již v roce 1678 Francouz Hautefeuille.

Mělo se jednat o energii střelného prachu. I když se stejnou myšlenkou zabývali i další, mezi jinými i další Francouz Papin, návrhy těchto motorů zůstali nerealizovány. Za první spalovací motor je tedy možno považovat turbínu, kterou roku 1791 navrhl Angličan Barber (Svět vědy a techniky).

První pístový motor navrhl roku 1794 Angličan Street. Ve válci tohoto motoru se měli spalovat páry terpentýnového oleje smíšeného se vzduchem a po zapálení vnějším teplem měli působit přímo na píst. Ani tato myšlenka nebyla prakticky uskutečněna, zejména pro nedostatek vhodných paliv.

Teprve použití svítíplynu pro osvětlování poskytlo vhodné motorové palivo, vývoj skutečně fungujícího spalovacího motoru však trval ještě téměř 70 let. Po vzoru úspěšně stavěných parních strojů postavil roku 1860 Francouz Lenoir motor na svítíplyn, který vcelku dobře uplatnil i při praktickém použití. Byl to ležatý dvojčinný motor se šoupátkovým rozvodem. Do pracovního válce, jehož stěny byly chlazeny vodou, se při pohybu pístu z úvrati nasála směs plynu a vzduchu otvorem, ovládaným sacím šoupátkem. Uprostřed zdvihu šoupátko vstup uzavřelo, směs ve válci se zapálila elektrickou jiskrou, vytvořenou Ruhmhorffovým induktorem, a shořela téměř za stálého objemu. Při expanzi se píst pohyboval do druhé úvrati a konal užitečnou práci. Při zpětném zdvihu se otevřelo výfukové šoupátko a zplodiny hoření byly vytlačeny z válce. Šoupátka byla ovládána pomocí výstředníků. Lenoir byl také první, kdo přišel na myšlenku použít místo plynu lehce odpařitelného kapalného paliva a tuto myšlenku také u svého motoru pro pohon říčního člunu a silničního vozu pokusně uskutečnil. (Tuning-world.cz)

Na Světové výstavě v Paříži roku 1867 předvedli Otto a Langrn z Kolína nad Rýnem svůj atmosférický plynový motor. Motor byl řešen jako jednočinný stojatý a princip jeho práce vyžadoval, aby místo klikového mechanismu byla k pístu pevně připojena ozubená tyč. Tato tyč zabírala do ozubeného kola, umístěného na hlavním hřídeli, který byl uložen nad pracovním válcem. Ozubené kolo bylo uloženo na volnoběžce. Motor pracoval tak, že při počátku zdvihu pístu se do spodní části válce, chlazeného vodou, nasála směs, která se zažehla otevřeným plamenem. Zvýšený tlak spalin hnal píst při uvolněné volnoběžce velmi rychle vzhůru. Získaná kinetická energie se využila jednak ke zvednutí hmoty pístu a dále k vytvoření podtlaku ve válci. V horní úvrati se píst zastavil a jeho tíha a atmosférický tlak působil pohybem směrem dolů. Tento pohyb se přenášel přes volnoběžku na hřídel. Ve srovnání s Lenoirovým motorem měl Ottův motor značně větší tepelnou účinnost a tedy podstatně nižší měrnou spotřebu paliva. Značný konkurenční úspěch těchto motorů přiměl Otta a jeho společníky k založení první motorové továrny v Deutz u Kolína nad Rýnem v roce 1869.

V roce 1860 Francouz Beau de Rochas popsál princip činnosti a výhody čtyřdobého motoru s umělým zažehováním stlačené směsi. První čtyřdobý skutečně používaný plynový motor o výkonu asi 0,5 kW postavil v roce 1873 v Mnichově hodinář Reithmann. Existence tohoto motoru však zůstala veřejnosti téměř neznámá.

V roce 1878 předvedl již dříve jmenovaný Otto svůj ležatý čtyřdobý vodou chlazený motor na svítíplyn. Motor měl výkon asi 3 kW při 170 otáčkách za minutu, normální klikový mechanismus s křížákem a jednočinný píst, který je dodnes pro absolutní většinu spalovacích motorů charakteristický. Zajímavé je, že u tohoto motoru se směs stlačená asi na 0,2 MPa zapalovala otevřeným plamenem. Nalezení vydatných zdrojů ropy v polovině minulého století poskytlo dostatek dobrých a v té době velmi levných kapalných paliv, vhodných pro spalovací motory. To značně urychlilo vývoj a rozšířilo jejich použití nejdříve na lehké frakce ropy, hlavně benzin, později i na těžší. Je zajímavé, že benzin byl v té době téměř bezcenný odpad, protože nejdůležitějším produktem z ropy byl petrolej používaný na svítíplyn. (referaty-seminarky.cz)

V roce 1884 postavil v Německu Daimler poměrně rychloběžný benzinový čtyřdobý motor, který měl 800 otáček za minutu. Podnítil tím rozvoj vozidlových motorů a vlastně celého automobilového průmyslu. Autorem pracovního oběhu, který je v zásadě shodný se způsobem používaným u dnešních dvoudobých motorů s umělým zažehováním, je Angličan Clerk. Jeho návrhy konstrukce dvoudobých motorů s ventily pocházejí z roku 1878. Bezventilový dvoudobý motor s výfukovými a přepouštěcími kanály, uspořádanými ve stěně pracovního

válce a ovládanými pístem, navrhl a postavil o deset let později Clerkův krajan Day. Motor měl již klikovou skříň uspořádanou jako plnicí dmychadlo. (Motory závodních automobilů)  
Všechny v této části uvedené motory představují předchůdce dnešních motorů zážehových, v jejichž pracovním válci se spaluje směs paliva se vzduchem teoreticky za stálého objemu. Druhou možností přívodu tepla do pracovního oběhu je spalování rovnotlaké. Myšlenku použít takovýto průběh spalování vyslovil již v roce 1860 v Německu Siemens a první takto pracující plynový motor postavil v roce 1873 Američan Brayton. Motor byl však velmi složitý a prakticky se neuplatnil. Teprve během let 1893 až 1897 vypracovala strojírna v Augsburgu návrh motoru na těžší kapalná paliva, pracujícího přibližně rovnotlakým způsobem. Pro návrat byly použity výsledky zkoušek, které měly vést ke konstrukci motoru původně navrženého Dieselem. Jeho pracovní způsob měl být praktickým přiblížením ke Carnotovu cyklu s maximálním tlakem 25MPa. Do ohřátého vzduchu stlačeného na 9 MPa o a se mělo palivo dodávat tak, aby se spalovalo za stálé teploty a spaliny pak měly adiabaticky expandovat. Palivem mělo být práškové uhlí a vypočítaná termická účinnost měla činit 72%. Motor měl chlazený válec. Uvedený pracovní postup se nedal prakticky využít, ale vedl po dlouhé řadě zkoušek a konstrukčních změn ke konstrukci vodou chlazeného motoru, ve kterém rovnotlance spalovala kapalná paliva. Paliv, nejprve petrolej, teprve později těžší kapalná paliva, se vzněcovalo po vstříknutí do vzduchu stlačeného na 3,2 MPa. Vysoká hospodárnost a úspěšné uplatnění vedlo ke značnému rozšíření motorů na těžká kapalná paliva. Dnešní motory však již nepracují s původním rovnotlakým cyklem, ale používají cyklus smíšený, při kterém po vznícení roste ve válci tlak i objem spalín.

### **Co je to stabilní motor?**

Stabilní motory jsou spalovací motory, benzínové či naftové (zpočátku petrolejové), které se využívaly pro pohon různých stojících (stabilních) zařízeních, kde nebyla dostupná elektrická síť. Byly jakýmsi mezičlánkem mezi parními a elektrickými stroji. Dnes se s nimi můžeme setkat jen výjimečně (použití velkých strojů v lodích vynechávám). Byly vytlačeny lehčími a levnějšími elektrickými stroji. Nejznámější výrobci u nás byli firma Slavia, Lorenc Kroměříž, bratři Paříkové Napajedla, Wikov Prostějov, Ježek Blansko, Benz Třebíč, Šmolík Příbram, Pařík Praha, Motor Union České Budějovice a Svoboda Mladá Boleslav. Stabilní motory produkovali především v první polovině dvacátého století, většina vyrobených má na štítku rok výroby 1905-1935.

Velkými se poháněly např. mlátičky a lisy na slámu. Nejvíce rozšířenými byly střední a malé stroje o výkonu od tří do šesti koňských sil. To spolehlivě stačilo na řezání dřeva, čerpání vody, šrotování obilí či pohon menší mlátičky.

Každý motor byl opatřen důmyslným samočinným regulátorem a přidával si palivo přesně podle okamžité potřeby. Těžké setrvačníky zajišťovaly pravidelný chod zejména při řezání dřeva, kdy se kláda přeřizla a stroj nemusel překonávat náhlý odpor.

### **2.2. Informační zdroje pro vytvoření vlastní projektové dokumentace**

Jak vyplynulo z bádání, několik exemplářů stabilních motorů se nalézají v historickém muzeu v Humpolci. Tyto exponáty se tedy staly hlavním zdrojem informací pro vlastní projektovou dokumentaci. Nejdůležitější byl ale exponát, který je v soukromém vlastnictví tvůrce projektu. Další důležité technické informace našel autor na stránkách internetu:

<http://www.tunning-world.cz;>

<http://www.tepelne-motory.cz;>

<http://www.stabilni-motor-ROBOT.htm>.

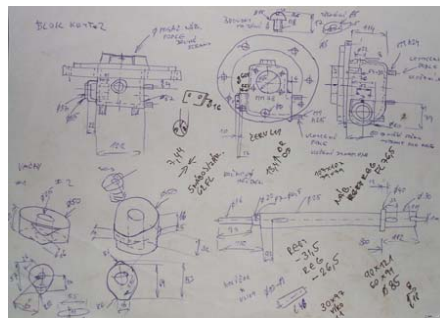
# 1. VÝZKUMNÁ /PRAKTICKÁ/ ČÁST

## Výsledky projektu – vlastní řešení problému

První fází řešení projektu bylo vytvoření vhodných skic pro následné vytvoření statických 3D modelů všech částí stabilního motoru. Jako podklad pro tuto operaci sloužil exemplář motoru, který má autor projektu v soukromém vlastnictví. Ten bylo tedy nutné kompletně demontovat (obr 1.1), změřit veškeré jeho součásti a vytvořit z těchto měření skicy (obr 1.2) jako podklad pro digitalizaci.

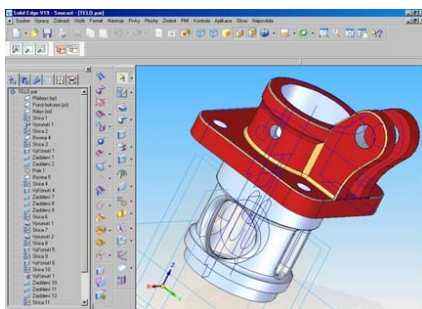


(obr 1.1) Rozebrané sání motoru



(obr 1.2) Příklad skicy

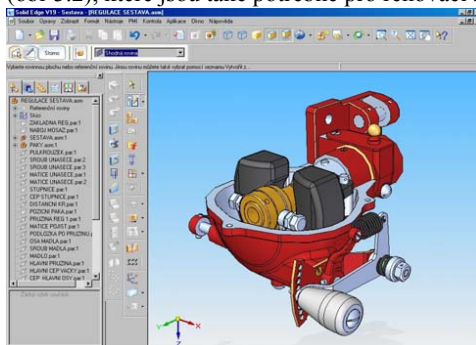
Samotné vytvoření 3D modelů jednotlivých součástí bylo provedeno v programu SolidEdge, konkrétně v modulu Part. Zde postupně probíhalo převedení dříve vytvořených skic do digitální podoby (obr 2.1). Později se zde na vytvořené modely aplikovaly vhodné textury podle předlohy, ale v místech kde došlo vlivem koroze a opotřebení k poškození vzorové součásti bylo nutné barvy dedukovat nebo použít z fotografií obdobných exemplářů. Dohromady bylo vytvořeno 342 přesných, originálních a neopakujících se součástí. Součásti, které se opakují byly nakopírovány až v sestavě. Jedná se hlavně o párové součásti podvozku a spojovací materiál. Spojovací materiál musel být též přeměřen a vymodelován jelikož na devadesát let starém stroji nejsou prakticky uplatněny dnešní normy ISO, takže nešlo použít předdefinované díly z knihovny programu.



(obr 2.1) Odlitek pro uložení sacího ventilu v modulu Part

Po vymodelování všech součástí stroje byly následně v modulu Assembly vytvořeny podsestavy jednotlivých částí stroje (obr 3.1), které byly použity pro vytvoření celkové sestavy motoru. Důvodem použití podstav bylo velké množství jednotlivých součástí a dat, které obsahují. Z tohoto důvodu by bylo velice obtížné nebo dokonce nemožné vytvořit jeden

soubor sestavy. V tomto modulu byly po vytvoření sestavy provedeny jednodušší rendery (obr 3.2), které jsou také potřebné pro renovaci stroje.



(obr 3.1) Odstředivý regulátor sestavený v modulu Assembly

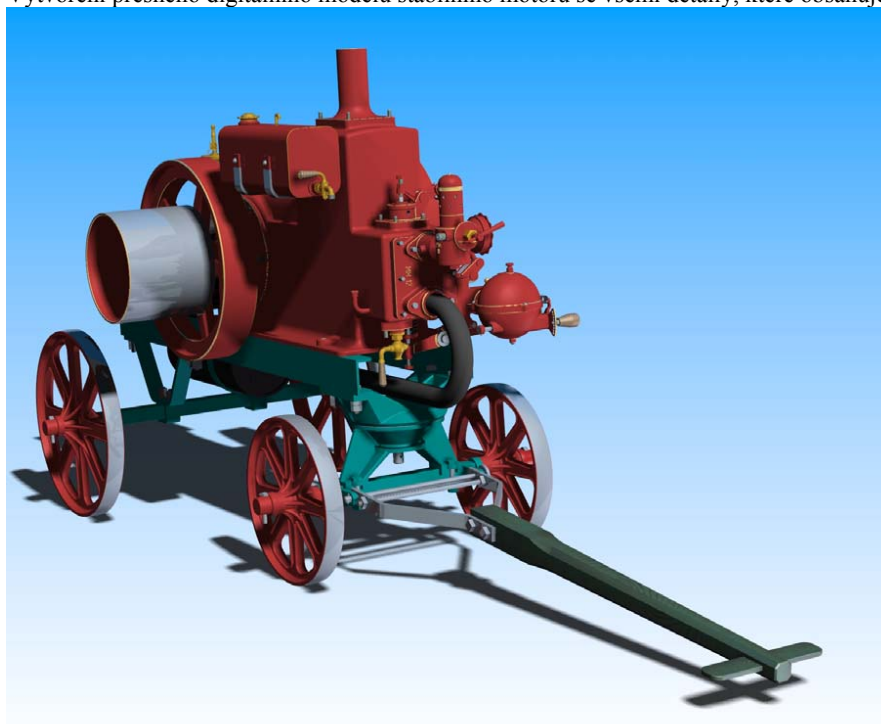


(obr 3.2) Odstředivý regulátor renderovaný v SolidEdge

Jakmile došlo ke zkompletování potřebných podsestav modelu, proběhlo jejich zkompletování do jednoho celku konečné sestavy (Obr 3.3). Vytvoření této sestavy bylo relativně náročné, poněvadž se operovalo s velkým množstvím dat na běžném osobním počítači.

Tím byl splněn hlavní cíl práce:

Vytvoření přesného digitálního modelu stabilního motoru se všemi detaily, které obsahuje.



(Obr 3.3) Konečná sestava v SolidEdge (renderovaná)

# INTELIGENTNÍ OVLADAČ USB

František Zahálka

VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí

Budějovická 421, 391 02 Sezimovo Ústí

Vytvořená konstrukce s jednočipovým mikropočítačem 18F4455 umožňuje oboustranný převod rozhraní USB na rozhraní RS 232C. Na straně PC s USB se konstrukce chová jako virtuální sériový port, který je možné ovládat běžnými programy pro obsluhu sériové linky. Na straně dalšího zařízení, připojeného ke konstrukci pomocí sériové linky se konstrukce chová jako PC se sériovou linkou. Konstrukce umožňuje převod jak jednotlivých bajtů, tak řetězců bajtů do rychlosti 9600 Bd.

Zařízení lze také provozovat v autonomním režimu jako inteligentní ovladač USB, sériové linky a diagnostický nástroj linky.

Konstrukce se vybavena LCD displejem pro indikaci přenášených dat a uživatelskou obsluhu programu.

Tento projekt umožňuje dalším konstruktérům ovládat elektronická zařízení pomocí USB. K dispozici je kromě detailního popisu i zdrojový kód v C pro PIC. Základem tohoto kódu je firmware MCHPUSB firmy Microchip. Součástí práce je ovládací program pro PC v C# a další programy a informace dostupné na Internetu.



# Stabilizace struktury proteinů a role disperzních interakcí

Pavel Polcr<sup>1</sup>, Petr Jurečka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Šternberk, Horní náměstí 5, 78501

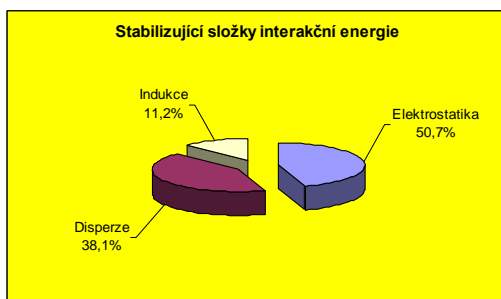
<sup>2</sup>Katedra fyzikální chemie UP Olomouc

Stabilita proteinů a enzymů je téma zajímavé a komplikované. Po několik desítek let je mu věnována stále větší a větší pozornost, přesto se ale nepodařilo odpovědět na všechny důležité otázky, které vědce trápí. Zatímco panuje shoda v tom, že struktura proteinů je stabilizována hlavně dvěma činiteli, takzvaným hydrofobním efektem a van der Waalovými interakcemi, názory na důležitost obou příspěvků se liší. Velká část vědců se domnívá, že hydrofobní efekt je daleko nejdůležitější. V poslední době ale sílí názor, že úloha van der Waalových sil je podceňována a může být ve skutečnosti rozhodující. Tady je důležité poznamenat, že většina našich dnešních znalostí o stabilitě proteinů pochází z experimentu.

Naším cílem bylo zkoumat problém z pohledu teorie, která umožňuje přímočaré oddělení obou výše zmíněných příspěvků. Byly určeny jak jednotlivé složky interakční energie postranních řetězců v molekule proteinu, tak i vliv hydratace při umístění proteinu do solventu. Byl uvažován proces sbalení proteinu.

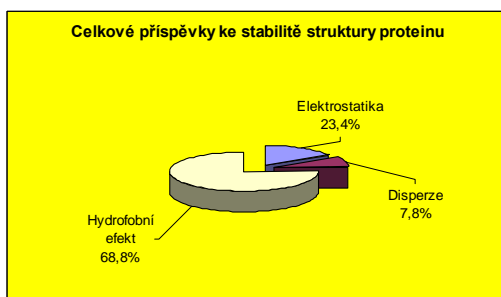
Vypočítané výsledky byly porovnány s experimentálními daty. Je zajímavé sledovat, že experiment poměrně dobře koreluje s teoretickými výpočty, což není vždy zcela automatické. Jak již bylo řečeno, výpočty byly prováděny ve vodném prostředí, které se blíží prostředí fyziologickému. Toto je velmi důležité, neboť se ukázalo, že při pokusu vyjádřit relativní důležitost jednotlivých příspěvků ke stabilizaci docházíme v obou případech (tedy se započtením vlivu solvatace a bez něho) k diametrálně odlišným výsledkům, jak vidíte při porovnání Grafu 1 a Grafu 2.

Graf 1: Situace bez započítání vlivu solvatace



Je proto zcela patrné a práce to dokazuje, že zahrnutí solvatace bylo pro zjištění relativních příspěvků ke stabilizaci naprosto rozhodující. Ze závěrečných výsledků vyplývá jasně dominantní vliv hydrofobního efektu na stabilitu struktury proteinu. Ostatní složky jsou hydrofobním efektem utlačeny do pozadí. Toto dává jasný signál k opatrnosti při jakýchkoli výpočtech v proteinech bez zahrnutí vlivu solvatace.

Graf 2: Situace po započtení vlivu solvatace



Zjištěné poznatky by mohli být použity například pro určení postupu cílené mutace proteinů, nebo jako referenční data při dalších výpočtech.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

**Jak experimentovat?**  
**Rentgenfluorescenční analýza**

**Tereza Kulatá**

Gymnázium Šternberk  
Horní náměstí 5, 785 01 Šternberk

Cílem práce bylo vyzkoušet si, jak funguje rentgenfluorescenční analýza a poté pomocí této metody analyzovat neznámé předměty. Potřebné přístroje a odborná pomoc byla poskytnuta v rámci Fyzikálního týdne, který je každoročně pořádán Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze pro středoškolské studenty.

Nejdříve bylo potřeba teoreticky se seznámit s principem metody a s podstatou ionizujícího záření, dále se informovat o přístrojích, které byly k dispozici, zhodnotit jejich výhody a nevýhody a zvolit pro dané pokusy ty nevhodnější. Jako zdroj primárního záření byla použita rentgenka, jejíž výhodou je malý průřez paprsku, tedy i dostatečná intenzita a krátká doba měření. Narozdíl od radionuklidů a prstencového zářiče je hlavní nevýhodou objemnost zařízení kvůli vysokému napětí, která ovšem v tomto případě (měření v laboratoři) nevadila. Dále byl použit polovodičový detektor Si/Li, který je účinný, rychlý a má dobré rozlišení.

Nejprve byla provedena energetická kalibrace pomocí vzorků Ca, Br a HgO. Dále se měřily kalibrační standardy mosazi a bronzu, jejichž složení bylo známo. U bronzu byly sestaveny kalibrační křivky objevených prvků. Jejich průběh byl lineární až na měď, u které se závislost koncentrace na relativní ploše piku měnila nepravidelně. Dále se analyzovala mosazná dvacetikoruna a střed padesátikoruny, vyloučil se vliv ostatních prvků ve vzorku a výsledky byly porovnány s hodnotami deklarovanými Českou národní bankou.

Tabulka č.1 : srovnání deklarovaných a naměřených hodnot u českých mincí

	deklarované hodnoty		naměřené hodnoty	
	Cu (%)	Zn (%)	Cu (%)	Zn (%)
50 Kč střed	75	25	78,2	21,8
20 Kč	75	25	77,2	22,8

Poté se analyzovaly historické mince z 19. století, které obsahovaly především stříbro, měď a železo. Nakonec se přistoupilo k měření neznámých vzorků. Šlo o plastický kryt mobilu, kde byl objeven titan - ten se používá pro bělení (kryt měl totiž bílou barvu). Dále kancelářský papír, který obsahoval vápník, jímž se v technologii výroby papír bělí. Nakonec to byly kovové hodinky a prsten. U obou předmětů se předpokládalo, že jsou stříbrné. Stříbro se však potvrdilo pouze u prstenu, hodinky obsahovaly železo a chrom. V průběhu pokusů byly uvažovány nežádoucí vlivy prostředí, což byl matricový jev, Comptonův rozptyl, nehomogenita vzorků a vliv atmosféry, která zeslabuje signál a zvyšuje pozadí.



Výsledky experimentů jsem zpracovala v práci, která nese název „Jak experimentovat? Rentgenfluorescenční analýza“. Toto pojetí upozorňuje na to, že praktické pokusy jsou ve výuce na středních školách zanedbány, což vede k malému zájmu studentů o přírodovědné obory. Práce byla prezentována na Středoškolské odborné činnosti, a to v celostátním kole. V budoucnu proběhne diskuse na téma „Experimenty na SŠ“ s poslancem T. Kvapilem a senátorem V. Vavrouškem, při níž tato práce pomůže k podpoře argumentů.





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## CHEMIE A SVĚTLO

**Barbora Hanáková, Michaela Jaborníková, Alena Konečná, Sandra Obritzhauserová,  
Jana Poskerová, Veronika Žďárková**

Klasické a španělské gymnázium  
Brno-Bystrc, Vejrostova 2

Součástí tohoto projektu jsou tři prezentace vzájemně propojené tématem Chemie a světlo. Pojďme si je představit jednu po druhé.

### ***POKUS 1 Hašení naopak***

Jedná se o velmi jednoduchý, časově nenáročný pokus, který lze provést i doma. Jediná potřebná chemikálie je hořčík, nejlépe ve formě malých pásek. Pásky po zahřívání nad kahanem rychle vzplanou, stačí je poté postříkat destilovanou vodou a toto počínání vyvolá oslnivé záblesky a oheň se na chvíli rozhoří ještě víc. Tento experiment potvrzuje, že voda nemusí oheň jen uhasit, ale může hoření i podporovat.



(Alena a Jana)



### ***POKUS 2 Barevní trpaslíci***

Velmi jednoduchým a přitom efektním pokusem je také barvení plamene. Je velmi dobře známo, že kovy alkalických zemin výborně zbarvují plamen. Do malých kovových misek nalijeme čistý líh a přidáme malé množství různých kovů ve formě prášků. Pak už jen stačí zapálit směs zápalkou.



(Barbora a Veronika)



### ***POKUS 3 Bengálské ohně***

Tento pokus je založen na samovznícení směsi kapkami kyseliny sírové. Podstata pokusu souvisí se známou skutečností, že chlorečnany tvoří s hořlavými látkami (např. škrob) prudce výbušné směsi. Atomy alkalických kovů a kovů alkalických zemin při tom přijímají energii plamene, kterou pak vyzařují, čímž charakteristicky barví plamen.



(Sandra a Michaela)



Přesné vysvětlení formátování příspěvku:

Pro zajištění jednotné úpravy prosíme dodržení následujícího formátu (vzorový formát příspěvku Vám též posíláme ve druhé příloze tohoto e-mailu):

Velikost příspěvku do sborníku konference je alespoň 1 strana formátu A4- jinak není délka příspěvku omezena (nečíslovat strany).

Okraje: 2,5 cm

2 volné řádky velikosti 12

název příspěvku: Times New Roman, velikost 16, tučné, všechna velká písmena, vystředěn  
volný řádek

jména a příjmení autorů/autorek oddělená čárkou: Times New Roman, velikost 12, tučné,  
vystředěna

volný řádek velikost 12

název školy: Times New Roman, velikost 12, vystředěn

adresa školy: Times New Roman, velikost 12, vystředěna

2 volné řádky velikosti 12

text příspěvku: Times New Roman, velikost 12, řádkování 1, zarovnání do bloku.

Příspěvek může obsahovat text, tabulky, obrázky, fotografie, vzorce (včetně vysvětlení proměnných a jednotek) dle uvážení autorů.

Příspěvek prosím zašlete ve formátu DOC nebo PDF na náš kontaktní email [stretch2007@fs.cvut.cz](mailto:stretch2007@fs.cvut.cz) nejpozději do **27. května 2007**, aby mohl být zařazen na CD ROM.



**Středoškolská technika 2007**

**Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT**

## **HAVARIJNÍ STAV MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ**

**Pavel Svoboda, Jan Mandelíček**

Střední odborné učiliště rybářské  
Táboritská 941/II, 379 01 Třeboň, [info@souryb.cz](mailto:info@souryb.cz)

Malé vodní nádrže jsou důležitou součástí vodohospodářských soustav. Na našem území se nacházejí vedle poměrně nových nádrží i nádrže historické. Ty byly většinou budovány pro chov ryb, závlahy, zásobování obyvatel a manufaktur vodou. V současné době převládají nádrže s kombinovaným užitím jako rybochovné, retenční a retardační.

Retenční účinek malých vodních nádrží je významný z hlediska zadržení srážkové vody v krajině. Vodní hospodářství naší země je plně závislé na srážkách. Zásoby hlubinné podzemní vody jsou malé.

Retardační účinek malých vodních nádrží podstatně přispívá ke zpomalení odtoku vody z přívalových dešťů. Tím se zabraňuje vzniku katastrofálních povodní na malých vodních tocích.

Historické nádrže jsou většinou ve špatném technickém stavu. Část jich je ve stavu havarijním. Je to způsobeno zanedbanou údržbou a malým zájmem veřejnosti o celý obor vodního hospodářství krajiny. Nedostatečná údržba vedla k těmto havarijním důsledkům:

Tabulka č.1 : Havarijní projevy na malých vodních nádržích.

objekt	závada	havarijní důsledek
hráz	chybí vlnolam	rozebraný návodní líc hráze v úrovni hladiny
	nemocné nebo mrtvé stromy na hrázi	prolehlá koruna hráze, dutiny v tělese hráze vzniklé odumřením kořenů
dno	zabahnění	velký tlak na hráz, případně loviště je zaneseno, čap nebo jiné výpustní zařízení je zavaleno bahnem, zmenšení retenčního objemu nádrže, nesnadný výlov
	znečištění	zhoršení kvality vody, estetické závady, nebezpečí při výlovu
vtok	chybí vtokový objekt nebo rozdělovací objekt	nelze stanovit množství vody přitékající do nádrže, nelze část vody převést do obtoku
výtok	vtokový objekt je zchátralý	nelze účinně regulovat výtok z nádrže
břehy	nelegální přítok	zhoršení kvality vody, estetické závady
	náletové porosty	zmenšení retenčního objemu nádrže

Náš příspěvek ukazuje všechny vyjmenované typy závad. Dává návod na jejich odstranění. Snaží se upozornit na naléhavou potřebu průběžné a kvalifikované údržby malých vodních nádrží.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Ročníková práce – Filmová kamera**

**Jonáš Voráč**

Trojské gymnázium Svatopluka Čecha  
Trojská 110/211, Praha 7

Tato ročníková práce má za cíl přiblížit čtenáři problematiku kinematografie, potažmo filmu jako umění, od jeho nejrannějšího vývoje po vznik prvního kinematografu a tím pádem i prvního veřejného promítání, které se uskutečnilo 28. prosince 1895 v pařížském Grand Café. V práci je postupně popsán technologický vývoj samotného kinematografu (dnešní filmové kamery), jejíž vynález je považován za samotný vznik filmu jako takového. Postupně jsou popisovány technologické vynálezy, jež vedly, zpočátku nevědomky, k samotnému kinematografu bratří Lumiérů. Čtenář se například může dočíst o prvotních pokusech zachycení pohybu na jeskynních malbách, přes vytváření jednoduchých nástrojů, vedoucích k dokonalejší reprodukci pohybu (různé štětce, barvy), přes cameru obscura, původní poutňové kinetoscropy či zoetropy, až ke kinematografu. Důležité totiž nebylo až tak pohyb zachytit, ale uchovat a následně později přehrávat - promítat.

Paralelně je popisován i vývoj filmové suroviny – filmového pásu, jehož výroba je hlavně, i v dnešní době, závislá na chemickém výzkumu. Není tedy divu, že kamera (resp. dříve fotoaparát) vznikla právě v pozdním, 19. století (období technického rozvoje) a její „boom“ nastal ve století dvacátém.

V druhé části práce je zeširoka popsána samotná filmová kamera jako technický přístroj, sloužící k zachycení pohybu - „reality“. Je zde popsána jak část mechanická, tak i část optická.

Je nutno si uvědomit, že záznam pohybu není plynulý, ale de facto dojem pohybu tvoří za sebou promítané statické obrázky určitou rychlostí (25 obrázků za vteřinu). Lidské oko totiž nestačí rozeznat jednotlivé nepohybující se statické obrázky jednotlivě kvůli setrvačnosti, ale obrázky „splývají“ v jeden jediný plynulý obraz.

Celá práce je pak zakončena rozsáhlou obrazovou přílohou, na jejíž jednotlivé obrázky či popisované mechanismy je odkazováno v textu mé práce. Slouží méně obeznámenému čtenáři se v dané problematice lépe orientovat v odborných názvech a zvláště pak při popisu naoko složitých, ale v jádru celkem jednoduchých optických nebo mechanických částí filmové kamery.

### **Hodnocení ročníkové práce Filmová kamera studenta Jonáše Voráče**

Zvolené téma považuji v současné "mediální době" za aktuální. Student se s vývojem snahy o zachycení reality na filmový pás prostřednictvím kamery seznámil na teoretické, ale i praktické úrovni v dostatečně široké míře. Autor zasazuje zpracované téma do souvislostí a projevuje tím dobrý všeobecný rozhled. Ke zpracování ročníkové práce využil stěžejní díla z nabídky současné, ale i starší literatury. Navíc je z dané práce patrné, že student využil i osobních zkušeností z práce s kamerou a také z působení v Redakci Dětské televize jako kameraman.

Kladně mohu hodnotit základní strukturu práce. Nacházíme zde krátký, ale výstižný historický exkurz mapující vývoj prvních pokusů o zachycení obrazu. Dále je zmapován vývoj filmové kamery, která se postupně stává hlavním tématem této práce. Student se zaměřuje nejen na mechanické, ale i optické fungování přístroje jako takového a stranou nezůstává ani popis jeho technického rozvoje. K pestrosti práce dopomáhají uvedené zajímavosti z historie i fungování filmové kamery.

Pozitivně hodnotím též přílohy, které práce obsahuje. Fotografie, kresby, ale i schématické obrázky pomáhají čtenáři představit si, ne vždy jednoduché, optické přístroje, o kterých se v práci hovoří.

Student ve své ročníkové práci prokázal odpovídající schopnost samostatně zpracovat vybrané téma a učinil to na odpovídající odborné úrovni. Patrná je dobrá práce se zdroji a to nejen tištěnými, ale i elektronickými (internet).

Nedostatky jsou pouze dílčí a nemají zásadní vliv na kvalitu předložené práce. Student dokázal dostatečnou obeznámenost s odbornou terminologií. Domnívám se, že studentovi se podařilo splnit cíle, které si předsevzal a které nastínil v úvodu své práce.

Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji ohodnotit známkou výborně.

V Praze 15. 2. 2007

Tomáš Přenosil  
projektový manažer  
marketing a komunikace  
Česká televize



## Oponentský posudek ročníkové práce Kamera vypracované Jonášem Voráčem

Jako motivaci pro výběr tématu uvádí autor vliv kinematografie na dění ve společnosti dvacátého století. V úvodu práce si klade za cíl podat výklad o vývoji filmové kamery a objasnit její mechanické a optické uspořádání.

V první kapitole nastiňuje autor historický vývoj fotografie a zařízení umožňujících iluzi pohybu. Dále uvádí stručný přehled vývoje kinematografie. Filmové kameře je věnována třetí a nejobsáhlejší část práce. Detailně se v ní zabývá popisem hlavních mechanických součástí používaných u většiny kamer a srovnává výhody a nevýhody jednotlivých řešení kamerového mechanismu. V této kapitole autor popisuje optické prvky kamery a princip jejich funkce. V závěru autor hodnotí přínos vývoje kinematografie pro společnost.

Předností textu je vysoká srozumitelnost technických formulací, použité odborné termíny jsou vždy stručně vysvětleny a doplněny o ilustrující schémata v příloze, tím se stává práce přijatelnou i pro laiky. Naproti tomu, některé věty popisující zejména historický vývoj, mají nezvyklou stavbu a působí nepřírozně.

Autor v přijatelném rozsahu splňuje cíl, který si v úvodu předsevzal a to na ploše tří kapitol, které tvoří téměř celou práci. Chybí zde oddíl diskuze, v němž jsou obvykle prezentovány dosažené výsledky, vlastní postoje a přínos práce. V tomto směru se autor vyjadřuje velmi stručně až v závěru. Vlastní zhodnocení výsledků práce zcela vynechal, což vzhledem ke stupni odbornosti tématu nepovažuji za klíčové. Po formální stránce je práce v pořádku, rozčlenění do kapitol je logické a přehledné.

Navrhuji hodnocení stupněm velmi dobrým až výborným. Pro obhájení ročníkové práce bude navíc požadováno zodpovězení následujících otázek:

1. V úvodu je zmínka o kameře jako prostředku uchování filmového záznamu. Vynálezu kamery předcházela objev fotografie, kdy a jakým způsobem probíhal vývoj fotograficky citlivé vrstvy?
2. Jaké další oblasti lidské činnosti mimo umění ovlivnila kinematografie?

V Praze dne 1.3.2007

Petr Kolář

vyučující fyziky na Trojském gymnáziu Sv. Čecha



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Fotovoltaický systém na SPŠ Uherské Hradiště a Informační portál o obnovitelných zdrojích energie** Zbyněk Hyrák

Střední průmyslová škola Uherské Hradiště  
Kolárova 617, Uherské Hradiště

### **Téma č. 1: Fotovoltaický systém na SPŠ Uherské Hradiště**

#### **ABSTRACT**

This project is focused on study and application of photovoltaic system at Secondary Industrial School in Uherské Hradiště. A solution of photovoltaic system and its advances of efficiency are discussed in this paper.

#### **1 ÚVOD**

V současnosti patří elektrická energie mezi hlavní potřeby moderního člověka. Těžko si dnes můžeme představit, jak bychom žili a co bychom dělali, kdybychom nevyužívali elektrickou energii. Energii používáme kdekoliv, kdykoliv.

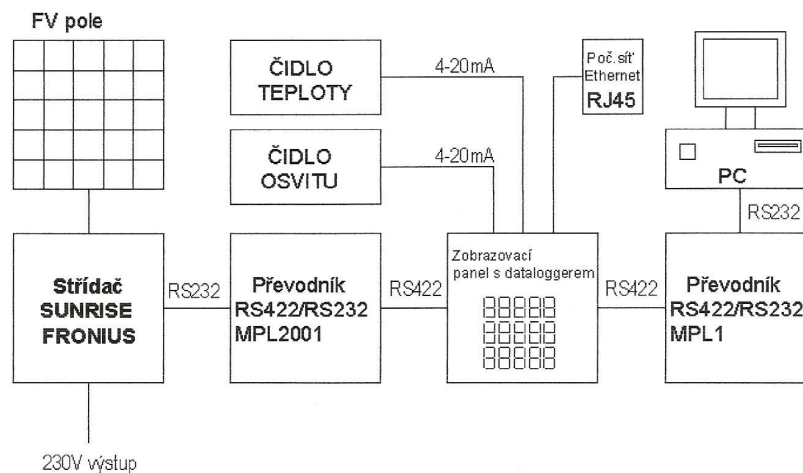
Dle mého názoru je naprosto nevyhnutelné, že za několik let budeme muset využívat jiné zdroje energie, než ty, které doposud používáme. Řešením je plně využít alternativní zdroje. Mezi alternativní zdroje energie řadíme i fotovoltaiku. Rozhodl jsem se proto zhodnotit fotovoltaický systém na naší škole. Po zhodnocení jsem zjistil nedostatky, které plynou z nevhodného umístění.

#### **2 ROZBOR**

Fotovoltaický systém FVS 2001 E se nachází na stěně budovy školy. Je to zařízení určené k přeměně energie slunečního záření na energii elektrickou, distribuovanou do el. sítě objektu. Jeho součástí je též systém pro měření a zobrazování fyzikálních veličin a jejich sběr.

FVS se skládá ze 3 hlavních částí:

- a) **silová část** – sloužící pro výrobu elektrické energie
- b) **měřicí část** – sloužící pro aktuální zobrazení veličin FV systému a export všech dat do souborů ve formátu zpracovatelném pro další zpracování na počítačích vnitřní sítě a možné zobrazení na internetových stránkách
- c) **zobrazovací jednotka** – sloužící k zobrazení nejdůležitějších veličin FVS



Obr. 1: Blokové schéma fotovoltaického systému

### 2.1 NAMĚŘENÉ HODNOTY

K systému FVS 2001 E byl zapojen počítač (PC) a ode dne 18.07.2006 se pravidelně v časovém intervalu 10 minut ukládaly naměřené hodnoty. Z počítače jsem získal data a zpracoval jsem statistiku pro období od 18.07.2006 do 19.01.2007.

Měřené veličiny	Maximum	Minimum	Průměr
Výkon [W]	990	0	73,23365
Napětí stejnosměrné [V]	232	0	50,80433
Intenzita záření [W/m <sup>2</sup> ]	851	0	69,96710

### 3 STATISTIKA

Dne 18.07.2006 byla zaznamenána celková vyrobená energie 570,37 kWh a dne 19.01.2007 zobrazovací jednotka naměřila 893,55 kWh celkové vyrobené energie. Z toho vyplývá, že během 186 dnů (půlroční období) se vyrobilo 323,18 kWh energie. Průměrně vyrobená energie za den je 1,73752 kWh. Nejvyšší výkon je v časovém rozmezí od 11:30 do 13:00 hodin letního času. Nejvyššího výkonu bylo dosaženo dne 02.11.2006 ve 12:30 hodin a intenzita záření nabyla hodnoty 805 W/m<sup>2</sup>.

#### 4 ZJIŠTĚNÍ PROBLÉMU

Ze statistiky vyplývá, že Fotovoltaický systém dosahuje nízkého výkonu a během dne se vyrobí velmi málo energie, pouze cca. 1,737 kWh. Je to kvůli nevhodnému umístění solárních panelů. Fotovoltaické panely jsou umístěny na stěně budovy školy, což není optimální. Proto jsem navrhl systém pro lepší využívání sluneční energie. Na obrázku (Obr. 1) je aktuální umístění fotovoltaických panelů na Střední průmyslové škole Uherské Hradiště.



**Obr. 2:** Fotovoltaické panely na stěně budovy školy.

#### 5 ŘEŠENÍ PROBLÉMU

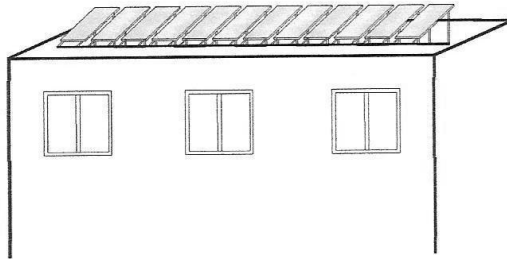
Pro dosažení maximálního výkonu fotovoltaických panelů je potřeba co nejvíce využít energie slunečních paprsků dopadajících na panel. Proto se snažíme panel nastavit do směru nejintenzivnějších slunečních paprsků.

Systém spočívá v tom, že by fotovoltaické panely byly umístěny střeše budovy školy. Střecha školy je rovná, tak bych doporučil naklonění solárních panelů pod úhlem  $35^\circ$ . Tím se zvýší úhel dopadu slunečních paprsků. (viz. Obr. 2)

Pro lepší využití slunečního svitu bych doporučil vyrobit elektronicky řízené polohovací zařízení, které by natáčelo solární panely ve směrech: východ – západ a jih – sever.

Tím bychom maximálně využili sluneční energie. Elektronicky řízené polohovací zařízení by bylo naprogramované tak, aby zajistilo posun fotovoltaických panelů podle aktuálních hodnot úhlů, na které v daný čas dopadá světlo. Posun fotovoltaických panelů by zajišťoval motor, který by se aktivoval každých 10 minut a posunul by tyto panely na aktuální hodnotu úhlu.

## 6 NÁVRH UMÍSTĚNÍ PANELŮ



**Obr. 3:** Doporučené umístění fotovoltaických panelů na střeše.

## 7 ZÁVĚR

Problematika využití fotovoltaických panelů pro výrobu elektrické energie je velmi zajímavá a perspektivní, proto má význam se tím zabývat. Při svém experimentálním vyhodnocování výkonu Fotovoltaického systému FVS 2001 E jsem zjistil jeho možnosti a navrhl jsem řešení pro zvýšení výkonu.

Při navrhovaném umístění fotovoltaického systému by se jeho výkon mohl zvýšit až o 40%. Systém by byl schopen průměrně za den vyrobit energii 3,5 kWh.

Poznátky o fotovoltaických panelech prezentuji na vlastních internetových stránkách: <http://www.oze.ic.cz>

## LITERATURA

- [1] Solartec, s.r.o., Technická dokumentace k Fotovoltaickému systému FVS 2001 E 1,2kWp
- [2] Solartec, s.r.o., Návod k obsluze a údržbě Fotovoltaického systému FVS 2001 E 1,2kWp
- [3] Solartec, s.r.o., Uživatelská příručka Fotovoltaického systému FVS 2001 E 1,2kWp
- [4] Solartec, s.r.o., Dokumentace stavební

## Téma č. 2: Informační portál o obnovitelných zdrojích energie

### ABSTRACT

This project gives details about informational portal about renewable sources of energy. The project explains what kinds of technologies were used to create the web pages.

### 1 ÚVOD

V současnosti je veřejnost málo informovaná, co to jsou obnovitelné zdroje energie. Dokonce ani studenti středních škol si neuvědomují, proč jsou obnovitelné zdroje energie tak důležité a jak se dají využít.

Problematickou obnovitelných zdrojů energie se zabývám aktivně již druhým rokem a neustále sháním informace a sleduji aktuální trendy v této problematice. Mezi mé zájmy patří i tvorba internetových stránek. Tvorbou internetových stránek si i přivydělávám. Na mezinárodní festivalové soutěži tvůrců internetových stránek Comp-Ost jsem získal 3. místo ve finálovém kole soutěže, které se konalo v Ostravě.

Na internetu se nenachází mnoho informačních portálů o obnovitelných zdrojích energie, tak jsem se rozhodl vytvořit informační portál, který by byl určen pro širokou veřejnost a především pro studenty. Internetová URL adresa „Informačního portálu“ je <http://www.oze.ic.cz>

Všechny uvedené informace o fotovoltaickém systému jsou mé vlastní poznatky. Technické parametry mi poskytla firma Solartec s.r.o. a Ing. Tomáš Maliňák. Texty a obrázky nebyly převzaty ze žádných jiných zdrojů.

Cílem informačního portálu je seznámit studenty a veřejnost s problematikou obnovitelných zdrojů energie. Uživatelé informačního portálu mají možnost psát své připomínky, náměty a dotazy. Je zde otevřená diskuze na toto téma, meze se nekladou. Vše je zajištěno komponentou „Návštěvní kniha“.



Obr. 1: Informační portál – prohlížeč Mozilla Firefox 2.0

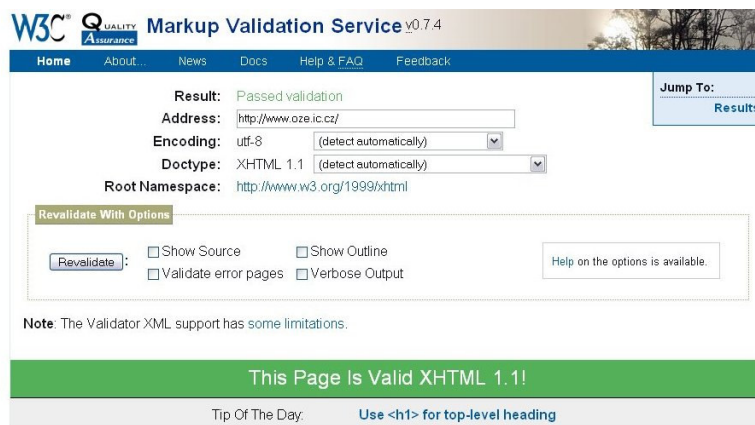
## 2 OBECNÝ POPIS

Internetový portál je založen na jazycích XHTML 1.1, CSS 2.1 a PHP 5. Portál využívá generování segmentů stránek pomocí includů. Zdrojový kód je rozložen do 5 složek.

Ve složce „files“ se nacházejí soubory ke stažení, ve složce „images“ jsou obrázky ke stažení, ve složce „layout“ jsou komponenty stránek, které jsou po načtení přes server vyskládány na XHTML kód, ve složce „music“ se nachází komponenta, která spouští externí hudební přehrávač pro přehrávání hudební skladeb a ve složce „style“ se nacházejí kaskádové styly (CSS), které tvoří grafiku stránek. Internetové stránky jsou uloženy na freehostingovém serveru IC.cz. Tento server nabízí až 250 MB pro uložení stránek. Protože se jedná o freehosting, tak IC.cz automaticky přidává do stránek reklamní proužek.

## 3 XHTML KÓD

Internetové stránky jsou napsány ve značkovacím jazyce XHTML 1.1 ve 100% validitě kódu. Validita znamená napsání zdrojového kódu při 100% dodržení všech pravidel, které jsou dané sdružením webmasterů. Toto sdružení se jmenuje W3C. Správnost kódu je možné ověřit na stránkách <http://validator.w3.org/> ( odkaz je i v mém informačním portálu v pravé části stránky v sekci „Odkazy“ ).



Obr. 2: W3C – Kontrola validity XHTML 1.1

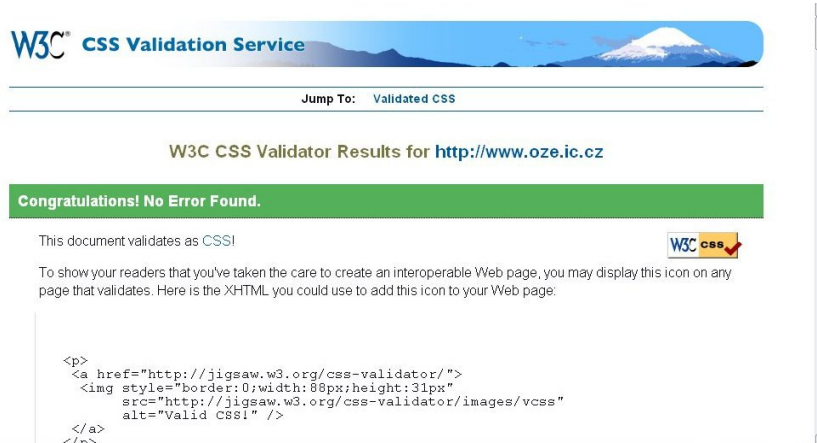
## 4 CSS KÓD

Pro grafiku na webových stránkách jsem použil kaskádových stylů. Použil jsem verzi CSS 2.1. Styly jsem definoval do externích souborů. Ve složce „style“ nalezneme externí styl: „layout.css“, který definuje veškerou grafiku na stránkách, která se má zobrazit v prohlížečích. Microsoft Explorer nedodržuje standardy dané sdružením W3C, tak jsem musel využít validních CSS hacků (např.: \* html #nadpis), které jsou povoleny. Hacky se musejí používat, protože Internet Explorer špatně interpretuje definici stylů „margin“ a „padding“.

Ve složce „style“ ještě nalezneme externí styl: „print.css“. Tento styl se aktivuje, když uživatel bude chtít webovou stránku vytisknout. Aby se zbytečně netiskl úvodní obrázek, menu a pravý sloupec, tak jsou ve stylech nastaveny hodnoty „display: none“. Všechny styly jsou odladěné pro nejpoužívanější internetové prohlížeče – Internet Explorer 5.5 a vyšší, Mozilla Firefox 1.0 a vyšší a Opera 9.

Styly na webových stránkách <http://www.oze.ic.cz> jsou samozřejmě také validní.

Správnost stylů je možné si ověřit na stránkách sdružení W3C, nebo kliknutím na odkaz <http://jigsaw.w3.org/css-validator> ( odkaz je i v mém informačním portálu v pravé části stránky v sekci „Odkazy“ ).



W3C<sup>®</sup> CSS Validation Service

Jump To: Validated CSS

W3C CSS Validator Results for <http://www.oze.ic.cz>

**Congratulations! No Error Found.**

This document validates as CSS!

To show your readers that you've taken the care to create an interoperable Web page, you may display this icon on any page that validates. Here is the XHTML you could use to add this icon to your Web page.

```
<p>
<a href="http://jigsaw.w3.org/css-validator/">

</a>
</p>
```

Obr. 3: W3C – Kontrola validity CSS 2.1

## 5 PHP KÓD

Abych ušetřil prostor na webovém serveru a abych nemusel po každé drobné úpravě přepisovat zdrojový kód na každé jednotlivé stránce, tak jsem využil programovacího jazyka PHP. Konkrétně jsem použil příkaz „Include“. Ten zajistí generování XHTML kódu na každou stránku.

## 6 NÁVŠTĚVNÍ KNIHA

Stránka „Návštěvní kniha“ je určená pro všechny, kteří by rádi diskutovali na téma obnovitelných zdrojů energie. Její používání je snadné. Stačí jen vyplnit požadované položky a po kliknutí na tlačítko „Odeslat“ se námi zadaná zpráva objeví na internetovém portálu pod formulářem. Protože vytvoření návštěvní knihy je náročné, zvolil jsem velmi oblíbenou variantu využít službu serveru BlueBoard.cz, který nabízí tuto službu zdarma.



## 7 SEO

Na internetovém informačním portálu jsou použité technologie SEO ( Search Engine Optimization ), v českém překladu „Optimalizace pro vyhledávače“. Především jsem dbal na správný titulek na stránkách. Titulek se skládá ze dvou názvů – tématu informačního portálu a název kapitoly, která detailněji popisuje, čím se jednotlivá stránka zabývá.

Hodně jsem se i zaměřil na nadpisy a ty jsem logicky seřadil od nejdůležitějšího po méně důležitější v rozmezí od <h1> po <h3>. Přičemž vyhledávač první indexuje <h1> a pak přechází až na další podnadpisy.

U technologie SEO je také vhodné dodržet názvy souborů. Názvy souborů jsem pojmenoval podle nadpisu <h2>. Pokud byl název složen ze dvou slov, tak jsem zvolil pomlčku, jako znak pro rozdělení slov od sebe.

Technologie SEO je nejvíce podporována u fulltextového vyhledávání. U katalogového rozhoduje cena, kterou chceme zaplatit za pozici v katalogu. Tam bohužel nerozhoduje kvalita informací, ale to, jak je majitel stránek finančně zajištěn. Fulltextové vyhledávání je pro uživatele vyhledávače pohodlnější, platí, co uživatel napíše, to hned má. U katalogu se musí uživatel proklikat dlouhou cestou odkazů, než se dostane tam, kam chce.

## 8 ZÁVĚR

Informační portál o obnovitelných zdrojích energie slouží pro studenty a pro širokou veřejnost. Je naprogramován tak, aby byl co nejpřehlednější pro čtenáře. Hudební přehrávač zlepšuje prostředí internetového portálu. Při programování tohoto portálu jsem se zaměřil na technologii SEO ( optimalizace pro vyhledávače ), aby byly internetové stránky dostupné a aby je vyhledávače snadněji našly. Vhodně řešené titulky a nadpisy k tomu nejvíce dopomáhají.

Velmi kladně ohodnotila internetový portál i paní Tomíčková z firmy Solartec s.r.o., kterou jsem požádal o spolupráci. Mé prosbě vyhověla a ihned mi sdělila doplňující informace k Fotovoltaickému systému. Firma Solartec s.r.o. se zabývá výrobou fotovoltaických systémů a na naší škole realizovala montáž tohoto systému. Na VUT v Brně v soutěži EEICT 2007 jsem získal zvláštní cenu prorektora fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií pana Prof. RNDr. Vladimíra Aubrechta, CSc, který označil informační portál jako jeden z nejlepších a poznamenal, že práce je srovnatelná s bakalářskými pracemi.

V následujících týdnech, po dořešení technických záležitostí pro připojení fotovoltaického systému do sítě internet, se budou na internetovém portálu zobrazovat aktuální naměřené hodnoty. Firma Solartec s.r.o. mi vyšla vstříc a dodala mi potřebné informační materiály k realizování tohoto kroku. Studenti a veřejnost pak budou mít možnost okamžitě zjistit, kolik se aktuálně vyrobí energie na naší škole. Doufám, že můj projekt zvýší zájem o obnovitelné zdroje energie a informovanost studentů a veřejnosti.

**<http://www.oze.ic.cz>**



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Vodík v automobilové dopravě**

**Michal Slivečka, Jan Harapát**

Střední průmyslová škola Uherské Hradiště  
Kolárova 617, Uherské Hradiště

### **Anotace:**

Tato práce se zabývá hledáním vhodného paliva jakožto paliva budoucnosti. Přináší srovnání vybraného paliva s ostatními a přibližuje problematiku automobilismu a dopravy. Taktéž se snaží najít nejvýhodnější alternativu vodíkové a popisuje LCE (Lineární spalovací motor). Je zde uveden i vlastní princip tankování vodíku, jeho výhody i nevýhody.

### **1) ÚVOD**

Nahlédneme-li do minulosti, zjistíme, že člověk je nesmírně vynalézavý tvor. Možná je to v pořádku, ale možná by neuškodilo vynalézat trochu méně nebo aspoň vynalézat šetrně. S novými a novými vynálezy přicházel i na nové využívání energie, která se stala pohonnou jednotkou těchto vynálezů. Revolučním pokrokem byla pára v průmyslu a schopnost shromažďovat elektrickou energii. Ovšem lidstvo z 19. století zaslepila možnost velkého objevování natolik, že výsledek dnes můžeme sami vidět. Z generace na generaci se člověk stával zručnějším a vynalézavějším. I když pára je už dávno překonaná, **fosilní paliva** nikoli a hlavně ty se zapříčinili o stav naší planety dnes. S nalezením ropy lidstvo poznalo, že je to nadmíru vzácná surovina a je jí dostatek (jen pro pár generací). Začalo se tedy s její masovou těžbou a zaváděním do všech možných oblastí průmyslu. Jedno z prvních využití ropy se našlo v **automobilismu**.

Před sto lety lidstvo neznalo pojem **skleníkový efekt, tání ledovců či globální oteplování**, ovšem taktéž nevěděli, že velkou měrou za to bude moci. Totální rozmach průmyslu a devastace krajiny za Komunistů - zde ustupuje zdravý rozum ideálům tehdejších vědců. Člověk je sice tvor učenlivý, ale ne všemohoucí, a je dost možné, že se v minulosti nastartoval proces, který je už nezvratný. Každý hovoří o snížení emisí a dalším ne devastování, ale planeta se měnila po miliony let a měnit bude dále, bohužel lidstvo začíná mávat tvrdou taktovkou, **jak se bude měnit**. Ať už se ale bude dít cokoli, pokračovat v devastování planety nesmíme. Jednou z možností, jak omezit, co minulé generace napáchaly, je přestat s masivním užíváním fosilních paliv. Samozřejmě to nejde ze dne na den, ale jednou to bude muset jít. Zásoby ropy a zemního plynu se den ode dne **zmenšují** a za pár desítek let vymizí úplně. Bohužel většina přístrojů funguje na fosilní paliva nebo na jiná paliva, jejichž produktem je **CO<sub>2</sub>** a jiné plyny ovlivňující oteplování planety. Jaké další palivo se stane po fosilních palivech masově využívané? Možná **VODÍK**.

## 2) PALIVO BUDOUCNOSTI

Očekává se, že těžba fosilních paliv klesne a jejich **ceny porostou** v důsledku jejich nedostatku. Jedním z mnoha faktorů rostoucí ceny je nepřestávající válčení ve světě. Jisté státy mají výhodu, že se na jejich půdě nachází bohaté naleziště strategických surovin, což by v pozdějších letech mohlo vést k vydírání jiných států, možná i válkám. Vědci se proto snaží najít optimální náhradu za ropu alespoň v jistých oblastech průmyslu a běžného života, např. vývoj nových paliv a jejich zavádění do automobilismu. Jako náhradní palivo, mimo methanolu, ethanolu a syntetických paliv se v budoucnosti jako s ekologickým palivem počítá i s vodíkem, jehož zásoby ve vodě jsou téměř nevyčerpatelné. Zatím ale ještě **není jasné**, která z technologií výroby vodíku je nejvýhodnější, jak lze vodík skladovat ve velkém, jak nejlépe ho bez nebezpečí výbuchu dopravovat na velké vzdálenosti, z čeho a jak by se měly konstruovat vodíkové motory, kam by se měly umístit palivové nádrže a kolik to všechno bude stát. Tyto otázky se časem budou **muset vyřešit**. Nejde o to, že by neexistovaly způsoby, jak vodík dostat k běžnému uživateli, ale musí se najít efektivní, levný a hlavně bezpečný způsob.

Energetická spotřeba má stále rychleji rostoucí charakter, jejíž nedostatek může vést k **hluboké krizi**. Stále se rozšiřující průmyslová zóna potřebuje dostatek fosilních paliv, jejichž zásoby jsou zatím dostatečné, ale nevyčerpatelné. Uhlovodíkové suroviny se také ve velké míře zpracovávají v petrochemickém průmyslu (plasty). Spotřeba fosilních paliv vede k tomu, že se používají méně ušlechtilější druhy paliv (např. ředění benzínu apod.) a v některých případech jsou lidé schopni do nádrže lít i 'pálenku'. Na spalování se používají i paliva s nižší kvalitou a vyšším obsahem síry, jako např. hnědé uhlí, které hlavně slouží v tepelných elektrárnách. Používání těchto méně kvalitních paliv vede k dramatickému zhoršování ekologické situace. Náhradu za tyto paliva **musíme hledat již dnes**, protože vývoj nových technologií je velmi technicky i finančně nákladný. Potřebujeme najít takový energetický zdroj jehož zpracování je co nejjednodušší, nejekonomičtější a především je v dostatečné množství. Při hledání tohoto paliva se jako nejvýhodnější (se současným technickým vybavením) jeví **právě vodík**.

Po přechodnou dobu může vodíku jako nosiči energie konkurovat metanol, biopaliva z obnovitelných zdrojů energie a plynná paliva, především zemní plyn a bioplyny. S rostoucím nedostatkem uhlíkatých surovin a důrazem na produkci potravin **bude jejich význam klesat**. Zároveň probíhá i intenzivní vývoj elektromobilů a hybridních automobilů, ale elektromotory zatím nedosahují výkonu, které lidstvo potřebuje pro všední život a hybridní motory bych považoval spíše za oddalující prvek krize v dopravě (**Pokud nedojde ke spojení Lineárního spalovacího motoru s Vodíkem ! viz. níže**).

Pro bližší budoucnost výrobci vozidel stále hledají provozně levnější a relativně méně nebezpečná tekutá paliva. Horkým favoritem se přitom **může stát methanol**, který lze poměrně jednoduše vyrábět synteticky. Jeho hlavní a skoro jedinou nevýhodou je **jedovatost**, naproti tomu podobně jako vodík může být methanol použit jak do pístových spalovacích motorů tak i do určitého typu palivového článku. Ve spalovacích motorech má i určité přednosti, a to i z hlediska emisí. V tomto ohledu může vodíku vyrůst poměrně nečekaná a přitom zdatná konkurence.

### 3) VÝROBA, SKLADOVÁNÍ, DOPRAVA, RIZIKA

#### VÝROBA

Vodík je možné vyrábět mnoha způsoby, ale musíme najít levný a efektivní způsob výroby, aby ztráty, které vzniknou při výrobě vodíku, byly co nejmenší. Polovina světové produkce vodíku se spotřebuje při výrobě amoniakálních hnojiv, zbytek slouží k produkci jiných paliv, oceli, skla, ale také třeba margarínu.

Pokud bychom vodík získali elektrolýzou (bez vzniku skleníkových plynů), musíme vyloučit veškeré tepelné elektrárny. Zbývají vodní, větrné, sluneční, všechny netradiční a atomové. Mimo poslední možnost je dosažení požadovaného výkonu (např. v našich podmínkách) naprosto nereálné, a tak je jedinou možností přechod na atomovou energetiku. Jaderné elektrárny jsou zatím jediným velkokapacitním zdrojem elektřiny, který nevypouští do ovzduší skleníkové plyny a zároveň nezávisí na počasí. Pokud by se měla doprava nejprve přeorientovat na elektřinu, budou jaderné elektrárny tím nejlepším zdrojem. Na výrobu vodíku se budou moci přeorientovat, až bude vodíkové hospodářství schopné lépe konkurovat jiným alternativám.

#### ELEKTROLÝZA VODY

Nejznámějším způsobem výroby vodíku je elektrolýza vody, tedy její rozklad na vodík a kyslík působením elektrického proudu. Odkud však na to brát dostatečně levnou elektřinu? Potřebná elektřina by mohla pocházet ze zdokonalených slunečních článků, z vodních elektráren a snad i z jaderných reaktorů. Tepelným elektrárnám budoucnost neprorokuje, neboť produkují oxid uhličitý a další nežádoucí splodiny.

*Obr. 1: Výroba vodíku sluneční energií*



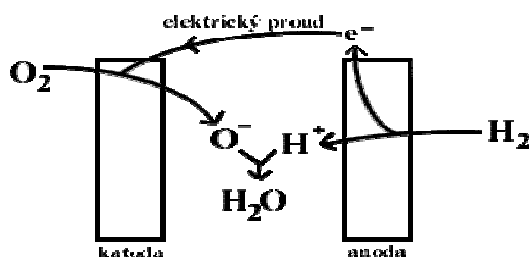
Pole zrcadel v Izraeli o výkonu 1 MW

**ELEKTROLÝZA VODY** - je ekologicky úplně čistá. Nevznikají při ní skleníkové plyny a kyslík, který se vyrobí zároveň s vodíkem, bude mít dobré průmyslové využití. Tento způsob výroby vodíku lze však chápat jako akumulátor energie. Protože se elektrická energie nedá skladovat, skladuje se zatím obvykle ve formě potenciální energie vody (přečerpávací elektrárny). Výrobou vodíku a jeho dalším spalováním či přeměnou na elektrickou energii palivovými články kdykoli a kdekoli by se dalo velmi úspěšně vyřešit skladování elektrické energie. Potíž je v tom, kde vzít tak obrovské množství levné elektrické energie, aby se vodík stal běžným palivem automobilů apod. Jestliže je např. v Čechách cca 3 000 000 automobilů a v provozu je, dejme tomu, třetina z nich, pak zhruba při 50 kW průměrného výkonu automobilu bude instalovaný výkon:

$$10\,000\,000 \times 50 = 50\,000\,000 \text{ kW} = \underline{50\,000 \text{ MW}}$$

Takový výkon by elektrárny musely mít, to znamená, že bychom potřebovali **26 temelínských elektráren!**

Obr. 2: Schéma spalování vodíku



Samozřejmě existuje další řada různých metod, jak vodík vyrobit, ale tento je nejznámější.

### SKLADOVÁNÍ

Pokud by jsme chtěli využívat vodík jako jediného paliva pro automobilovou dopravu, pak největší problémem bude uskladnění vodíku a otázka bezpečnosti. Nejvýhodnějším skladováním vodíku ve vozidle je z hlediska hmotnosti **kryogenní skladování kapalného vodíku**. Toto řešení si však vyžaduje dokonalou izolaci nádrže, aby se zabránilo úniku paliva při jeho parkování. Vážným problémem je proniknutí kyslíku do nádrže, kde způsobuje zamrzání potrubí a ventilů. Vozidlo musí mít elektrický ohřev nádrže, pokud se nepoužívá čerpadlo na kapalný vodík.

Další variantou skladovacího systému je **hydridová nádrž**. Její největší nevýhodou je, ale hmotnost.

Při skladování v ocelových lahvích představuje vodík pouze asi 1 % celkové hmotnosti. Oproti tomu výhodou uhlíkových kompozitů je mnohonásobně vyšší pevnost při nízké hmotnosti. Nové technologie skladování vodíku by měly nahradit skladování pod extrémně vysokým tlakem (až 70 MPa) nebo za extrémně nízkých teplot ( $-250^\circ\text{C}$ ). Pozornost se zaměřuje především na skladování tekutého vodíku v pomocných nosných materiálech.

Dnes se v osobních automobilech poháněných zemním plynem místo ocelových tlakových lahví využívají tlakové nádoby z kompozitních materiálů na bázi aramidových nebo uhlíkových vláken a syntetických pryskyřic. Mají při shodném provozním tlaku třetinovou hmotnost, jednodušší konstrukci a nižší cenu. Jejich použití pro stlačený plyný vodík je v principu také možné, ale akční rádius vozidel se oproti použití zkapalněného vodíku snižuje.

## DOPRAVA

Předpokládejme, že se jednou podaří nalézt optimální rovnováhu mezi různými výrobními postupy na přípravu vodíku – stále nám však zůstane problém, jak vyrobený vodík dopravit ke konečnému spotřebiteli. Aniž bychom chtěli zveličovat nebezpečí, nelze na druhou stranu pominout fakt, že vodík je vysoce hořlavý a jeho doprava a skladování představují jistá rizika. Především je nutné mít na paměti, že jde o lehký a objemný plyn vyžadující pro praktickou manipulaci stlačení nebo zkapalnění.

Mezikontinentální doprava ve velkém s využitím obřích tankerů by byla značně problematická. Naproti tomu pro vnitrokontinentální dopravu by se daly bez větších problémů využít stávající plynovody. Ještě před 40 lety se prostřednictvím plynovodů rozváděl a dopravoval svítíplyn, směs vodíku a CO. Po menších úpravách by se tyto systémy daly používat jako vodíkovody.

Velkovýrobní vodíku budou vázány na zdroje energie *tepelné* (jaderné), *elektrické* (vodní) nebo *solární*. Ty nebudou rozmístěny rovnoměrně, proto se bude uvažovat o dálkovém transportu, možná i transoceánském a transkontinentálním, přičemž druhý by mohl navazovat na první – zkapalněný vodík lze přepravovat buď v kontejnerech, nebo v říčních tankových lodích. Kontejnerová přeprava bude zřejmě efektivnější, neboť nebude vázána jen na splavné řeky, bude se kombinovat s železniční a silniční dopravou. Přepravní kontejnery umožní i skladování, resp. vyrovnání bilančních výkyvů mezi výrobou, dopravou a spotřebou. Jejich nevýhodou zůstane výbušnost směsi vodíku se vzduchem, tedy riziko výbuchu při netěsnostech systému a při dopravních nehodách.

## TANKOVÁNÍ

Při tankování u běžné čerpací stanice se budou muset dodržovat přísná pravidla. Vodík, který se sem dopraví, ať už potrubím nebo transkontinentální dopravou, musí být ochlazen, díky nízké kritické teplotě, až pod  $-250^{\circ}\text{C}$ . Tam už z bezpečnostních důvodů musí plnění nádrží převzít automaty (anebo nemusí viz. níže).

Po desetiletém vývoji byl v září 1995 v praxi předveden první tankovací robot světa. S automobilem vybaveným normalizovanými doplňky (vysílač pod podlahou, typizované hrdlo nádrže), zastaví řidič pokud možno přesně na svítivými barvami vyznačeném poli. Zatímco snímač zabudovaný pod tímto polem se z kódových čísel kompaktního vysílače dozví, jaký druh paliva motor vyžaduje a o jakou značku a typ vozidla jde, řidič pootevře svoje okénko a do terminálu zasune svou platební či identifikační kartu. Tlačítka na panelu vyznačí množství paliva v litrech.

V tom okamžiku se z nízkého otočného stojanu na tankovacím ostrůvku po pravé straně vozidla vysune hydraulicky ovládané teleskopické kloubové rameno s tankovací pistolí a s otočnou hlavici, která vyhledá zátku plnicího otvoru, odšroubuje ji (a přidrží). Potom už pistole najede tryskou do plnicího otvoru a další hlavice s odsávacím zařízením na unikající výpary ji obklopí. Po dobu plnění je celý prostor střežen elektronickými snímači, které při zjištění jakékoliv odchylky od programu čerpání paliva okamžitě zastaví a hermeticky uzavřou víko zátkou. Robotizovaná tankovací stanice je tedy již dlouhou dobu na světě.

Vodík může být uchováván obojím způsobem, jak ve stlačené tak ve zkapalněné formě, ale obojí přináší značné technické problémy. Takové zařízení je ve zkušebním provozu na letišti v Mnichově, na vodík zde pokusně jezdí upravené osobní automobily a autobusy.

Vysoká výhřevnost kilogramu vodíku je lákavá, ale v praxi je také důležité, kolik kilogramů bude přitom vážit a kolik místa ve vozidle zabere silnostěnná a tepelně izolovaná palivová nádrž.

*Obr. 3: Tankování paliva v budoucnosti*



#### **Vlastní princip tankování vodíku:**

Mnoho automobilových nadšenců, jako my, by si nedokázalo představit, kdyby plnění "žaludků" jejich miláčků mělo být plně automatické. Cožpak se nedá vodík tankovat jako dnešní klasické paliva? Níže uvedené postupy jsou vesměs teoretické, protože k ověření těchto postupů by bylo třeba jak finanční podpory, tak dostupnost čerpací stanice na vodík a mnoho dalších věcí.

#### **Odlišnost od robotizovaného tankování je tato:**

- nemusíte sedět v autě a čekat, až vás tankovací systém obslouží, navíc systém je systém (tudíž se do něj lze nabourat, či ho poškodit apod.), což by mohlo vést k jeho zneužívání např. při placení
- při běhu tankovacího programu těžko ovlivníte množství čerpaného paliva, do programu zadáte počet litrů a tolik se vám natankuje
- jedním z důvodů, proč zajet k čerpací stanici je WC, protáhnutí řidiče, či nákupy v obchodech; při automatizovaném tankování sedíte v autě a nic neděláte
- automatizování čerpacích stanic s veškerým zabezpečením by bylo o mnoho dražší, než kdyby se zřídila jedna norma, jak má vypadat čerpací hlavice a čerpací otvor (viz. níže)

#### **Teorie:**

Při příjezdu na čerpací stanici řidič klasicky vystoupí z auta a jde si vybrat druh paliva (mohou být kombinované čerpací stanice). Otevře víko na čerpacím otvoru a vsune do něj čerpací hlavici. Ta se však nezasune celá, je rozdělena na tři části:

1. část - tankovací trubička se zobáčkem (zavřená)
2. část - celý obvod čerpací trubice je jedna velká přísavka se závit
3. část - vývody odčerpávacího systému s další přísavkou

Po té, co se řidič pokusí dát tankovací hubici do otvoru, zhruba v půli se mu zasekne. Při stisku žlutého tlačítka se čerpací hadice začne zavrtávat dovnitř (podobně jako u šroubováku). Při dotáhnutí závitů se přisají obě přísavky, čímž dojde k hermetickému uzavření mezi okolím a nádrží. Ovšem ani teď se neodblokuje tankovací páčka (byla celou dobu zablokovaná). Na konci tankovací hubice je zobáček, který musí zapadnout do drážky ve vývodu z nádrže. Pokud se tomu tak nestane, konec tankovací hubice bude otočný (při stisku dalšího tlačítka na tankovací rukojeti), který začne hubicí otáčet, dokud se zobáček nesejde s drážkou a nezapadne do něj. Tím dojde ke spojení obvodu (drážka pošle signál přes zobáček na tankovací rukojeť, kde se rozsvítí zelená kontrolka) a uvolní se tankovací páčka.

Při zmáčknutí páčky se otevře ústí trubice, vnitřní strana zajede ještě kousek dál do tankovacího otvoru a uchytí se do držáku. Bohužel vodík se dá skladovat pouze pod extrémními tlaky či pod - 253 °C. Při čerpání vodíku se celá čerpací hadice vystaví této teplotě, což vede k dalšímu problému. Při samotném proudění vodíku do nádrže se nesmí člověk rukojeti držet. Tento problém by se dal vyřešit tím, že místo mačkání tankovací páčky na rukojeti ji zmáčkne na desce tankovacího zásobníku. Po této aktivaci se vodík začne tankovat do nádrže bez jakéhokoli kontaktu s člověkem. Po ukončení tankování se zapne vnitřní vytápění v rukojeti, které během pár ohřeje na původní teplotu.

Při úspěšném dotankování vodíku se tankovací páčka zablokuje a celý proces průniku do nádrže se bude odehrávat přesně opačně. Ústí trubice se nejprve zavře, poté vyjede vnitřní část trubice k zobáčku, ten se odpojí od drážky, při zrušení kontaktu se zobáčkem drážka uzavře otvor k nádrži, odpojí se vnitřní i vnější přísavka, pomocí závitů vyjede trubice zase do poloviny, odsávací systém přestane odsávat a řidič už jen vrátí tankovací hadici do stojánku a uzavře tankovací otvor víkem.

Celý proces tankování bude měřen čidly na čerpací stanici (pokud by došlo k úniku ne trase mezi autem a zásobníkem), další čidlo bude na čerpací hubici, které při zjištění úniku vodíku automaticky zablokuje tankovací páčku a celý proces se přeruší. Odsávací systém bude zajišťovat odsávání v prostoru mezi stěnami nádrže a tankovací trubicí.

Jiná rizika související s tankováním nejsou horší nebo jiná než u automatizovaného tankování. Sice se nestává, že by v naší republice nějak často vybuchovaly čerpací stanice, ale u stanic na vodík je možné riziko výbuchu při nedostatečné izolaci vodíku dost vysoká. Už ale čerpací stanice na vodík existují a zatím žádná nevybuchla (nebo o tom nevíme).

## **BEZPEČNOST**

**Bezpečnostní opatření:** Výbušnost směsi vodíku se vzduchem vyžaduje přísná bezpečnostní opatření ve všech prostorách, kde se s vodíkem manipuluje, zejména pak v těch uzavřených. Bezpečnostní pravidla (přísnější než pravidla pro manipulaci s benzinem a naftou) se budou vztahovat i na prostory pro řidiče a pasažéry dopravních prostředků poháněných vodíkovými motory. Nízká hustota vodíku oproti vzduchu vyvolává intenzivní promíchávání směsi plynů, a tím rychlý vznik velkého objemu výbušné směsi v širokém rozmezí koncentrací. Lidskými smysly nelze únik vodíku do atmosféry poznat. Bude nevyhnutelné používat detektory hořlavých plynů, které jsou schopny registrovat již 10 % dolní meze výbušnosti směsi vodíku se vzduchem. Mohou být připojeny na optickou a akustickou signalizaci, popřípadě mohou



blokovat chod zařízení pracujících s vodíkem (motory, kompresory, čerpadla a zkapaňovací stanice, odpařovače) nebo startovat havarijní ventilaci ohrožených prostor.

#### **4) PROČ VODÍK**

Ve srovnání s dnešními automobily se spalovacími motory mají vodíkové motory několik zásadních výhod. Nenarušují životní prostředí, jsou téměř nehlukné, mají minimum pohybujících se částí a v podstatě žádné nároky na údržbu. Navíc mají téměř dvojnásobnou účinnost. U těchto automobilů se také předpokládá, že s jednou náplní paliva ujedou cca 3x větší vzdálenost než automobily na fosilní paliva.

Vodík má ty výhody, že může být vyráběn z různých energetických zdrojů, může být skladován, může být vyráběn elektřinou vyráběnou z nízkouhlíkatých paliv (zemní plyn) nebo elektřinou z jaderných elektráren, popř. z OZE. Budoucnost ukáže, zda přímé užití zemního plynu jako paliva nebo jeho konverze na vodík a následné užití v palivových článcích přinese větší výhody.

Potenciální výhody vodíku jako motorového paliva budou dosaženy po dalším úspěšném technologickém vývoji zásobníků vodíku a technologie palivových článků a po nákladných investicích do výroby vodíku a jeho distribuce. Zatímco ostatní alternativy mohou být využívány v již existujících vozidlech (biopaliva), dosažitelnými palivy (zemní plyn), vybudovanou infrastrukturou (biopaliva, částečně zemní plyn), vodík a vodíkové palivové články začínají na startovní čáře. Jedná se rozhodně o nejnadhjnější alternativu ke klasickým benzínem nebo naftou poháněným vozidlům, ale bude trvat ještě mnoho let, než dojde k plně komerčnímu využití.

Problémem zůstávají oxidy dusíku vznikající ve spalovacím prostoru vodíkového motoru. Jejich množství závisí na přebytku kyslíku, teplotě, tlaku a době zdržení spalín při vysokých teplotách ve spalovacím prostoru.

#### **5) VYUŽITÍ V DOPRAVĚ**

Jedním z účastníků a iniciátorem projektu zavádění vodíku do městské dopravy je hlavní město Islandu Reykjavík. Je vynikajícím místem pro ověřovací provoz systému hromadné městské dopravy, využívající vodík jako palivo do spalovacích motorů proto, že v tomto poměrně malém městě stačí obsloužit potřeby veřejnosti pouhé čtyři autobusy.

První vodíková plnicí stanice na Islandu má zkušební období po dobu dvou let. Pokud budou výsledky příznivé, předpokládá se, že na Islandu se vodíkovým pohonem vybaví většina automobilů, i těch, jež jsou v soukromém vlastnictví. Intenzivně se také pracuje na konstrukci motoru vhodného pro pohon lodí. Vláda Islandu by ráda v průběhu 10 let zcela nahradila fosilní paliva ve spalovacích motorech vodíkem. Při příležitosti otevření plnicí stanice se v Reykjavíku konala mezinárodní konference se záměrem podpořit rozšiřování vodíkového pohonu do městské dopravy i do dalších měst Unie. V současné době se staví flotila 40 autobusů, která bude rozdělena do čtyř měst. Zkušební provoz na Islandu by měl přinést

poznatky k výstavbě příslušných infrastruktur a také provozní zkušenosti pro servisní zázemí a životnost zařízení.

Pro uplatnění vodíku jako automobilového paliva hovoří více ekologických důvodů. V současnosti se používá pro pohon automobilů pracujících v městské dopravě *dvojpaliivová směs*. Při tomto systému se směs benzínu a vzduchu obohacuje o vodík. Výsledný efekt se projevuje v snížení škodlivých emisí a ve zvýšení účinnosti motoru.

*Obr. 4: Autobus s vodíkovým motorem v Mnichově*



#### **HYBRIDNÍ AUTOMOBILY:**

Na rozdíl od vodíkových aut jsou výrobci schopní uvést na trh kombinovaná vozidla ve velkém měřítku již v roce 2008 a jejich cena nebude tak vysoká. Zatímco první automobily by měly benzínovou bázi a elektrickou podporu, postupně by se mohlo přejít na elektromobily s benzínovým záložním zdrojem. Investice do infrastruktury jsou v tomto případě téměř nulové (elektrárny i dráty na rozdíl od vodíkových čerpacích stanic a přenosných trubek již stojí), cena elektřiny je v porovnání s pohonnými hmotami nízká.

#### **6) SROVNÁNÍ S OSTATNÍMI PALIVY**

##### **KOLIK TO BUDE STÁT?**

Zatím cenově vodík nemůže konkurovat ostatním palivům, ale domníváme se, že fosilní paliva i nadále budou podražovat, až se vodík stane jejich cenovým konkurentem. Navíc se pořád vyvíjí nové metody výroby, skladování, přepravy a distribuce vodíku. Pokud půjde trend stejnou rychlostí, může vodík konkurovat ostatním palivům během 20 let. Letité války se vlečou kvůli zdrojům energie, ale proč by měl někdo válčit o prostý vodík, když ho má každý dostatek. Tenhle fakt by měl být podstatný pro nízkou cenu vodíku, avšak giganti na světovém poli vodíkového průmyslu (např: BMW, Honda apod.) budou mít značný podíl na jeho ceně. Doufejme proto, že nebudou hrbat do vlastní kapsy, ale nabídnou možnost dostupnosti vodíku pro všechny.

Ovšem jedna věc je, kolik bude stát samotný vodík, ale druhá věc je, kolik budou stát věci okolo vodíku. Mluvíme o infrastruktuře, výrobě vodíku na našem území, případná přeprava vodíku z místa na místo atd. Vybudovat infrastrukturu bude asi ten největší oříšek. Jedna možnost, jak ušetřit miliardy, by byla, aby se stát dohodl s majiteli čerpacích stanic. Ti by mohli nejdříve stanice zkombinovat (benzino-vodíková čerpací stanice) a až bude cena fosilních paliv neúnosná, zcela tuto stanici předělat na vodíkovou. Přeměna této stanice si jistě vyžádá spoustu peněz, ale rozhodně bude méně nákladná, než budování úplně nových stanic.

## 7) EKOLOGICKÝ DOPAD

Dokud se nezačne využívat vodíkový motor a technologie s ním spojené naplno, mají automobilky omezenější prostor. Snižování emisí není jen na nich, je to věc celého výrobního a distribučního systému paliv. Změny budou postupné a završí se nejdříve v roce 2030.

Evropská komise začala rázně potlačovat únosnou míru unikajících škodlivých látek z motorů, ale automobilky nebudou schopny snížit emise pod 150 gramů na litr v roce 2008. Evropská komise ale nechce automobilkám ustoupit → Kjótský protokol. Automobilky měly několik let se připravit na změnu, není důvod jim ustupovat, tvrdí komise. Dle mého názoru, kdyby byla možnost snížit emise už dříve a nijak by to v důsledku nezvedlo cenu aut, automobilky by je už snížily.

*Obr. 5: Pohroma pro životní prostředí*



## 8) ZÁVĚR

Nejvýhodnějším, nejekologičtějším, nejekonomičtější a nejefektivnějším řešením v automobilismu v budoucnosti je tato koncepce:

**Elektrárna (sluneční energie) ==>**  
**Komplex na výrobu vodíku formou elektrolýzy ==>**  
**Vodíkovody ==>**  
**Distribuční společnosti ==>**  
**Čerpací stanice**

Elektrárny (využívající sluneční energii) by bylo vhodné budovat v oblastech s vysokým dopadem slunečního záření (pouště), odtud by se elektřina odváděla do komplexu na výrobu vodíku formou elektrolýzy vody, která může stát klidně opodál. Vzniklý vodík by se přepravoval buď vodíkovody nebo transkontinentální (popř. transoceánskou) dopravou k distribučním společnostem, které budou rozvážet vodík k čerpacím stanicím.

**Pokud by se Lineární spalovací motor (na vodík) použil v hybridních automobilech, výsledné auto nebude vypouštět do ovzduší žádný CO<sub>2</sub> (pouze oxidy dusíku), ale i tak je to výrazný skok kupředu a k záchraně naší planety.**

Český stát by neměl příliš otálet a čekat, co se bude dít. Sám by se měl aktivněji zapojit do dění nebo přinejmenším založit konto, kde bude ročně odkládat peníze, které se budou za pár let při "vodifikaci" hodit. Rychleji se tak u nás vybuduje infrastruktura a tím odpadnou i ztráty, které při zavádění vodíku vzniknout. Minimálně 80% aut v ČR bude i po roce 2030 jezdit na fosilní paliva, stát by se měl zapříčinit, aby tato procenta klesala co nejrychleji. Není ve finančních možnostech čerpacích stanic, aby celou svou stanicí předělali na vlastní náklady a pokud jim přijdou peníze od (krajů) státu, bude vodík okamžitě dostupný k užívání.

**CHTĚJME ZELENOU BUDOUCNOST - CHTĚJME VODÍK !!!**

## 9) ZDROJE

Technický týdeník  
Časopis Epoque  
Časopis 21. století  
[www.autoweb.cz](http://www.autoweb.cz)  
[www.jezdimenaplyn.cz](http://www.jezdimenaplyn.cz)  
[www.vesmir.cz](http://www.vesmir.cz)  
[www.biom.cz](http://www.biom.cz)

## 10) ZAJÍMAVOSTI ZE SVĚTA VODÍKU

*Obr. 6: Prototyp motorky na vodíkové palivové články nese název ENV (Emission neutral vehicle)*



*Obr. 7: Automobilka BMW vytvořila prototyp H2R, který drží 9 světových rekordů. Dosahuje neuvěřitelné rychlosti 302 km/h.*



*Obr. 8: Vodíkový spalovací motor ve voze Ford.*





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **Ekonomické srovnání dvou odlišných domů**

**Michal Slivečka, Jan Harapát**

Střední průmyslová škola Uherské Hradiště  
Kolárova 617, Uherské Hradiště

### **Anotace:**

Tato práce se zabývá srovnáním dvou odlišných domů, které stojí na opačných stranách představ o moderním bydlení. První dům je postmoderní a z pohledu ekologie a ekonomiky si vede velmi špatně. Druhý dům je sice ještě daleko starší než první, ale díky moderním způsobům oprav získal velmi dobrý jak ekologický, tak ekonomický výsledek. Práce se hlavně zabývá porovnáním částek zaplacených za účty v obou domech. Záměrem práce bylo zjistit, jak moc si lidé ve starých domech musí za elektřinu a teplo domova připlatit oproti lidem, kteří bydlí moderně.

### **1) OBECNÁ PROBLEMATIKA**

Problematika energetiky je velmi rozsáhlý problém, který musí lidstvo neustále řešit, jelikož jsme se stali tvory zcela závislími na dodávce energie. Člověk pro své přežití potřebuje především tepelnou a elektrickou energii a samozřejmě energii Slunce. Bez těchto tří energií by se doba vrátila do "doby temna." A jelikož nejde jen o nás, ale také o naši planetu, budeme se chovat ke skleníkovým plynům jako k nežádoucím produktům.

#### **ENERGETICKÁ KRIZE:**

Je všeobecně známo, že celosvětově roste spotřeba elektřiny, ropných produktů a zemního plynu. Elektrárny začínají mít potíže (viz. přetížení sítě v Americe, či výpadky proudu v Londýně nebo Španělsku) a na stavbu nových se buď nenajdou finanční prostředky nebo se probudí skupinky lidí podobným Greenpeace, kteří se snaží, seč mohou, aby se zrovna u nich nic nestavělo. Budoucnost elektrické energie se nejspíš bude odvíjet od jaderných elektráren, které si ovšem malý stát, jako náš, nemůže moc dovolit, jak z finančních důvodů, tak z reálných důvodů petic obyvatel dané oblasti. Pokud vynecháme jaderné elektrárny, zůstanou nám vodní, větrné (které ale zdaleka v našich podmínkách nedosahují potřebného výkonu) a tepelné, kde se ovšem spaluje uhlí a pro jednu jednotku tepla se spálí ohromné množství. Jak a co dělat? Tato otázka zůstává stále otevřená.

#### **Z EKOLOGICKÉHO HLEDISKA:**

Jak už bylo řečeno, základními potřebami dnešního typu člověka je zdroj elektrické energie a zdroj tepla.

Elektrická a tepelná energie:

Tepelné elektrárny - můžeme rovnou vyloučit, produkt je nežádoucí.

Větrné elektrárny - lidem se nelíbí esteticky, mají malý výkon.

Vodní elektrárny - tady je to už lepší, ale stále pro naši populaci nedostačující zdroj.

Jaderné elektrárny - mají největší energetický potenciál, avšak jsou velmi drahé a lidé proti nim protestují.

Energie Slunce:

Prakticky nevyčerpatelný zdroj energie, prakticky zadarmo. Na Zemi dopadá jen malé množství energie vydané Sluncem a z toho člověk využije ještě menší množství. Byl by to však výtečný zdroj jak tepla, tak el. energie.

REALITA:

Na vytápění domů a získání TUV se stále ve velmi hojném množství používají plynové 'karmy' a radiátory. V poslední době se hodně rozšiřují domácí krby, ale co se v nich dá pálit, než dřevo, uhlí či jiné věci, jejich hořením vzniká CO<sub>2</sub>. Jak zemní plyn, tak elektřina se musí k zákazníkovi dopravovat na velké vzdálenosti, přičemž hrozí, že se může na trase něco stát. Co kdyby zdroje energie nebyly stovky kilometrů daleko, ale pár metrů?

MOŽNOSTI:

Jednou z možností je opravdu energie Slunce. Je to stálý zdroj energie a výpadku se bát nemusíme. V dnešní době se staví domy, které se snaží úplně osamostatnit od závislosti na jakýchkoli zdrojích zvenčí. Tyto domy jsou vybaveny spousty zařízeními na přeměnu jedné formy energie v druhou. Obecní dům v Nedakonicích má dvě z těchto zařízení a to -

- a) Solární panely
- b) Tepelné čerpadlo

## 2) TECHNICKÉ ÚDAJE STARÉHO DOMU

S nástupem komunistické éry se město Uherské Hradiště začalo rapidně rozšiřovat. Stavělo se mnoho nových domů a sídlišť, ovšem kvantita daleko převyšovala kvalitu, a tak dnes mnoho domů chátrá a mnohé potřebují rekonstrukci.

V roce 1950 tehdejší Národní výbor postavil pro své zaměstnance bytový dům. Jedná se o starý činžovní dům, který v dnešní době absolutně nesplňuje požadavky moderního bydlení. Statika domu je zatím dobrá, ale kruté zimy a hlavně povodeň v roce 1997 dům silně zasáhla. Po povodních se však udělala jen zběžná rekonstrukce a po posouzení statika se lidé nastěhovali zpět. Dům je z jedné strany spojen zdí s druhým domem, zepředu a zezadu je do hloubky asi 1,5 posazen v zemi a z druhého boku je boční cesta do sklepa.

Tento dům vykazuje velké tepelné ztráty, jelikož donedávna byl vybaven pouze dřevěnými původními okny, které spíše měly už jen estetický význam, protože studený vzduch jimi přímo proudil. Taktéž to bylo s balkónovými dveřmi. K dnešnímu dni je už asi polovina domu vybavena plastovými jak okny, tak balkónovými dveřmi.

Další příčinou velkých ztrát je 45 cm tloušťka zdi bez jakéhokoliv zateplení a na některých místech jsou cihly úplně odkryté. Kompletní zateplení domu by sice obyvatele vyšel na velkou sumu, ale výsledný efekt by stál za zvážení. Další problém je se střechou, která zůstala také původní a její efektivnost vůči dešti a mrazům se rychle vytrácí.

Dům má 6 bytových jednotek, sklepní prostory a již řadu let nevyužívané podkrovní. Každý byt je vybaven třemi radiátory, karmou a sporákem, které všechny využívají zemního plynu, což je ekonomicky velmi nevýhodné a množství unikajícího CO<sub>2</sub> je velmi vysoké.

#### **Parametry domu:**

Zastavěná plocha:	180 m <sup>2</sup>
Vytápěná plocha:	440 m <sup>2</sup>
Objem vytápěného prostoru:	1 135 m <sup>3</sup>

### **3) TECHNICKÉ ÚDAJE REKONSTRUOVANÉHO DOMU**

V obci Nedakonice byl postaven zhruba před 350 lety mlýn, který ovšem začátkem 20. století pozbyl funkčnosti a od té doby objekt chátral. Obec se rozhodla objekt přestavět a udělat z něho moderní dům využívající obnovitelných zdrojů energie. Z tohoto důvodu jsme tento objekt upřednostnili před zcela nově moderně postavenými domy v jiných obcích, aby se zjistilo, zda se vyplatí jít do kompletní rekonstrukce bytového domu.

#### **Rekonstrukce:**

Rekonstrukce proběhla v rámci „Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie“.

Před rekonstrukcí se objekt nacházel v poměrně dobrém stavu, ale pro normální bydlení byl nevhodný. Rekonstrukce zahrnovala vybudování nových podlah, stropů, příček, schodišť, výměnu starých dřevěných oken za plastová a výměnu dveří interiérových a vstupních.

Zateplení domu spočívalo v zateplení obvodových stěn a střešní konstrukce a položení nové střešní keramické krytiny. Zároveň je nutné vybudovat kompletní rozvodný systém elektřiny, užitkové vody a teplovodního systému. Rekonstrukcí vznikl dům o 9 bytových jednotkách, který plně obyvatelný od roku 2003.

#### **Parametry domu:**

Zastavěná plocha:	246 m <sup>2</sup>
Vytápěná plocha:	569 m <sup>2</sup>
Objem vytápěného prostoru:	1 479 m <sup>3</sup>

#### **Investice:**

Investice zahrnuje instalování tepelného čerpadla a solárního systému – bez výdajů za kompletní rekonstrukci domu.

**Celkové náklady: 2 047 327 Kč**



50% z celkových nákladů bylo získáno jako dotace Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie.

30% z celkových nákladů byla půjčka od Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie.

20% z celkových nákladů zaplatila obec Nedakonice.

#### **Solární systém:**

Ekostart Therma: - kolektor - cena za kus - 10 990 Kč  
- cena za 16 ks - 175 840 Kč

#### **CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ SOLÁRNÍHO SYSTÉMU:**

**822 620 + 5% DPH = 863 751 Kč**

#### **Tepelné čerpadlo:**

MACH V ZR 72 kompaktní 700 l: čerpadlo - cena za kus - 272 305 Kč

#### **CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA:**

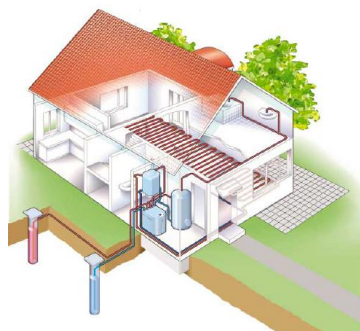
**1 183 576 Kč vč. DPH**

#### **CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA A SOLÁRNÍHO SYSTÉMU:**

**Solární systém + tepelné čerpadlo => 1 183 576 + 863 751 = 2 047 327 Kč**

#### **3a) TEPELNÉ ČERPADLO**

**Typ: MACH V ZR 72 kompaktní 700 l**



Tepelné čerpadlo tohoto typu se používá k vytápění rodinných domů. Je sestaveno v samonosné nerezové skříni a představuje neúplný chladicí okruh, jenž se skládá z chladicího kompresoru SCROOL, akumuláční nádrže a potřebného vybavení. Vnitřní část TČ je v kompaktním provedení s akumuláční nádrží. Ovládání a řízení provozu je proveden elektrorozvaděčem, který je umístěn na čelní desce TČ. Provoz je zcela automatický.

*Obr. 1: Rozvod tepla tepel. čerpadlem*

**Princip:**

Zařízení ve výparníku odvádí teplo z prostředí s nižší teplotou (např. z vody o teplotě 10°C vezme 5°C) a předává ho v kondenzátoru do prostředí s vyšší teplotou (akumulační nádrž), čímž ji ohřívá. Teplo přiváděné z výparníku do kondenzátoru se přitom zvyšuje o teplo, na které se v kompresoru mění hnací elektrická energie.

Vzhledem k tomu, že limitní hodnota teploty vody se pohybuje v rozmezí od 50°C do 55°C, je použit pro vytápění tzv. nízkoteplotní topný systém (např. velkoplošné radiátory nebo podlahové vytápění). Dohřev a občasné přehřátí TUV bude zajištěno elektrickým přímotopným ohřevem. Klesne-li teplota v akumulační nádrži pod jistou úroveň, zapne se tepelné čerpadlo, které ohřeje vodu na potřebnou teplotu, po té se zase vypne.

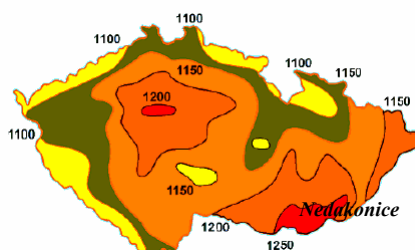
Vytápěcí systém je navržen tak, aby tepelné čerpadlo pokrylo celý potřebný tepelný výkon při nejnižší teplotě venkovního vzduchu, jinak by bylo zbytečně velké a nákladné.

**3b) SOLÁRNÍ SYSTÉM****Typ: Ekostart Therma**

Na šikmou střechu budovy bylo namontováno 16 ks (což je 27,2 m<sup>2</sup>) kolektorů Ekostart Therma. Ty jsou upevněny na speciálních konstrukcích, které zajistí optimální směr a sklon kolektorů. Tepelná energie bude ukládána prostřednictvím výměníku do zásobníku TUV. Základním prvkem solárního systému je kolektorová plocha z jednotlivých kapalinových kolektorů Ekostart Therma.

Solární systém slouží k ohřevu teplé užitkové vody (TUV), která se shromažďuje v zásobníkovém ohřivači o objemu 1500 l. V nepříznivém a zimním období zbytek tepla dodává tepelné čerpadlo. Propojení mezi kolektory a zásobníkem je řešeno měděným potrubím, které má poměrně dlouhou životnost a nepřetěžuje solární okruh. Taktéž je izolováno proti tepelným ztrátám. Kolektory jsou naplněné nemrznoucí kapalinou Kolektor, která umožňuje celoroční provoz.

Poskytovaná záruka na kolektor je 7 let, což představuje jen malý díl skutečné životnosti. Při použití vhodných materiálů a při správném používání je životnost více než 30 let.



Obr. 2: Průměrné množství slunečního záření na území ČR v kWh/m<sup>2</sup> za rok.

### Potřeba tepla na přípravu TUV:

denní potřeba TUV - 3 600 l  
vstupní teplota - 10 °C  
teplota TUV - 55 °C  
počet dní v roce - 365

### Roční potřeba tepla na přípravu TUV:

247,57 GJ = 68,77 MWh



Obr. 3: Schéma ohřevu TUV

**Dohřev a občasně přehřátí TUV bude zajištěno elektrickým přímotopným ohřevem.**

## 4) POROVNÁNÍ, STATISTIKA

### Upozornění:

Následující tabulky jsou velmi zavádějící. Pro přesnější výsledky by bylo potřeba provádět měření celoročně (tedy i za letního počasí). Taktéž je třeba brát v úvahu, že čtyřčlenná rodina bydlící v jednom bytě spotřebuje daleko více energie než důchodkyně bydlící sama. Následující hodnoty je tedy nutno brát s rezervou.

### Zde je jednotlivý přehled statistik podle předmětu plateb:

Měření bylo prováděno po dobu tří měsíců - a to října, listopadu a prosince - roku 2006. Naměřené hodnoty jsou uváděny za celý dům, nikoli za osobu - čili za starý dům se jedná o 6 bytů a za rekonstruovaný dům o 9 bytů.

Všechny hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce, která porovnávala spotřebu elektrické energie. U rekonstruovaného domu se počítá jak elektřina dodaná E.ONem, tak spotřebovaná elektřina ze solárního systému. Sazby u obou domů se liší v závislosti na tarifu, ve kterém E.ON dodává elektřinu, popřípadě u rekonstruovaného domu dotace obce

Tabulka č.1:

Spotřeba elektrické energie za poslední tři měsíce v roce 2006						
v kWh	říjen	listopad	prosinec	celkem	sazba [Kč]	v Kč
Starý dům	673,15	651,32	789,60	2 114,07	3,36	7103,27
Rekonstruovaný dům	2 612,58	2 742,13	2 684,62	8 039,33	1,30	10 451,13

V této tabulce jsou uvedené hodnoty, které vyjadřují spotřebu plynu ve starém domě za konce roku 2006. Z naměřených hodnot je jasně vidět, jak se mění spotřeba plynu v začínajících zimních obdobích. Kulminace spotřeby nastává každým rokem zhruba v měsíci únoru.

Tabulka č.2:

Spotřeba zemního plynu za poslední tři měsíce v roce 2006						
v m <sup>3</sup>	říjen	listopad	prosinec	celkem	sazba [Kč]	v Kč
Starý dům	430,26	761,06	1 062,34	2 253,66	11,30	25 466,35

V této tabulce se nachází spotřeba vody v obou domech. U starého domu se klasicky vycházelo ze spotřeby studené vody, jelikož je ohřívána karmou, a sazba byla určena za vodné + stočné.

U rekonstruovaného domu se sazba určila ze stanových cen obcí Nedakonice a to:

$$\begin{aligned} \text{Studená voda + stočné} &= 36 \text{ Kč/m}^3 \\ \text{TUV + stočné} &= 64,50 \text{ Kč/m}^3 \\ \text{sazba} &= (36 + 64,50)/2 = 50,25 \text{ Kč/m}^3 \end{aligned}$$

**!pozn.** Tato sazba by platila, pouze pokud by odběr studené vody a TUV byl stejný. Ten sice není, ale sazba by se příliš nezměnila, pokud bychom dbali na hodnoty jednotlivých odběrů. Zároveň pro bližší srovnání se starým domem jsme určili sazby stejné.

Tabulka č.3:

Spotřeba vody (studené+TUV) za poslední tři měsíce v roce 2006						
v m <sup>3</sup>	říjen	listopad	prosinec	celkem	sazba [Kč]	v Kč
Starý dům	30	27	35	92	50,25	4 623
Rekonstruovaný dům	46	47	51	144	50,25	7 263

Zde jsou uvedeny kompletní náklady obou domů v jednotlivých měsících a pak celkově. Jak je možno vidět, rekonstruovaný dům si oproti starému domu vede velmi dobře.

Tabulka č.4:

Celkové náklady za poslední tři měsíce v roce 2006					
	říjen	listopad	prosinec		v Kč
Starý dům	8 061,22	12 145,16	16 416,24	=	36 622,62
Rekonstruovaný dům	5 707,85	5 923,51	6 052,75	=	17 684,11

Pokud bychom chtěli docílit ještě přesnějších výsledků, vynásobíme náklady rekonstruovaného domu 2/3 a to z toho důvodu, že má 9 bytových jednotek a starý dům jen 6. Poté získáme opravdový rozdíl mezi tím, kolik zaplatí obyvatelé jednoho bytu.

$$17\,684,11 \cdot 2/3 = \underline{\underline{11\,789,40 \text{ Kč}}}$$

## 5) ZÁVĚR

Samozřejmě do výsledných kalkulací je třeba započítat i nájem, který platí obyvatele domu v Nedakonicích. Ten se však ve značné míře shoduje s výší částky, kterou obyvatele starého domu platí do 'Fondu oprav', tudíž můžeme tyto položky vynechat.

### Rozdíl zaplacených výloh mezi domy:

$36\ 622,62 - 17\ 684,11 = 18\ 938,51\ \text{Kč}$  (Za tři měsíce)  
 $18\ 938,51 / 3 = \underline{6\ 312,83\ \text{Kč}}$  (Rozdíl v zaplacených částkách obyvatelů domu za měsíc)

### Obyvatelé starého domu:

$36\ 622,62 / 6 = 6\ 103,77\ \text{Kč}$  (Částka za tři měsíce)  
 $6\ 103,77 / 3 = \underline{2\ 034,59\ \text{Kč}}$  (Částka, kterou v průměru zaplatí obyvatele jednoho bytu za měsíc ve starém domě)

### Obyvatelé rekonstruovaného domu:

$17\ 684,11 / 9 = 1\ 964,90\ \text{Kč}$  (Částka za tři měsíce)  
 $1\ 964,90 / 3 = \underline{654,96\ \text{Kč}}$  (Částka, kterou v průměru zaplatí obyvatele jednoho bytu za měsíc v rekonstruovaném domě)

### Výsledek:

$2\ 034,59 - 654,96 = \underline{1\ 379,63\ \text{Kč}}$  (V průměru ušetří jedna domácnost v rekonstruovaném domě za měsíc)

Pokud bychom chtěli srovnat, za jak dlouho by obyvatelé domu sami zaplatili instalované zařízení, pak:

$$\underline{2\ 047\ 327 / 6\ 312,83 = 324,31\ \text{měsíců} = 27\ \text{let.}}$$

Jak již z výsledků vyplývá, obyvatelé rekonstruovaného domu zaplatí v průměru přes tisíc korun méně než obyvatelé starého domu. Tento výsledek nemohl být dosažen jiným způsobem, než kompletním zateplením obecního domu v Nedakonicích a jeho následným vybavením *tepelným čerpadlem a solárními panely*.

## 6) FOTODOKUMENTACE

*Obr. 4: Starý dům v Uherské Hradišti*



*Obr. 5: Rekonstruovaný dům v Nedakonicích*



*Obr. 6: Elektrorozvodna s elektroměři*



*Obr. 7: Kompresor vyhánějící TUV do vyšších pater*



Obr. 10: Tepelné čerpadlo



Obr. 11: Akumulační nádrž na TUV



## 7) ZDROJE

- 1) Energetický audit rekonstruovaného domu.
- 2) Smlouvy s firmami dodávající tepelné čerpadlo a solární kolektory.
- 3) Faktury za plyn a elektřinu.
- 4) Schémata byla stažena z CD od RNDr. Miroslava Kučery týkajících se OZE



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **VZDUCHOVÁ DRÁHA**

**Radim Laga**

Gymnázium J.A.Komenského a JŠ s právem SJZ Uherský Brod  
Komenského 169, Uherský Brod

**Vzduchová dráha** je zařízení, které demonstruje experimenty z oblasti mechaniky, nejčastěji přímočaré pohyby. Celý tento projekt vznikl někdy na podzim roku 2005. Dráha se dříve připojovala k počítači IQ-151 pomocí speciálního rozhraní. Bohužel počítač IQ-151 je silně zastaralý stroj a dnes se již nepoužívá. Takže bylo nutné postavit rozhraní, které by dokázalo připojit dráhu k dnešnímu osobnímu počítači.



Obr. 1 Vzduchová dráha k demonstraci přímočarých pohybů



**Výsledkem** mělo být vytvoření zařízení, které umožnilo připojit vzduchovou dráhu k počítači přes sériový port a komunikaci s ním. Na počítači pak běžel obslužný program, který zpracovával data získané z dráhy a vykresloval patřičný graf pohybu a zapisoval hodnoty do tabulky.

Ovšem toto řešení se ukázalo jako velice nešťastné, protože mezi krabičkou interfacu (zařízení umožňující komunikaci dráhy s počítačem) a samotnou dráhou vedlo mnoho kabelů. Další nevýhoda byla potřeba externího napájení ze sítě a pak ještě problém dělala občasná absence sériového portu na počítači (např. na notebook se již nedává). Proto vznikl tento projekt, který má za úkol vytvoření nového interfacu (menších rozměrů), který bude možné připojit na USB rozhraní a napsání nového ovládacího softwaru pro Windows.



Obr. 2 Osazený a otestovaný interface

**Záměrem a cílem práce** byl návrh a konstrukce rozhraní, které propojí vzduchovou dráhu s počítačem a napsání potřebného ovládacího softwaru. Pohyb vozíku je snímán soustavou čidel a pak je programem vyhodnocen.

Jezdec vozíku, který jezdí po vzduchové dráze, přerušuje paprsky celkem šesti optozávora a elektronika uvnitř dráhy tyto impulsy vyhodnocuje a dále je posílá do počítače. Program na počítači je zpracuje a vyhodnotí.

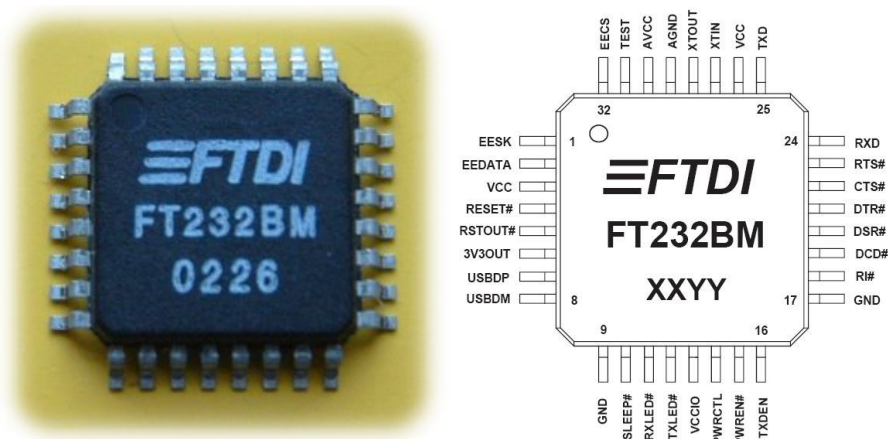
**Největšího úspěchu** bylo dosaženo v miniaturizaci celého rozhraní, které propojuje počítač se vzduchovou dráhou. Díky použití sběrnice USB je celé zařízení napájeno z počítače, takže již další kabely nejsou potřeba a zařízení je velice jednoduché k užívání. Ovládací software je jednoduchý a obsahuje mnoho funkcí, které může uživatel využít (např. tisk grafu pohybu).

**Přínosem práce** je to, že se vzduchová dráha už několik let nepoužívala, protože se nedala připojit na stávající počítače. Tato práce její osud změnila. Pomocí hardwarového rozhraní lze opět dráhu připojit k počítači a provádět na ní pokusy. Celkově tato práce dopadla velice dobře a vypadá na docela profesionální úrovni, co se hardwaru a programu týče. Tento přístroj se opět zařadil do výuky fyziky. Pokud se osvědčí při používání na naší škole, mohli by i ostatní školy, které vlastní tuto pomůcku, využít této modifikace, aby jejich demonstrační pomůcka byla opět plně funkční.

**Pro snímání průjezdu jezdce** po celé dráze je určeno 6 optozávora (soustav LED dioda + fototranzistor) v jednotlivých rozezstupech o délce 30 cm. Jako zdroje světla původně sloužily malé žárovky, já jsem se je rozhodl nahradit vysoce svítivými bodovými LED diodami. Ušetří se tak nejen energie přenášená po vodičích, ale také jejich životnost je přímo nekonečná (vzhledem k používání dráhy) a také svítí přesně na čidlo a ne všemi směry. Jako optická čidla jsou použity původní fototranzistory, se kterými jsem nic neprováděl. Jsou to fototranzistory s typovým označením KPX81.

Z jednotlivých fototranzistorů je výstupem analogový signál, který je bohužel mikrokontrolérem nezpracovatelný. Je proto použit jednoduchý AD převodník. Pro tuto činnost jsem zvolil šestinásobný Schmittův invertor 74LS14. Tento obvod (bez dalších součástek) převádí analogové signály z fototranzistorů na digitální impulsy.

Dále jsem použil obvod od firmy FTDI s typovým označením FT232BM, který převádí USB rozhraní na sériovou komunikaci. Tento obvod vyrábí firma FTDI Chip. Jejím autorizovaným distributorem je v České republice firma ASIX s.r.o. . Obvod pracuje jako obousměrný jednočipový převodník USB UART. Jednoduše řečeno. Na jedné straně je obvod připojený na USB sběrnici jako každé jiné USB zařízení a na druhé straně je plnohodnotná sériová linka. Za poměrně nízkou cenu (kolem 120Kč) lze připojit jakékoliv zařízení k USB sběrnici.



Obr. 3 Fotografie obvodu FTDI a rozložení vývodů

**Jádrem celého interfacu** je jednočipový mikrokontrolér ATtiny2313. Program je velice jednoduchý. Pouze zaznamenává časové údaje ve 24-bitovém rozlišení a komunikuje s programem v počítači, který mu dává instrukce.

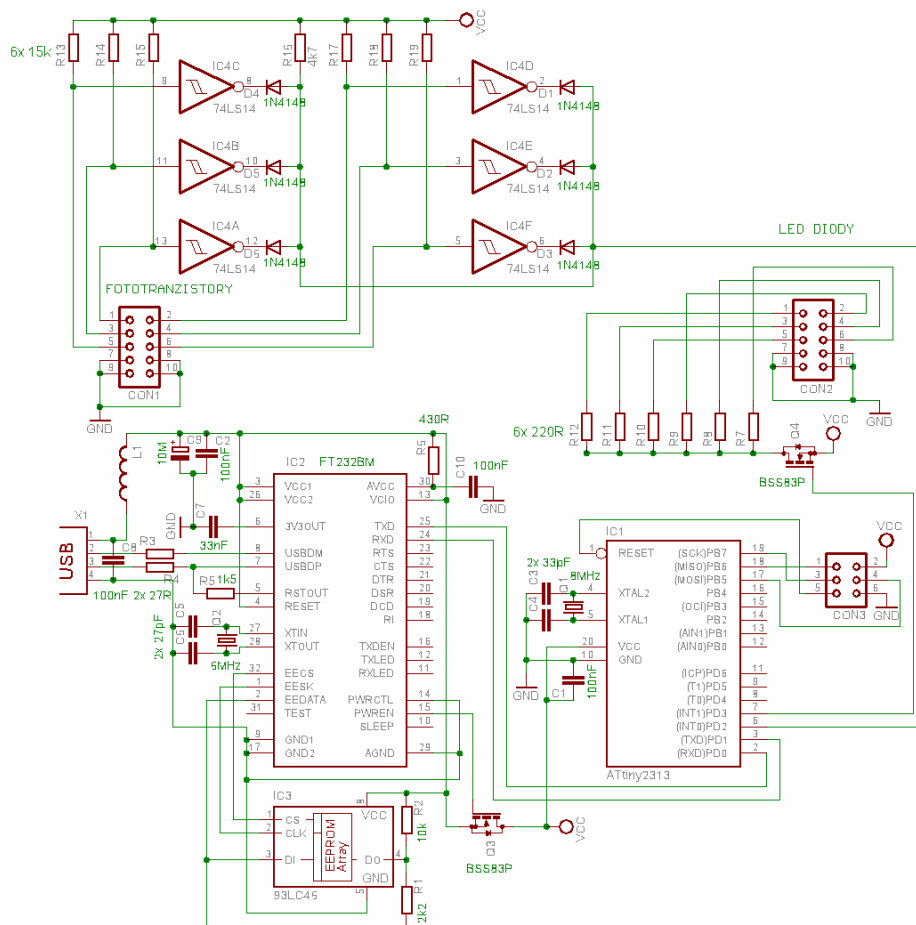
K počítání časových údajů využívá integrovaný časovač, který se řídí podle kmitočtu krystalového oscilátoru. Tento způsob je vysoce efektivní, protože frekvence krystalového oscilátoru je velice přesná.

Protože pracovní registry jednočipu nemají dostatečně velké místo pro ukládání 24-bitových časových údajů, tak je využita jeho integrovaná SRAM paměť.

Program má dva režimy. První režim je pro jednoramenného jezdce (celkem 5 časů) a druhý režim je pro dvouramenného jezdce (celkem 11 časů).

Jednočip komunikuje s počítačem rychlostí 38400bps (baudů za sekundu), což je dostatečně velká rychlost pro odeslání 15 bajtů (1. režim) nebo 33 bajtů (2. režim).

Zdrojový program je dlouhý něco přes 500 řádků a je celý napsán v AVR Assembleru.



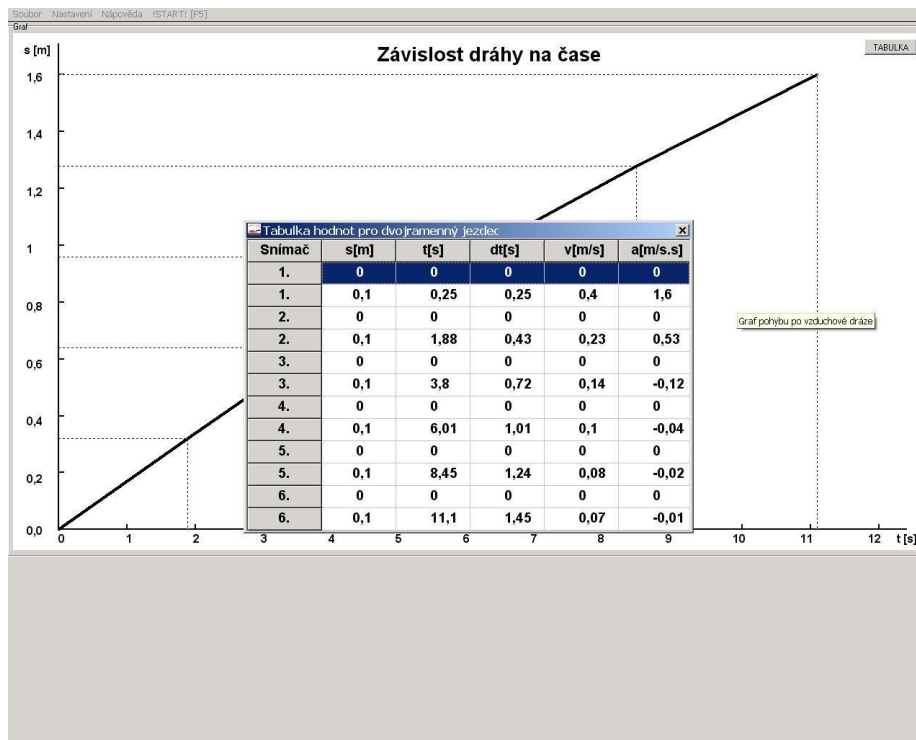
Obr. 4 Celkové schéma zapojení interfacu

**Zapojení interfacu** je na obrázku 4. Při normálním stavu, tj. jezdec se nenachází na žádném snímači, jsou fototranzistory otevřené a uzemňují vstupy převodníku. Dalo by se předpokládat, že na výstupu z převodníku bude tedy logická nula. Není tomu tak, protože je obvod 74LS14 obsahuje také invertor, takže signály jsou invertované. Na výstupu v klidovém stavu se tedy nachází logická jednička.

Tento stav trvá do té doby, dokud jezdec neprojde některým ze snímačů, pak se stav na vstupu převodníku změní na logickou jedničku a na výstupu bude po invertování logická nula. Rezistory R13-19 slouží jako pull-upy, tzn. že „zdvíhají“ vstup převodníku v případě, že jezdec projíždí kolem snímače.

Cívka L1 tohle rušení eliminuje a zároveň chrání i počítač, protože rušení může být obousměrné, tj. zařízení připojené na USB sběrnici by mohlo rušit počítač.

LED diody na samotné dráze jsou zapojeny přes rezistor 220R (každá zvlášť) na mosfetový tranzistor BSS83P. Zkoušel jsem použít i obyčejný PNP tranzistor, ale jeho úbytek napětí je příliš velký, takže diody moc nesvítily (nevyšlo to ani snížením hodnot předřadných rezistorů).



Obr. 5 Okno programu v módu pro dvouramenný jezdec

1. Sloupec „s[m]“ ukazuje dráhu, kterou vozík urazil mezi rameny přerušovače.
2. Sloupec „t[s]“, zde je zapsán čas od začátku měření, nikoliv  $\square t$ !
3. Sloupec „dt[s]“ znázorňuje čas  $\square t$ . Je to doba, za kterou vozík urazil dráhu mezi rameny přerušovače.
4. Ve sloupci „v[m/s]“ je zapsána „okamžitá“ rychlost u jednotlivých snímačů, která je vypočítána ze vztahu  $v = \Delta s_2 / \Delta t$ , kde  $\Delta s_2$  je vzdálenost mezi rameny přerušovače a  $\Delta t$  se získá z časových prodlev mezi jednotlivými impulsy (tyto časové údaje počítá mikrokontrolér).
5. Ve sloupci „a[m/s.s]“ je zapsáno zrychlení mezi jednotlivými snímači (lze vyčíst, zda vozík zpomaloval či zrychloval).

**Závěrem** bych chtěl podotknout, že největšího úspěchu bylo dosaženo v miniaturizaci celého zařízení. Celý interface je zabudován uvnitř dráhy (resp. snímací tyče), na které je jeden jediný konektor pro připojení USB kabelu. Jako USB kabel je použit obyčejný kabel k tiskárně, který je běžně dostupný v každé prodejně s výpočetní technikou.

Díky použití USB sběrnice je celé zařízení napájeno z počítače, takže další přístroje k jeho funkci již nejsou potřeba.

Ovládací program byl kompletně navrhnout a napsán od začátku. Výsledný graf je velký a přehledný. Ovládací program běží ve fullscreen módu, takže je využita celá plocha monitoru.

Do budoucna lze program rozšířit o další funkce, například pro měření jiných pohybů (kmitavý pohyb kyvadla, tělesa na pružině, volný pád, atd.).

# MCP - MODE CONTROL PANEL

Petr Louman

**Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola  
Karla IV. 13, 531 69 Pardubice**

V této práci je popsán návrh Mode Control Panelu ve stylu Boeingu 737 nové generace pro ovládání letounů v programu Microsoft Flight Simulator 2004. Zařízení obsahuje ovládání tlačítka, enkodéry a přepínači se zobrazením hodnot na sedmsegmentových LED displejích.

V současné době je každé dopravní letadlo vybaveno funkcí autopilota. Jednodušší autopilot ovládá 2 osy (výškové kormidlo, křídélka), složitější autopilot ovládá 3 osy (výškové kormidlo, křídélka, plynové páky). Boeing 737 je opravní letoun disponující pokročilou avionikou - systémem, umožňujícím pilotáž s maximálním využitím automatizovaných úkonů. Tento systém se nazývá **Mode Control Panel** (Autopilot). MCP je schopen řídit letoun horizontálně, vertikálně a tah motorů. Skládá se z několika systémů.

Návrh MCP byl použit ze schéma FSBUS kompatibilního s programem Microsoft Flight Simulator 2004. Provedení, konstrukce a funkce záleží na volbě každého. V základu se nabízí 3 druhy desek plošných spojů:

## a) COM

Tato deska zpracovává signály z/do PC a posílá je do dalších desek v závislosti na jejich použití. Zároveň zajišťuje napájení ze síťového stejnosměrného zdroje in ~230 V/50 Hz, out =5 V/3 A. Komunikace COM - PC probíhá přes klasický sériový kabel RS232.

## b) IO – Input Output

Srdcem IO desky je procesor ATMEGA8535 řídicí příkazy tlačítek, otočných voličů a LED diod. Je možné na ni připojit až 64 klasických tlačítek (v případě enkoderů majících více kontaktů se počet snižuje) a 16 LED diod (indikující stavy módů autopilota).

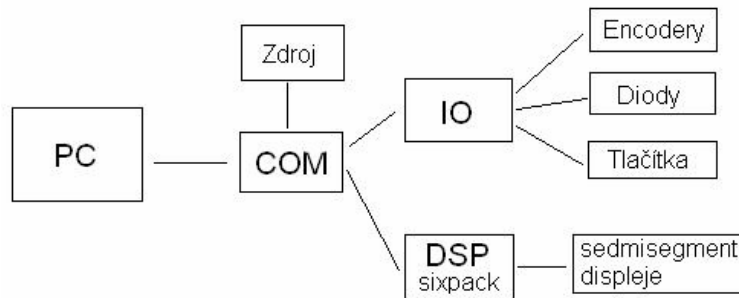
## c) DSP – Display

DSP je realizována jako tzv. sixpack. To znamená, že obsahuje 6 bloků, ke každému z nich se dá připojit 6 7-mi segmentových displejů (použit se dají jak se společnou katodou tak i se společnou anodou), každý z těchto bloků je řízen integrovaným obvodem ATTINY2313.

Prvky:

- 7-mi segmentové displeje
- softwarově řízená desetinná tečka
- softwarově řízený jas
- řízení jasu pro určité zařízení
- battery fail simulace (power off)

Tyto displeje zobrazují navolené hodnoty autopilota (course - 3 7-mi segment. displeje, speed - 3 displeje, heading - 3 displeje, altitude - 5 displejů, vertical speed 5 displejů).



Obr. 1: blokové schéma zapojení desek

Mode Control Panel i jeho funkce jsou realizovány ve stylu Boeingu 737.  
Výčet a popis módů autopilota:

**1 - COURSE SELECTOR** - otočný volič pro zadání kurzu, zobrazí se v číselníku: COURSE DISPLAY. Zde se zadává žádaný kurz, kterým se má letět k/od (TO/FROM) příslušnému VOR majáku / lokalizéru. Tzn. že v případě přiblížení zde bude CRZ příslušné dráhy, na které se bude přistávat.

**2 - FLIGHT DIRECTOR SWITCH** - přepínač aktivuje/deaktivuje "letového ředitele" tzn. zobrazení dvojice "příkazových lišt" na PFD (promítnuté přímo na "umělý horizont" fialovou barvou).

**3 - AUTOTHROTTLE ARM SWITCH** - přepínač aktivuje / deaktivuje automatické ovládání tahu motorů. Indikace režimu: na PFD.

**4 - SPEED MODE SWITCH** - tlačítko funkce automatického udržování dopředné rychlosti letounu na hodnotě, zobrazené v číselníku IAS / MACH DISPLAY. Pozn. AUTOTHROTTLE ARM SWITCH ( 3 ) musí být v poloze "A/T ARM" . Aktivuje se automaticky, pokud se aktivuje: ALT HOLD, V/S, G/S

**5 - SPEED SELECTOR** - otočný volič k zadání hodnoty pro funkci automatického udržování dopředné rychlosti letounu - zobrazí se na IAS / MACH DISPLAY a aktivuje tlačítkem SPEED MODE SWITCH ( 5 ).

**6 - LVL CHANGE SWITCH** - provede změnu výšky letu na hodnotu, zadanou do ALTITUDE DISPLAY při dodržení rychlosti, zadané v IAS / MACH DISPLAY. To znamená, že při použití této funkce bude letoun stoupat / klesat na novou letovou hladinu při zachování zadané dopředné rychlosti letounu. Rychlost stoupaní / klesání (ft / min) tedy bude zvolena právě s ohledem na zachování dopředné rychlosti. Je to přesný opak funkce

VERTICAL SPEED, která udržuje zvolenou rychlost stoupání / klesání bez ohledu na dopřednou rychlost letounu.

**7 - HEADING MODE SWITCH** - tlačítko aktivuje let podle kurzu, zadaného HEADING SELECTOR (10) a zobrazeného na HEADING DISPLAY. Pokud je zároveň s HDG navolena také funkce VOR/LOC (13) nebo APP (14), dojde v okamžiku její aktivace k vypnutí režimu HDG (např. pokud letoun při přiblížení protne paprsek lokalizéru a začne se otáčet do osy dráhy, HDG se automaticky vypne).

**8 - HEADING SELECTOR** - otočný volič kurzu HDG, zvolená hodnota se zobrazí na HEADING DISPLAY a aktivuje se HEADING MODE SWITCH (7)

**9 - VNAV MODE SWITCH** - tlačítko vertikální navigace - využitelné pouze s FMC, ve kterém musí být naprogramován letový plán

**10 - LNAV MODE SWITCH** - tlačítko horizontální navigace - využitelné pouze s FMC, ve kterém musí být naprogramován letový plán

**11 - VOR LOC MODE SWITCH** - tlačítko aktivuje funkci VOR / LOC (horizont. navigace s pomocí VOR radiomajáku - NAV rádia)

**12 - APPROACH MODE SWITCH** - tlačítko umožňuje přiblížení s využitím ILS (LOC, GS - horizontální a vertikální navigace pomocí radiomajáků - NAV rádia)

**13 - ALTITUDE HOLD SWITCH** - tlačítko aktivuje udržování výšky na hodnotě aktuální v okamžiku jeho použití

**14 - VERTICAL SPEED** - provede změnu výšky letu na hodnotu, zadanou do ALTITUDE DISPLAY při dodržení rychlosti stoupání (ft/min) bez ohledu na dopřednou rychlost letounu. Jedná se o přesný opak funkce LEVEL MODE CHANGE, která volí rychlost stoupání/klesání (ft/min) s ohledem na zachování dopředné rychlosti letounu (kts). Pokud funkce není aktivní, displej VERTICAL SPEED DISPLAY není prosvícen.

**15 - AUTOPILOT ENGAGE SWITCHES (ALL COMMAND MODES - CMD)** - tlačítka pro aktivaci 2 jednotek autopilota: A a B. Při autolandu (automatickém přistání) lze použít obou jednotek autopilota současně - A + B. Autopilot pracuje v aktivním módu (působí na serva řízení).

**16 - AUTOPILOT DISENGAGE** - deaktivuje autopilota

**17 - ALTITUDE SELECTOR** - otočný volič pro zadání hodnoty (výšky / letové hladiny) do ALTITUDE DISPLAY ve ft

**18 - VERTICAL SPEED DN/UP SWITCH** - otočný volič pro zadání hodnoty pro rychlost stoupání / klesání ve ft/min

**COURSE DISPLAY** - číselník kurzu - zobrazuje hodnoty, zadané COURSE SELECTOR (1)

**IAS / MACH DISPLAY** - zobrazuje hodnotu rychlosti, zadanou SPEED SELECTOR (6), neprosvícený, pokud je aktivní režim VNAV (rychlost řízena FMC)

**HEADING DISPLAY** - zobrazí hodnotu kurzu HDG, zadanou HEADING SELECTOR (10)

**ALTITUDE DISPLAY** - zobrazuje zvolenou letovou hladinu, zadanou ALTITUDE SELECTOR ( 22 ). Zde zadaná hodnota má až na výjimky přednost před hodnotou v FMC

**VERTICAL SPEED DISPLAY** - zobrazuje hodnotu stoupání / klesání ve stopách / min., zadanou ve VERTICAL SPEED SWITCH ( 16 )

Indikace probíhá na PFD (Primary Flight Display) který se v simulátoru nachází před kapitánem a prvním důstojíkem.



Obr. 2: Model Control Panel





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **ANALÝZA ZVONU**

**Aneta Neubauerová, Jana Hejlová**

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola  
Studentská 1, Žďár nad Sázavou

### **1. ÚVOD**

Projekt byl vytvořen ve spolupráci s firmou ŽĎAS a. s. Žďár nad Sázavou. Je zaměřen nejen na výrobu zvonů, ale i na využití moderních počítačových technologií v této oblasti. Zvon byl odlit v roce 2006 k výročí 55 let Střední průmyslové školy ve Žďáře nad Sázavou a ke stejnému výročí zahájení provozu ve firmě ŽĎAS. Obdobný zvon byl odlit i před pěti lety. V práci popisujeme nejen staré technologie výroby zvonů (které se stále dodržují), ale také moderní současné postupy. To se týká nejen slévárenské části, ale také výpočetních metod.

**Projekt se skládá z následujících částí:**

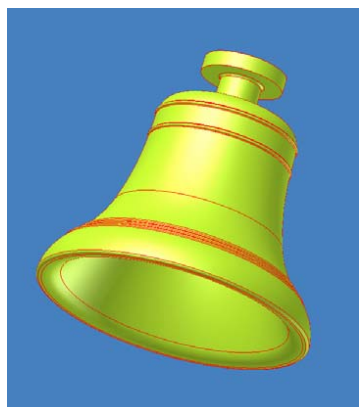
- a) **Historie** výroby zvonů
- b) Návrh tvaru zvonu v **CAD** programu UNIGRAPHICS
- c) **Vizualizace proudění** oceli ve formě programem MAGMASoft
- d) Počítačová **vizualizace chladnutí** zvonu ve formě programem MAGMASoft
- e) Popis **technologie výroby** zvonu
- f) **Počítačová simulace deformací a napětí** zvonu při úderu srdce (FEM)
- g) **Akustická analýza** – výpočet vlastních frekvencí a tvarů zvonu (FEM)
- h) **Měření akustiky zvonu** – **frekvenční analýza**

První dva zvony byly ve Žďárských slévárnách a strojárnách odlity při příležitosti zahájení výroby v srpnu roku 1951. Byly odlity z oceli na odlitky a jeden z nich je dodnes na zvonici kostela v obci Křižánky. Slévárny se k odlévání zvonů vrátily v roce 2001, kdy bylo odlito osm zvonů k výročí 50 let zahájení výroby ve firmě. Od té doby se na základě požadavků obcí odlilo několik dalších ocelových zvonů.

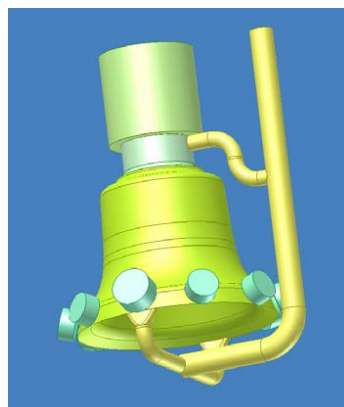
### **2. ŘEŠENÍ**

#### **2.1. KONSTRUKCE ZVONU**

Konstrukce byla navržena CAD programem UNIGRAPHICS. Vychází z tvaru starých zvonů českého zvonáře Vavřince Kříčky z Bítvyšky, který žil v 16. století n. l. Takto získaná geometrická data se využila nejen při vlastní výrobě polystyrénového modelu zvonu a jaderníku, ale také pro další počítačové simulace a výpočty. Proto nebylo potřeba kreslit a tisknout klasické výrobní výkresy. Na Obrázku 1 je 3D model zvonu, na Obrázku 2 je 3D model slévárenské technologie (zvon, vtoková soustava a chladítka).



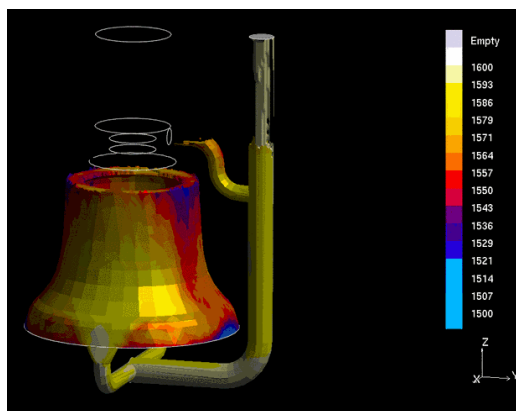
**Obrázek 1:** 3D model zvonu



**Obrázek 2:** 3D model surového odlitku

## 2.2. SIMULACE PLNĚNÍ FORMY

Při odlévání je třeba sledovat správné plnění formy. Tím se zajišťuje minimalizace špatných odlitků, vznikajících například z důvodu nezatečení, staženin apod. Proto se nasazují výkonné počítačové programy pro tuto simulaci. Simulace probíhá jako video a je možno podrobně sledovat podmínky plnění formy a měnit vstupní parametry lití (například rychlost plnění vtokového kanálu). Pro tuto simulaci jsme využili software MAGMASoft. Výsledkem je simulace odlévání, ukázka je na Obrázku 3.

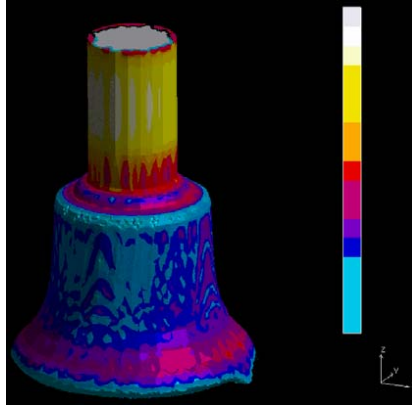


**Obrázek 3:** Simulace plnění slévárenské formy

## 2.3. SIMULACE CHLADNUTÍ

Další významnou částí přípravy odlévání je simulace chlazení odlitku ve formě. Touto simulací se posuzuje rychlost chlazení jednotlivých částí odlitku a možnost vzniku vad (staženiny, řediny, zákalky apod.). Opět se mohou měnit podmínky chlazení ještě před vlastním odléváním, například formovací materiál, chladítka atd. U odlévání zvonů je doba

chladnutí velmi důležitá, protože při rychlém chladnutí, nebo předčasném vytažení zvonu z formy, může dojít k jeho deformaci, nebo prasknutí. Pro tuto simulaci se opět využil software MAGMASoft. Ukázka ze simulace chladnutí je na Obrázku 4.



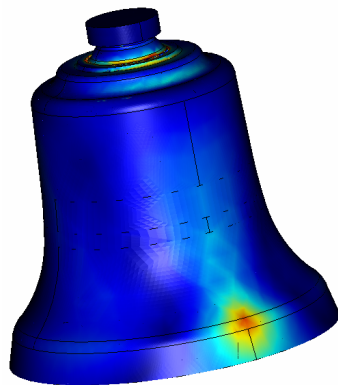
**Obrázek 4:** Simulace chladnutí odlitku ve formě

#### 2.4. POPIS TECHNOLOGIE VÝROBY ZVONU

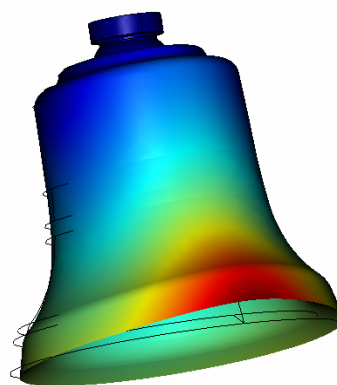
V této části práce je textový a obrázkový podrobný popis přípravných prací (výroba polystyrénového modelu zvonu, jaderníku, ozdob atd.). Pro rozsáhlost této kapitoly odkazujeme na [www.spszr.cz](http://www.spszr.cz), kde je možno celou práci získat.

#### 2.5. POČÍTAČOVÁ SIMULACE DEFORMACÍ A NAPĚTÍ

Při úderu srdce zvonu na věnec zvonu dochází k dynamickému působení, které vede ke vzniku napětí a k deformaci zvonu. Tyto výpočty jsme provedly pomocí MKP (FEM) programem COMSOL Multiphysics. Na Obrázku 5 je příklad rozložení napjatosti, na Obrázku 6 je příklad deformace zvonu. Obdobně se zjistily i vlastní frekvence zvonu a k nim příslušné tvary. Opět pro rozsáhlost odkazujeme na [www.spszr.cz](http://www.spszr.cz), kde jsou barevné výstupy výpočtů, které je možno analyzovat. Je možno určit a vyhodnotit napětí, které by mohlo vést k poškození zvonu a tím předejít jeho poškození – prasknutí.



**Obrázek 5:** Napjatost ve zvonu



**Obrázek 6:** Deformace zvonu při úderu

### **2.6. AKUSTICKÁ ANALÝZA**

Poslední částí práce je analýza zvuku zvonu. Jejím záznamem a rozborem je možno posuzovat zvuk podle obsažených frekvencí (tónů) a jejich amplitud. Je to jakási výstupní kontrola zvonu, která může být opět simulována softwarem, nebo měřena na vyrobeném zvonu. Výsledky opět v tištěné práci, nebo na [www.spszt.cz](http://www.spszt.cz).

### **3. ZÁVĚR**

Práce ukazuje aplikace moderních počítačových metod na výrobku, který má více než tisíciletou výrobní tradici. Je ukázkou komplexního nasazení ICT od designu, přes přípravné technologické práce až po výstupní kontrolu – analýzu zvuku.

### **REFERENCES/LITERATURA**

- [1] MANOUŠEK, Petr. Zvonařství. Praha: Grada Publishing, 2006.  
ISBN 80-247-1294-6.
- [2] Internetové zdroje na URL <http://www.comsol.com> a <http://www.humusoft.cz>
- [3] Dokumentace k softwaru (Unigraphics, MAGMAsoft, COMSOL Multiphysics)

# STUDIE PŘÍSTAVBY KNIHOVNY B.B.BUCHLOVANA

Miroslav Dvouletý  
SOŠT Mojmír 747, 686 06 Uherské Hradiště

## ÚVOD

V předložené soutěžní práci je řešen návrh přístavby ke stávající knihovně a terénní úpravy přilehlého okolí včetně parkovacích míst a komunikací. Jedná se o samostatný objekt, který má rozšířit stávající nedostatečnou kapacitu knihovny umístěné v bývalé synagoze. Novostavba by měla vyplňovat stavební proluku mezi bývalým Františkánským klášterem a stávající knihovnou.

Je zde řešeno provozní a komunikační propojení stávající budovy knihovny a navržené novostavby. Celý objekt je projektován jako bezbariérový, včetně přístupových komunikací. V současné době knihovní depozit obsahuje 27 000 svazků a oddělení pro dospělé čtenáře 46 000 svazků. Přístavba knihovny je navržena na kapacitu dalších 70 000 svazků. Dále zde bude k dispozici internetová knihovna s cca 20-ti místy. Hlavní předností navržené knihovny je netradiční moderní tvar objektu, který byl proveden tak, aby byl současně v souladu se stávající zástavbou. V návaznosti na přístavbu je umístěno parkoviště s kapacitou 8 parkovacích míst. Kolem parkoviště bude provedeno zatravnění, výsadba nízkých dřevin a osazení laviček.

Nová přístavba je uvažována z důvodů nedostatečných prostor. Vzhledem k tomu, že od roku 2007 je Uherské Hradiště univerzitním městem, naléhavě vzrostla potřeba rozšíření stávající knihovny. Požadavek zní navrhnout objekt moderní, v žádném případě ne v historizujícím stylu.

Práce je vypracována v rozsahu studie a je vypracována pomocí programu ArchiCAD 10.

## PRÁCE NA PROJEKTU

Vlastní zpracování projektové dokumentace je provedeno pomocí grafických programů ArchiCAD 10 a Art\*Lantis studio. Soutěžní práce se skládá ze dvou částí - části výkresové a části textové.

Návrh vychází z požadavků daných vedoucím odboru architektury, územního plánování a regionálního rozvoje Uherské Hradiště panem Ing.Arch. Alešem Holým. K dispozici byly také dány mapové podklady, letecký snímek území a orientační půdorysy a pohledy stávající knihovny. Hlavní důraz byl kladen na hmotové řešení objektu. Vlastní dispoziční řešení vychází z požadavků od ředitele Knihovny BBB pana Radovana Jančáře, a uplatnění norem týkajících se dané problematiky.

Projekt nově navrženého stavu obsahuje půdorysy 1.NP, 2.NP, 3.NP, řez schodištěm a 3D pohledy. Vše je vypracováno v měřítku 1:100. Dále byl vytvořen situační plán v měřítku 1: 500. Tyto výkresy jsou ještě doplněny fotozobrazením. Tisk výkresů pro soutěž je z měřítka, tak aby se vešel na formát A2.

## DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Celkový půdorysný tvar vychází původně z dvanácticípé hvězdice se seříznutými rohy.

Přístavba Uherskohradištské knihovny Bedřicha Beneše Buchlovana je zasazena do proluky mezi bývalou židovskou synagogou, tedy stávající knihovnu, a bývalým Františkánským klášterem. Rokem 2006 se stalo město Uherské Hradiště univerzitním městem. Současná synagoga od začátku není zcela vyhovující ve funkci okresní knihovny, má nedostatek prostoru pro nové svazky, chybí dostatečně dimenzovaná a vhodně umístěná studovna. Rovněž v knihovně chybí přednáškový sál. Tento problém je řešen pomocí přístavby.

Objekt má 3 podlaží různých půdorysných tvarů.

První nadzemní podlaží je tvarově řešeno jako kruh s odskoky (dvanácticípá hvězdice se seříznutými rohy), tudíž tvoří část ozubeného kola.

Druhé nadzemní podlaží se skládá z kruhů různých poloměrů a různých délek zdí.

Třetí nadzemní podlaží bylo řešeno jako část kruhu s jedním poloměrem ukončeným z východní strany rovnou zdí.

Hlavní vchod do areálu knihovny je umístěn na východní stranu. Vstup je řešen přes předsažené schodiště nebo pomocí rampy pro tělesně postižené občany. Při vstupu do objektu projdeme vstupními dveřmi, které jsou zasazeny do prosklené stěny, za dveřmi se nachází zádveří. Po průchodu zádveřím se ocitneme ve vstupní hale, která není oddělena od knihovni části. V pravé části vstupní haly vedle vstupu do objektu se nachází šatna. Šatní část je oddělena od ostatních prostor zástěnou z luxfer. Uvnitř šatny jsou příčky výšky 1800mm s háčky. Na levé straně se nachází veřejné toalety- pánské, dámské a pro osoby tělesně postižené. Všechny toalety mají svoji předsiňku s umyvadly. Hlavním komunikačním prostorem je vnitřní výtah a vřetenové schodiště kolem něj. Pro přepravu svazků a materiálu je navržen nákladní výtah. Cca 80

Druhé nadzemní podlaží se také dělí na část, která je přístupná pouze pro zaměstnance a na část, která je přístupná veřejnosti. Ve veřejné části se nachází občerstvovací stoly, které jsou umístěny zároveň i na lodžii ve vnějších prostorách přístupných z knihovni části. K této části patří také skladová místnost odpovídající druhu provozu. Součástí tohoto podlaží je také přednáškový sál navržený pro cca 100 posluchačů. Dále jsou zde knihovni jednotky a 20 moderně vybavených počítačových stanic. Z těchto ploch vstupujeme do části pro zaměstnance. Zde se nachází dvě pracoviště. První pro 2 pracovníky oddělení aktivizace a zpracování knih a druhé pro 3 pracovníky oddělení aktivizace a zpracování knih. Tyto dvě části jsou od sebe odděleny příčkou s luxferami. Součástí INP je také kancelář síťového technika, z níž se vstupuje do místnosti se serverem. Dále se v tomto podlaží nachází regionální oddělení propojené s kanceláří pracovníka regionálního oddělení, samostatná kancelář vedoucího oddělení služeb. Tyto tři místnosti jsou přístupné také veřejnosti. V prostorech přístupných pouze zaměstnancům se nachází dále i kotelná se dvěma plynovými kotli a dvěma ohříváči teplé užitkové vody, toaleta pro zaměstnance a nákladní výtah.

Ve třetím nadzemním podlaží je nákladní výtah oddělený od knihovni prostor příčkami, vedle výtahu je z každé strany místnost pro skladování. Nákladní výtah a dvě skladovací místnosti ústí do chodbičky, ze které se vchází přímo do knihovni prostor. Součástí třetího nadzemního podlaží je i balkon.

## TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Vnější obvodové zdivo vnitřní nosné zdivo a zděné příčky jsou provedeny ze zdícího systému Porotherm. Nosné zdivo z porothermu doplňují ŽB monolitické sloupy. U vnitřních příček jsou z důvodu prosvětlení vloženy plochy z Luxfer.

Hlavním komunikačním prostorem je vnitřní výtah a vřetenové schodiště kolem něj. Propojení stávající knihovny a přístavby je navrženo proskleným koridorem. Do porothermové podezdívky jsou kotveny ocelové rámy, do kterých je osazena skleněná konstrukce.

Stropní konstrukce je tvořena ŽB monolitickou deskou, která je v místech lodžie vynesena přes vnější obvodové zdivo.

Základy přístavby jsou navrženy plošné - základové pasy, popřípadě základová deska.

Zastřešení celého objektu je provedeno pomocí dvou střešních rovin, které jsou v různých výškových úrovních. Skládají se z částí kopulí. Obě střešní roviny jsou tvořeny modrým dvojitým sklem osazeným do nerezových rámu tak, aby mezi skly vznikla mezera. V této mezeře bude v letním období nuceným oběhem proudit voda, chladicí střešní konstrukci a místnosti pod ní. Voda bude přiváděna mezi skla v nejvyšším místě střešní roviny a odváděna do konstrukce na niž je střešní rovina uložena. Dále zde bude zajištěno větrání klimatizačním zařízením, umístěným pod horní částí střešní roviny a v dolní části pod střešní rovinou. Stejným způsobem bude provedeno také druhé zastřešení. Voda bude přiváděna skrz zdivo výtahové šachty a odváděna v místech uložení střechy na obvodové zdivo. V zimních měsících se voda vypustí a vznikne nám tím zdvojená konstrukce skel, která je dostatečně tepelně izolační.

Vytápění je navrženo pomocí plynové kotelny umístěné dle požadavků v 2.NP.

## ŘEŠENÍ OKOLÍ PŘÍSTAVBY KNIHOVNY

Venkovní část je tvořena obousměrnou příjezdovou komunikací, která umožňuje příjezd na parkoviště až k zadnímu vstupu, k nájezdové rampě pro tělesně postižené občany. Celková kapacita parkoviště je 8 stání pro osobní automobily. V okolí parkoviště bude provedeno zazelenění, výsadba nízkých dřevin a rozmístění laviček pro odpočinek. Zeleň je navržena i pro využití veřejnosti. Hlavní vstup od obchodního domu Centrum bude pouze vydlážděným chodníkem ze zámkové dlažby.

## STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Vnější obvodové zdivo vnitřní nosné zdivo a zděné příčky jsou provedeny ze zdíciho systému Porotherm. Nosné zdivo z porothermu doplňují ŽB monolitické sloupy. U vnitřních příček jsou z důvodu prosvětlení vloženy plochy z Luxfer.

Hlavním komunikačním prostorem je vnitřní výtah a vřetenové schodiště kolem něj. Propojení stávající knihovny a přístavby je navrženo proskleným koridorem. Do porothermové podezdívky jsou kotveny ocelové rámy, do kterých je osazena skleněná konstrukce.

Stropní konstrukce je tvořena ŽB atypickou monolitickou deskou, která je v místech lodžie vynesena přes vnější obvodové zdivo.

Základy přístavby jsou navrženy plošné - základové pasy, popřípadě základová deska. Šířka základových pásů bude určena výpočtem.

Všechna okna a vnější dveře budou provedena jako kovová, atypická s tepelně izolační úpravou rámu a vyhovující tepelně-izolačním požadavkům. Vnitřní dveře jsou dřevěné do dřevěných obloukových zárubní a to buď typové nebo atypické.

Podlahy budou v celém objektu z keramických dlaždic určených pro těžkou zátěž.

Zastřešení celého objektu je provedeno pomocí dvou střešních rovin, které jsou v různých výškových úrovních. Skládají se z částí kopulí. Obě střešní roviny jsou tvořeny modrým dvojitým sklem osazeným do nerezových rámu tak, aby mezi skly vznikla mezera. V této mezeře bude v letním období nuceným oběhem proudit voda, chladicí střešní konstrukci a místnosti pod ní. Voda bude přiváděna mezi skla v nejvyšším místě střešní roviny a odváděna do konstrukce na niž je střešní rovina uložena. Dále zde bude zajištěno větrání klimatizačním zařízením, umístěným pod horní částí střešní roviny a v dolní části pod střešní rovinou. Stejným způsobem bude provedeno také druhé zastřešení. Voda bude přiváděna skrz zdivo výtahové šachty a odváděna v místech uložení střechy na obvodové zdivo. V zimních měsících se voda vypustí a vznikne nám tím zdvojená konstrukce skel, která je dostatečně tepelně izolační.

Vytápění je navrženo pomocí plynové kotelny umístěné dle požadavků v 2.NP.

Klempířské prvky budou měděné. Veškerá zábradlí z broušené nerez oceli.  
Vzhledem k umístění objektu je napojení na inženýrské sítě bezproblémové.

## VÝZNAM A VYUŽITÍ PRÁCE

Projekt byl vypracován na základě požadavků ředitele Knihovny BBB pana Radovana Jančáře. Umístění stavby bylo konzultováno s Ing. Arch. Alešem Holým. Je sice otázkou, zdali se najde dostatek finančních prostředků pro realizaci tohoto díla.

Pokud by návrh byl zadavatelem vybrán, je možné práci využít pro další stupeň projektové přípravy. Zpracování je v elektronické podobě, tudíž jde o dokonalý podklad pro další projektování.

Pro autora samotného je tato práce obrovskou zkušeností, jak při návrhu dispozice tak složité občanské stavby, tak i tvorbě dokumentace. Nezanedbatelné jsou také zkušenosti s tvorbou fotozobrazení, výstupů a vlastní kompletací celé práce.

## ZÁVĚR

Záměrem práce bylo navrhnout objekt moderní, který splňuje funkční požadavky dané investorem. Požadavek městského architekta byl vyprojektovat stavbu v moderním stylu. S uspokojením můžeme konstatovat, že se podařilo ve velké míře vyhovět všem bodům zadání. Stavba má moderní vzhled, moderně řešený interiér a dispozičně se podařilo v maximální míře splnit veškeré nárokové požadavky.

## PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

(1) Krasický, A. (1971): Přehled typologie obytných a občanských staveb, 1.vydání, Brno, Ediční středisko VUT Brno, 238s. (2) Referenční příručka ArchiCADu 9 (2004), vyd. Grapisoft, 516s.

(3) Česká technická norma, Výkresy pozemních staveb - Kreslení výkresů stavební části, ČSN 01 3420, (2004), Český normalizační institut, 69s.

(4) <http://www.cegra.cz>

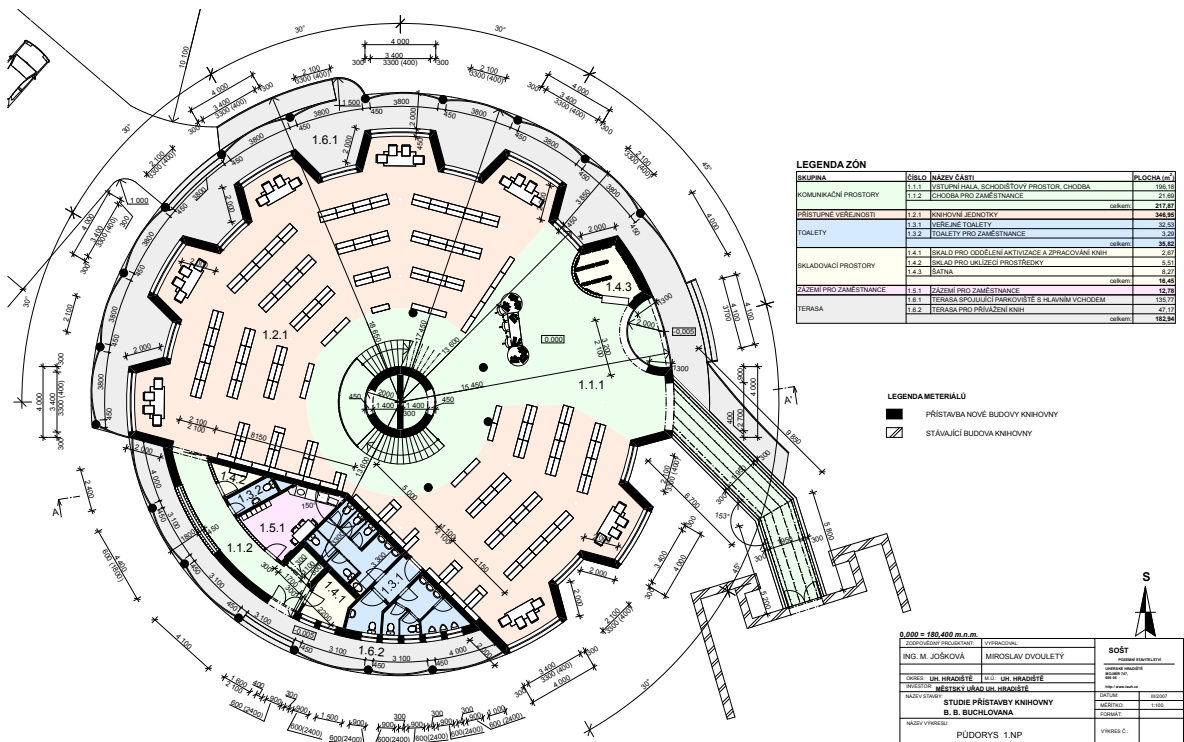
## PŘÍLOHY

### Poděkování

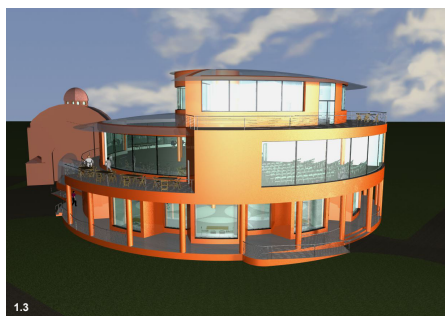
Děkuji paní Ing. Miroslavě Joškové za odborné vedení práce a koordinaci celého projektu. Dále děkuji panu Ing. arch. Alešovi Holému, vedoucí odboru architektury, územního plánování a regionálního rozvoje Uherské Hradiště, za poskytnutí územních podkladů a zhodnocení mé práce z hlediska architektonického pojetí a paní učitelce Ing. Marii Hrubošové za poskytnuté odborné rady z oblasti z programu Archicad .







Obrázek 2: PŮDORYS 1.NP



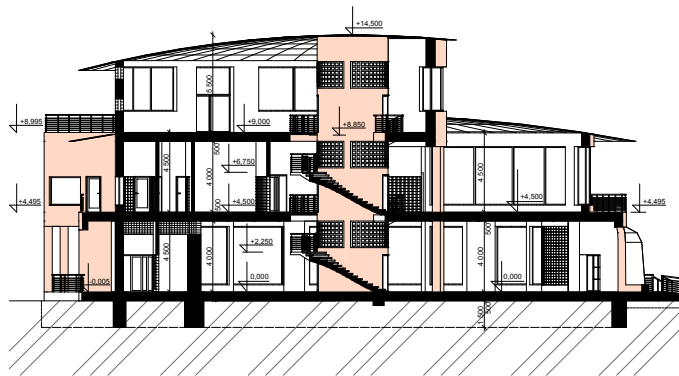
**LEGENDA POHLEDŮ**

- 1.1 POHLED OD AUTOBUSOVÉHO NÁDRAŽÍ
- 1.2 POHLED OD GYMNAZIA
- 1.3 POHLED Z HLAVNÍ POZEMNÍ KOMUNIKACE OD STARÉHO MĚSTA

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	VYPRACOVANÉ	<b>SOŠT</b>	
ING. M. JOŠKOVÁ	MIROSLAV DVOULÉTY	PROJEKČNÍ ÚSTAV	
ORGANIZACE	MÍSTO	ADRESA	TEL.
UH. HRADISTĚ	UH. HRADISTĚ	602 00	002227
NÁZEV STAVBY	MĚSTSKÝ ÚRAD UH. HRADISTĚ		DATA
	STUDIE PŘÍSTAVBY KNIHOVNY		MĚŘÍTKO
	B. B. BUCHLOVANA		POHLED
NÁZEV VÝKRESU	3D POHLEDY - 1	VÝKRES C.	

Obrázek 3: 3D POHLED

ŘEZ A-A'



LEGENDA MATERIÁLŮ

- REZANÉ KONSTRUKCE
- ▨ STÁVAJÍCÍ BUDOVA KNĚHOVNY

0,000 = 180,400 m.n.m.		KONSTRUKTOR:		SOŠT	
AUTOR: ING. M. JOŠKOVÁ		MĚŘÍŠKOVÁNÍ: MĚŘÍŠKOVÁNÍ		PROJEKČNÍ ÚSTAV	
OBJEKT: ÚJK. HRADISTE		STAVBA: ÚJK. HRADISTE		DOKUMENTACE	
MÍSTO: MĚSTSKÝ ÚJK. HRADISTE		STAVBA: ÚJK. HRADISTE		DOKUMENTACE	
NÁZEV VÝKRESU: STUDIE PŘÍSTAVBY KNĚHOVNY		B. B. BUCHLOVANA		DOKUMENTACE	
NÁZEV VÝKRESU: ŘEZ A-A'		VYKRESIL: VYKRESIL		DOKUMENTACE	

Obrázek 4: ŘEZ



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **HAVLÍČKŮV HYDE PARK**

**Petr Mikeska, Hana Hanychová, Iva Malinová, Veronika Benešová, Vít Čermák,  
Vít Kopecký, Šárka Ledvinková**

Střední průmyslová škola stavební akademika Stanislava Bechyně  
Jihlavská 628, Havlíčkův Brod

„Havlíček bude mít svůj Hyde park“ hlásaly titulky v novinách na začátku června tohoto roku. Již pár měsíců před tím nám zástupce školy Milan Pilař a brodský výtvarný umělec Radomír Dvořák nabídly spolupráci na monumentu, který jsme nakonec odhalily 31.10.2006 přesně v den 185. výročí narození Karla Havlíčka Borovského. Společně se spolužáky jsme celý červen pracovali na čtyřech sádrových formách. Postupně jsme navršily čtyři kvádry ze starých knih, každý kvádr poté dostal asi 15 centimetrů tlustý plášť složený z modelářské sádry a výztuží. Po ztvrdnutí se knihy vyndaly a formy se přes prázdniny nechaly vyschnout. Uprostřed října se do nich nalil pohledový beton, díky kterému jsou čitelné i nápisy na hřbetech knih. Každý segment má podstavu o rozměrech 0,6x0,6m a výšku 0,8m, takže celková výška sochy je asi 2,5 metru i s podstavcem.





## **Středoškolská technika 2007**

**Setkání a prezentace prací  
středoškolských studentů na ČVUT**

### **TERASOVÝ DŮM**

**Ondřej Tomšů**

Střední průmyslová škola stavební  
akademika Stanislava Bechyně  
Havlíčkův Brod, Jihlavská 628

Jedná se o stavbu rodinného domu, která se nachází v Havlíčkově Brodě. Dům byl navržen tak, aby splňoval veškeré požadavky dnešních norem a zároveň splňoval osnovu zadání. Dům je postaven z trvanlivých materiálů jako jsou například bloky od firmy YTONG, které tvoří nosnou konstrukci společně s betonovými prvky. Dále zde byly použity cihly klinker od firmy wienerberger, které tvoří společně s bloky sendvičovou konstrukci a ta nám zaručuje velmi dobré tepelné izolační vlastnosti domu a tvoří velice zajímavý pohled na dům. Sendvičová konstrukce zaručuje malý prostup tepla a tím pádem i malé náklady na vytápění, které jsou v dnešní době velice sledovány. Dům je situován tak, aby bylo co nejvíce využito slunečních paprsků. Právě proto je z větší části prosklený. Hlavní část je orientována na jiho-západ a tím dochází k příjemnému proslunění a prohřátí domu po celý rok. Dále bylo uvažováno o tom, že by v těsném sousedství domu byla vybudována tepelná čerpadla, která by pokryla částečnou tepelnou ztrátu domu. Dalším zajímavým prvkem je zelená střecha, která je umístěna nad garáží. Nejen, že zaujme svým vzhledem, ale také svou dobrou tepelnou izolací.

Dům je řešen jako třípatrový. V přízemí jsou umístěny technické místnosti s garáží, saunou a posilovnou. V dalším patře pak nacházíme dvě terasy, koupelnu, ložnice pro děti a rodiče. V posledním podlaží je umístěna zimní zahrada, obývací pokoj s jídelnou a kuchyní. Toto patro je kryto dvouplášťovou střechou, která by v případě požadavku šla vyměnit za zelenou. Nevýhodou domů podobného typu je nutnost schodiště, které ve stáří způsobuje problémy. A proto bylo v této budově navrženo nejen kulaté točité schodiště, ale i hydraulicky poháněný výtah, který nám umožní bezproblémový pohyb do jednotlivých pater. Zároveň byl dům navržen, tak aby byl i bezbariérový. V případě nutnosti lze posilovnu přebudovat na rehabilitační místnost.

Kapacita domu je maximálně šest osob. Osazení do terénu bylo vyřešeno, tak aby dům co nejvíce splynul s okolním, ale zároveň neztratil svůj osobitý styl.

1: pohled na dům



## ZOBECNĚNÍ MAXWELLOVÝCH ROVNIC DO ČTYŘROZMĚRNÉHO PROSTORU

VYPRACOVAL:  
*Výška Martin, sexta A*

**2007**

GYMNÁZIUM NAD ALEJÍ  
NAD ALEJÍ 1952, PRAHA 6

- 1 -



## ANOTACE

V této práci jsem se snažil popsat mechanismus zobecnění fyzikálních zákonů do čtyřrozměrného prostoru (prostoru se čtyřmi prostorovými dimenzemi) a následně jsem tento mechanismus použil na Maxwellovy rovnice a s nimi související zákony elektromagnetismu. První podkapitola druhé kapitoly má za úkol vysvětlit potřebnou problematiku vektorové analýzy, tenzorového počtu a speciální teorie relativity, konkrétně čtyřvektorů a zobecněných diferenciálních operátorů. Ve druhé podkapitole jsem shrnul základní informace o Maxwellových rovnicích ve 3-D, jejich význam, integrální a diferenciální tvar a poté vyjádření pomocí potenciálů. Konečně ve třetí podkapitole jsem popsal převedení Maxwellových rovnic do relativistického tvaru, který je nutný pro přidání dalšího prostorového rozměru. Ve třetí kapitole jsem rozšířil relativistické rovnice o jeden prostorový rozměr a následně odseparoval jejich časové a prostorové části. Poté jsem tyto nové rovnice porovnal s původními Maxwellovými rovnicemi. Na konci kapitoly uvádím nástin zobecnění do dalších rozměrů. Ve čtvrté kapitole jsem získané výsledky využil k odvození základních zákonů, jako jsou Coulombův a Biot-Savartův, ve čtyřrozměrném prostoru a jejich porovnání s těmito zákony, tak jak je známe. Tyto odvozené zákony jsem poté předvedl na jednoduchých příkladech, jako je např. tvar tenzoru magnetického pole v blízkosti nekonečně dlouhého vodiče ve čtyřrozměrném prostoru.

1. ÚVOD	
1.1.	Úvod ..... 4
1.2.	Poděkování ..... 4
1.3.	Přehled použitého značení ..... 4
2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY	
2.1.	Úvod do vektorového a tenzorového počtu ..... 5
a)	Vektorová analýza ..... 5
b)	Tenzory, pseudovektory ..... 7
c)	Zobecněné diferenciální operátory ve 4-D časoprostoru, čtyřvektory ..... 8
2.2.	Maxwellovy rovnice v trojrozměrném prostoru ..... 9
a)	Integrální a diferenciální tvar Maxwellových rovnic ..... 9
b)	Vyjádření Maxwellových rovnic pomocí potenciálů ..... 12
c)	Rovnice kontinuity pro náboj, pohybová rovnice ..... 13
2.3.	Relativistický zápis Maxwellových rovnic ..... 14
a)	Maxwellovy rovnice a tenzor elektromagnetického pole ..... 14
b)	Kalibrační podmínka, rovnice kontinuity pro náboj ..... 17
3. ZOBECNĚNÍ MAXWELLOVÝCH ROVNIC DO 4-D PROSTORU	
3.1.	Rozšíření v relativistickém zápisu ..... 18
a)	Rozšíření pomocí potenciálů a zobecněných rotací ..... 18
b)	Tvar tenzoru elektromagnetického pole ve 4-D ..... 19
3.2.	Separace časové a prostorové částí ..... 20
3.3.	Nástin zobecňování do dalších rozměrů ..... 22
4. APLIKACE ČTYŘROZMĚRNÝCH MAXWELLOVÝCH ROVNIC	
4.1.	Coulombův zákon ..... 23
4.2.	Magnetické pole ve čtyřech rozměrech, výpočet magnetického pole přímkového vodiče ..... 24
5. ZÁVĚR	
5.1.	Závěr ..... 28
6. SEZNAM LITERATURY	
6.1.	Seznam literatury ..... 29

# 1. ÚVOD

## 1.1. Úvod

Cílem mojí práce je seznámit čtenáře s Maxwellovými rovnicemi, které představují čtyři základní zákony elektromagnetismu. Chtěl bych je uvést v jejich diferenciální i integrální formě a poté ukázat, jak je lze převést do čtyřrozměrného prostoru (tzn. přidáním jednoho prostorového rozměru) a uvést hlavní rozdíly mezi těmito rovnicemi ve třírozměrném a čtyřrozměrném prostoru. Je to sice neaplikovatelné na náš vesmír, ale považuji to za zajímavé zobecnění, které by mohlo mít jisté využití. Z těchto čtyřrozměrných rovnic jsem poté odvodil analogie základních zákonů pro výpočet elektrického a magnetického pole jako je Coulombův zákon a Biot-Savartův zákon ve čtyřrozměrném tvaru. Poté bych chtěl ukázat aplikaci těchto odvozených vztahů na různých jednoduchých příkladech. V kapitolách jedna a dva je stručné shrnutí známých poznatků o Maxwellových rovnicích. Ve třetí kapitole pak začíná vlastní převod do 4-D prostoru. Pro pochopení práce je nutná znalost diferenciálního počtu.

## 1.2. Poděkování

Chtěl bych poděkovat studentovi MFF Janu Olšinovi, nejen za to, že u mě vzbudil zájem o toto téma, ale také za poskytnutou pomoc v průběhu psaní práce, která by bez něj zřejmě vůbec nevznikla.

## 1.3. Přehled použitého značení

Čtyřrozměrným prostorem myslím prostor, v němž má souřadnicový systém čtyři navzájem na sebe kolmé osy.

V celém textu budu pro vektorová pole psát místo  $\mathbf{A}(t, x_1, x_2, x_3, (x_4))$  pouze  $\mathbf{A}$  z důvodu úspory místa, kde osy  $ct, x, y, z$  jsou často značeny jako  $x_0, x_1, x_2, x_3$  a  $x_4$  značí čtvrtou prostorovou osu ve 4-D (čtyřrozměrném prostoru). Vektory jsou psány tučně, nebo s volným indexem, např.

$$A_i = (x_1, x_2, x_3, (x_4)).$$

Všechny indexy  $(i, j, k)$  jdou od jedné do tří ve 3-D a od jedné do čtyř ve 4-D, pouze řecké indexy  $(m, n, k)$  jdou vždy od nuly, kde nula je časová složka čtyřvektoru (tenzoru), tedy např.  $A_m = (A_0, A_1, A_2, A_3, (A_4))$ .

V celém textu je používána Einsteinova sumační konvence, pokud jsou v jednom výrazu v součinu dva stejné indexy, automaticky se přes ně sčítá např. ve 3-D

$$A_i B_i = \sum_{i=1}^3 A_i B_i = A_1 B_1 + A_2 B_2 + A_3 B_3 \text{ nebo}$$

$$\operatorname{div} \mathbf{A} = \frac{\partial A_i}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial A_i}{\partial x_i} = \frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3}.$$

Totéž platí i pro řecké indexy, jen se u nich sčítá od nuly. Pokud jsou však stejné indexy např.

u sčítání nebo odčítání, nesčítá se přes ně, např. ve výrazu  $\frac{\partial E_i}{\partial x_j} - \frac{\partial E_j}{\partial x_i}$  jsou oba indexy,  $i$  a  $j$ ,

volné – nesčítá se přes ně.

## 2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

### 2.1. Úvod do vektorového a tenzorového počtu

Tato kapitola je výběrem z literatury a klade si za cíl shrnutí problematiky vektorového a tenzorového počtu, potřebné pro pochopení práce.

#### a) Vektorová analýza

Základním nástrojem pro popis elektromagnetismu jsou vektorová pole. Vektorové pole je funkce, která každému bodu prostoru přiřadí určitý vektor, např.:  $\mathbf{A} = \mathbf{A}(x_1, x_2, x_3)$  je pole, které každému bodu 3-D prostoru přiřadí určitý vektor  $\mathbf{A}$ . Vektorová analýza se zabývá diferenciálním počtem těchto vektorových polí. Prvním důležitým nástrojem vektorové analýzy je tzv. gradient pole, který působí na skalární pole a vytváří z něj pole vektorové. Gradient pole  $S$  zapisujeme jako  $\text{grad } S$  nebo  $\nabla S$ , kde symbol  $\nabla$  „nabla“ je vektorový

operátor, definovaný jako  $\nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2}, \frac{\partial}{\partial x_3} \right)$ . Pro gradient pole  $S$  tedy platí

$$\text{grad } S = \nabla S = \left( \frac{\partial S}{\partial x_1}, \frac{\partial S}{\partial x_2}, \frac{\partial S}{\partial x_3} \right).$$

Gradient pole  $S$  nám tedy dá vektorové pole, kde jednotlivé vektory budou vždy ukazovat ve směru největšího růstu  $S$ . Pokud budeme mít např. vztah pro potenciál bodového náboje

umístěného v počátku  $j = \frac{k}{r}$  kde  $k$  je určitá konstanta a  $r$  je vzdálenost od počátku a

spočítáme jeho záporný gradient, dostaneme

$$-\nabla j = -k \left( \frac{\partial \left( \frac{1}{r} \right)}{\partial x_1}, \frac{\partial \left( \frac{1}{r} \right)}{\partial x_2}, \frac{\partial \left( \frac{1}{r} \right)}{\partial x_3} \right) = \frac{k}{r^3} (x_1, x_2, x_3) = \frac{k}{r^3} \mathbf{r} = \mathbf{E},$$

což je vztah pro intenzitu elektrického pole. Z kulově symetrického skalárního pole, které klesalo podle  $1/r$  tedy dostaneme radiální vektorové pole, které míří ve směru růstu skalárního pole a klesá jako  $1/r^2$ . Tento vztah mezi potenciálem a elektr. polem je definicí potenciálu.

Další důležitá operace s poli se nazývá divergence pole. Působí vždy na vektorová pole a značí se  $\text{div } \mathbf{A}$  nebo také  $\nabla \cdot \mathbf{A}$ . Divergence pole se spočítá jako

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = \frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3} = \frac{\partial A_i}{\partial x_i}.$$

Výsledkem divergence je tedy skalární pole, které říká, jak moc v daném místě vektorové pole vzniká. To je logické, pokud budou všechny tři derivace kladné, pak pole v daném místě musí vznikat (protože roste), na druhou stranu pokud je divergence pole nula, znamená to, že v daném bodě je buď pole ve všech směrech konstantní, nebo je jedna z derivací kladná a druhá stejně velká, ale záporná, tzn. že to co se ztratí ve směru jedné osy naopak přibude ve směru osy druhé. V obou těchto případech nemá pole v daném místě žádný zdroj, nic tam nevzniká.

S divergencí vektorového pole je spojena integrální věta, jež se nazývá Gaussova věta a říká, že

$$\int_V \operatorname{div} \mathbf{A} dV = \int_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dS. \quad (2.1)$$

To znamená, že všechno co vznikne v daném objemu  $V$ , vyteče ven uzavřenou plochou  $S$ , ohraničující tento objem. Také říká, že pokud se zdroj nenachází v objemu vyhraničeném plochou  $S$ , je jeho příspěvek k toku plochou  $S$  nulový. Např. pro bodový náboj, umístěný v počátku souřadnicové soustavy, platí, že divergence pole  $\mathbf{E}$  je všude nulová, kromě nuly, kde je nekonečná. To se dá snadno dokázat přímým výpočtem  $\operatorname{div} \mathbf{E}$  jako

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = k \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{x_i}{r^3} \right) = k \left( \frac{1}{r^3} \sum_{i=1}^3 \frac{\partial x_i}{\partial x_i} + \sum_{i=1}^3 x_i \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{1}{r^3} \right) \right) = k \left( \frac{3}{r^3} - \frac{3}{r^4} \sum_{i=1}^3 x_i \frac{\partial r}{\partial x_i} \right) = k \left( \frac{3}{r^3} - \frac{3}{r^3} \right),$$

což je nula všude, kromě  $r = 0$ . Takže pole bodového náboje vzniká právě jenom tam, kde se nachází tento náboj, což dává smysl.

Dalším a zatím posledním základním nástrojem vektorové analýzy je rotace. Působí opět na vektorová pole a značí se  $\operatorname{rot} \mathbf{A}$  nebo také  $\nabla \times \mathbf{A}$ . Vektorové součiny obecně se často ve složkách zapisují takto:  $A_i = e_{ijk} B_j C_k$  kde  $e_{ijk}$  se nazývá Levi-Civitaův symbol a nabývá hodnot nula, pokud jsou jakékoli dva indexy stejné, jedna, pokud jsou 123 a změní znaménko při každé výměně indexů.

Zapísobením operátoru rotace na vektorové pole tedy dostaneme opět vektorové pole se složkami

$$\nabla \times \mathbf{A} = \left( \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3}, \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1}, \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} \right).$$

Rotace vektorového pole určuje (jak už název napovídá) jak pole cirkuluje, jak rotuje, kolem daného bodu. Je vidět, že pokud jsou v nějakém bodě prostoru změny pole podle dvou os přesně stejné, je rotace ve směru zbývající osy nulová. S rotací je spojena další integrální věta, nazvaná Stokesova, která vypadá následovně

$$\int_S \operatorname{rot} \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dS = \int_L \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}. \quad (2.2)$$

Říká, že tok rotace vektorového pole skrz plochu  $S$  určuje jeho cirkulaci podél křivky  $L$ , ohraničující tuto plochu. Jako příklad rotace uvedu magnetické pole v okolí přímkového vodiče vedoucího elektrický proud. Pro velikost magnetického pole ve vzdálenosti  $r$  od

wodiče platí  $|\mathbf{B}| = \frac{k}{r}$ , kde vektor magnetického pole je všude kolmý na  $\mathbf{r}$ . Pro pole tedy platí:

$\mathbf{B} = \frac{k}{r} \mathbf{n}$ , kde  $\mathbf{n} \cdot \mathbf{r} = n_1 x_1 + n_2 x_2 = 0$  a zároveň platí  $n_1^2 + n_2^2 = 1$  z těchto podmínek určíme  $\mathbf{n}$  a

následně složky magnetického pole jako  $B_1 = -\frac{kx_2}{r^2}$  a  $B_2 = \frac{kx_1}{r^2}$ . Jediná nenulová složka

rotace je ta ve směru třetí osy (té, po které teče proud), protože v obou zbývajících je buď  $B_3$  nebo derivace podle  $x_3$  a ty jsou nulové.

Pro třetí složku rotace máme

$$(\text{rot } \mathbf{B})_3 = \frac{\partial B_2}{\partial x_1} - \frac{\partial B_1}{\partial x_2} = k \left( \frac{\partial \left( \frac{x_1}{r^2} \right)}{\partial x_1} + \frac{\partial \left( \frac{x_2}{r^2} \right)}{\partial x_2} \right) = k \left( \frac{2}{r^2} - \frac{2x_1}{r^3} \frac{\partial r}{\partial x_1} - \frac{2x_2}{r^3} \frac{\partial r}{\partial x_2} \right) = k \left( \frac{2}{r^2} - \frac{2}{r^2} \right).$$

Což je nulové všude, kromě místa, kde teče proud (nuly). Jak bude později vidět ze čtvrté Maxwellovy rovnice, jinak to ani být nemůže.

## b) Tenzory, pseudovektory

V této podkapitole bych chtěl shrnout problematiku tenzorů, v míře potřebné pro vlastní práci. Stejně jako vektor je sloupec (řádek)  $n$  čísel, který po zapůsobení na jiný vektor dá skalár (skalárním součinem), tak tenzor druhého řádu (vyšší řády nejsou v práci potřeba) je matice  $n \times n$ , která po zapůsobení na vektor dá jiný vektor. Je důležité říci, že pokud platí vektorová rovnice v jedné soustavě, pak platí i ve všech vztažných soustavách. Pokud indexem  $i$  značíme řádek matice a indexem  $j$  sloupec, vypadá součin tenzoru  $\mathbf{B}$  s vektorem  $\mathbf{A}$ , psán ve složkách, takto:  $B_{ij} A_j = C_i$

Prostě se nejprve skalárně vynásobí první řádek matice s vektorem a vznikne číslo, jež je první složkou vektoru  $\mathbf{C}$ , poté druhý řádek s vektorem atd. Tenzorové pole je tedy pole, které každému bodu prostoru přiřadí nějaký tenzor. Takové pole se reálně projeví, až když začne působit na nějaký vektor, stejně jako když např. magnetické pole nijak silově nepůsobí na náboj, dokud se náboj nezačne pohybovat rychlostí  $\mathbf{v}$ . V tu chvíli už má vektor, na který může působit a vytváří sílu. Tímto se dostávám k další věci, o které se chci zmínit a to je fakt, že magnetické pole je ve skutečnosti tenzorovým polem.

Vektorové rovnice by neměly měnit svůj tvar při transformaci souřadnic, např. při rotaci souřadnicového systému. Je to proto, že vektor by měl být z definice invariantní vůči právě třeba rotaci souřadnic. Pokud se však blíže podíváme na jakýkoliv vektorový součin, zjistíme, že tyto požadavky nespĺňuje. Např. síla působící na jednotkový náboj, pohybující se rychlostí  $\mathbf{v} = (1, 0, 0)$  v homogenním magnetickém poli  $\mathbf{B} = (0, 0, 1)$  se spočte jako

$$\mathbf{F} = \mathbf{v} \times \mathbf{B} = (0, 1, 0).$$

To je v pořádku, síla působí jen ve směru osy  $y$ , je tedy kolmá na magnetické pole i na rychlost. Jenže problémy nastanou při transformaci. Řekněme, že otočíme všechny tři souřadnicové osy. Nové vektory v nové soustavě budu značit čárkovaně. Platí:

$$\mathbf{F}' = \mathbf{v}' \times \mathbf{B}' = (-\mathbf{v}) \times (-\mathbf{B}) = \mathbf{F}$$

Síla se tedy nezmění, pořád míří stejným směrem, kladným. Jenže to je nesmysl, protože oba vektory  $\mathbf{B}$  i  $\mathbf{v}$  míří nyní záporným směrem. Síla měla změnit znaménko také, mířit záporným směrem. Problém je v tom, že magnetické pole není pravý vektor. Ve skutečnosti každý vektorový součin obsahuje jeden nepravý vektor, tzv. pseudovektor, protože vektorový součin, který by obsahoval samé pravé vektory se netransformuje správně. Magnetické pole se dá invariantně vyjádřit antisymetrickým tenzorem s devíti složkami a označujeme ho jako  $\underline{\mathbf{B}}$ .

Jeho složky dostaneme tak, že vynásobíme vektor magnetického pole Levi-Civitovým symbolem a počítáme pro stejné indexy (tomuto postupu se říká duální operace)

$$B_{ij} = \epsilon_{ijk} B_k = \begin{pmatrix} 0 & B_3 & -B_2 \\ -B_3 & 0 & B_1 \\ B_2 & -B_1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Antisymetrie tenzoru spočívá v tom že jeho diagonála je nulová a je podle ní symetrický, až na opačná znaménka. Nyní můžeme psát správný vztah pro sílu:

$$\mathbf{F} = -\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$$

Pokud teď otočíme souřadnicové osy, výsledná síla bude mít opačné znaménko než původní, protože u rychlosti se znaménko změní, ale u tenzoru sudého řádu ne. Musí se totiž změnit ve směru každého z indexů, a protože indexy jsou dva, dvě mínuska dají plus. Proč tedy můžeme pracovat s magnetickým polem jako s vektorem, když se ve skutečnosti jedná o tenzor? Je to sice tenzor ale má pouze tři různé složky (další tři pouze s obráceným znaménkem), a proto si ve třírozměrném prostoru můžeme tyto tři složky představovat jako složky vektoru a také tak s nimi počítat.

### c) Zobecněné diferenciální operátory ve 4-D (klasickém) časoprostoru, čtyřvektory

Tyto operátory, stejně tak jako čtyřvektory, budou potřeba pro převod Maxwellových rovnic do relativistického tvaru, který je důležitý pro samotné přidání prostorového rozměru, je to jediná známá cesta, jak nový rozměr přidat. Někdy se dává záporné znaménko k časové souřadnici, někdy k prostorovým. Já je budu mít tak, jak jsou v literatuře [1]. Čtyřvektor je veličina, která se při Lorentzově transformaci transformuje jako vektor, a která má tři prostorové a jednu časovou složku a značí se  $a_m = (a, \mathbf{a})$ .

Lorentzova transformace pro rovnoměrný pohyb rychlostí  $v$  ve směru osy  $x$  má tvar

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y,$$

$$z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Při Lorentzově transformaci je invariantní velikost prostoročasového intervalu  $(ds)^2$ , který má tvar:

$$(cdt)^2 - (dx)^2 - (dy)^2 - (dz)^2 = (cdt')^2 - (dx')^2 - (dy')^2 - (dz')^2$$

Jelikož prostoročasový interval představuje příklad čtyřvektoru  $(cdt, -dx, -dy, -dz)$  a protože všechny čtyřvektory se z definice musí transformovat stejně, platí toto pro velikost jakéhokoli čtyřvektoru. Pokud budeme mít dvojici čtyřvektorů, budou se jejich složky transformovat stejně, jako

$$a_t b_t - a_x b_x - a_y b_y - a_z b_z.$$

To představuje skalární součin dvou čtyřvektorů, který se zapisuje takto

$$a_m b_m = a_t b_t - \mathbf{a} \cdot \mathbf{b}.$$

Čtyřrozměrný gradient musí ze skalárního pole dělat čtyřvektorové pole a vypadá následovně

$$\nabla_m = \left( \frac{\partial}{\partial(ct)}, -\nabla \right). \quad (2.4)$$

Mínus je u prostorových derivací proto, aby se vzniklé pole transformovalo správně podle Lorentzovy transformace. Pokud máme např. skalární pole  $S$  jako funkci  $x$  a  $t$  a vypočítáme jeho malou změnu  $\Delta S$  při malé změně času ( $x$  je konst.) z hlediska stojícího pozorovatele a pohybujícího se pozorovatele, dostaneme

$$\Delta S = -\frac{\partial S}{\partial x'} \Delta x' + \frac{\partial S}{\partial t'} \Delta t' = \frac{\partial S}{\partial t} \Delta t,$$

kde čárkované souřadnice značí souřadnice pohybujícího se pozorovatele. Když nyní dosadíme za tyto čárkované souřadnice nečárkované pomocí Lor. transformace, dostaneme

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \left( \frac{\partial S}{\partial t'} + v \frac{\partial S}{\partial x'} \right),$$

což je přesně v souladu s Lorentzovou transformací. Protože jsme tedy přidali do vztahu pro  $\Delta S$  před prostorovou derivací mínus, dostali jsme složky čtyřvektorového pole.

Divergence čtyřvektoru je definována jako

$$\nabla_m a_m = \frac{1}{c} \frac{\partial a_t}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{a}, \quad (2.5)$$

mínusy u gradientu a skalárního součinu se vyruší a dostaneme plus.

Ve třírozměrném prostoru máme tzv. Laplaceův operátor, definovaný jako

$$\nabla^2 = \nabla \cdot \nabla = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}. \quad (2.6)$$

Pokud uděláme to samé s  $\nabla_m$  dostaneme d'Alembertův operátor  $\mathbf{W}$ , pro který platí

$$\mathbf{W} = \nabla_m \nabla_m = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \nabla^2, \quad (2.7)$$

a který je také skalární a invariantní vůči Lorentzově transformaci.

## 2.2. Maxwellovy rovnice v trojrozměrném prostoru

Maxwellovy rovnice jsou jedním z pilířů teoretické fyziky a mají pro ni obrovský význam. Představují spojení elektrických, magnetických a optických jevů do jedné teorie elektromagnetického pole. Díky nim objevil H. A. Lorentz svoji transformaci a následně vznikla Speciální teorie relativity. V této kapitole bych chtěl ukázat, jak tyto rovnice vypadají a co nám říkají.

### a) Integrovní a diferenciální tvar Maxwellových rovnic

1. Maxwellova rovnice, které se říká také Gaussův zákon elektrostatiky, vypadá v diferenciálním tvaru takto

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{\mathbf{r}}{\epsilon_0}, \quad (2.8)$$

kde  $\mathbf{E}$  je intenzita elektrického pole,  $\mathbf{r}$  je prostorová hustota elektrického náboje a  $\epsilon_0$  je permitivita vakua. Tato rovnice ve stručnosti říká to, že elektrické pole vzniká tam, kde je přítomen elektrický náboj.

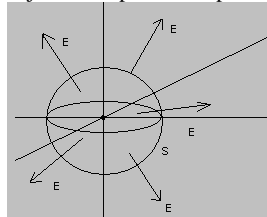


Aplikováním Gaussovy věty (2.1) dostaneme tuto rovnici v integrálním tvaru

$$\int_V \operatorname{div} \mathbf{E} dV = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV = \frac{Q}{\epsilon_0} = \oint_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} dS, \quad (2.9)$$

kde  $\mathbf{n}$  je jednotkový normálový vektor na plochu  $S$  a náboj  $Q$  je celkový náboj v objemu ohraničeném touto plochou. Tedy tok intenzity elektrického pole uzavřeno plochou  $S$  nezáleží vůbec na rozložení náboje v objemu, který tato plocha ohraničuje, ale jen a pouze na jeho velikosti (a také na prostředí v němž se objem a plocha nachází).

Pokud se bude nacházet náboj  $Q$  v počátku souřadnicového systému a představíme si kolem něj kulovou plochu  $S$  s poloměrem  $r$ , jako na obrázku (obr. 2.1)



obr. 2.1

Jelikož pole  $\mathbf{E}$  je stejné všude po povrchu celé této plochy a také je na ni kolmé, přejde plošný integrál do tvaru

$$\int_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} dS = ES = \frac{Q}{\epsilon_0}.$$

A protože povrch koule o poloměru  $r$  je  $S = 4\pi r^2$  dostaneme po dosazení

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}.$$

A jelikož pole je radiální, tak ve vektorovém tvaru

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \mathbf{r}, \quad (2.10)$$

což je známý vztah pro intenzitu elektrického pole – Coulombův zákon.

### 2. Maxwellova rovnice zní

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \quad (2.11)$$

neboli, že magnetické pole nikde nevzniká, nemá žádný zdroj – neexistují magnetické náboje.

Opět použitím Gaussovy věty (2.1) dostaneme tuto rovnici v integrálním tvaru

$$\int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = 0.$$

Ať si tedy představíme jakoukoli libovolnou plochu, tok magnetického pole touto plochou bude nulový (protože uvnitř této plochy nemůže být žádný zdroj).

### 3. Maxwellova rovnice, která se též nazývá Faradayův indukční zákon, vypadá takto

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}. \quad (2.12)$$

Říká, že časová změna magnetického pole způsobuje rotaci elektrického a naopak.

Důsledky této rovnice jsou lépe vidět v integrálním tvaru, který se dá odvodit použitím

Stokesovy věty (2.2) jako

$$\int_S \operatorname{rot} \mathbf{E} dS = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} dS = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = \oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}.$$

Pokud si zavedeme uzavřenou křivku  $L$  a označíme tok magnetického pole plochou ohraničenou touto křivkou jako  $\Omega$ , pak se integrální tvar této rovnice dá zapsat jako

$$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Omega}{dt}. \quad (2.13)$$

Takže budeme mít např. smyčku z drátu a tou budeme otáčet v homogenním magnetickém poli, vznikne na smyčce nenulový křivkový integrál intenzity el. pole a tedy napětí. To je elektromagnetická indukce.

#### 4. Maxwellova rovnice, neboli Ampérův zákon, zní

$$\text{rot } \mathbf{B} = m_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}, \quad (2.14)$$

kde  $m_0$  je permeabilita vakua, pro kterou platí vztah (odvozený právě z Maxwellových rovnic)

$$c^2 = \frac{1}{m_0 \epsilon_0}. \quad (2.15)$$

$c$  je rychlost světla ve vakuu a  $\mathbf{j}$  je plošná hustota proudu, která je definována vztahem

$$I = \int_S \mathbf{j} \cdot \mathbf{n} dS, \quad (2.16)$$

kde  $I$  je celkový proud. Tato rovnice říká, že magnetické pole vzniká v okolí proudů (pohybujících se nábojů) nebo tam, kde je časově proměnná intenzita elektrického pole. Právě díky tomuto členu se vakuem mohou šířit pole bez jakýchkoli zdrojů, která pouze někde vznikla – jak zaniká elektrické pole, vzniká magnetické a naopak, ze třetí Maxwellovy rovnice, jak zaniká magnetické, vzniká elektrické – navzájem se „drží při životě“.

Integrální tvar této rovnice dostaneme opět pomocí Stokesovy věty (2.2)

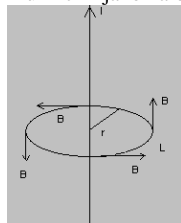
$$\int_S \text{rot } \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} dS = m_0 I + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} dS = \oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}.$$

Pokud označíme tok intenzity plochou  $S$ , kterou ohraničuje křivka  $L$ , jako  $\Phi$ , můžeme psát:

$$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = m_0 I + \frac{1}{c^2} \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.17)$$

Pokud budeme tedy mít časově proměnné elektrické pole, bude vznikat magnetické pole, pokud bude někde téct proud, bude vznikat magnetické pole.

Např. pokud budeme mít přímkový vodič, kterým poteče proud  $I$  a kolem něj naznačíme kružnici  $L$  jako na obrázku (obr. 2.2)



obr. 2.2

magnetické pole bude všude po kružnici stejné a také s ním bude všude rovnoběžné.

Proto se křivkový integrál přepíše jako

$$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = BL = m_0 I + \frac{1}{c^2} \frac{d\Phi}{dt}.$$

A jelikož časová změna toku intenzity elektrického pole skrz plochu vymezenou kružnicí  $L$  je při konstantním proudu nulová, můžeme pro velikost magnetického pole ve vzdálenosti  $r$  od proudu psát

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad (2.18)$$

což je známý vztah pro velikost magnetického pole v blízkosti vodiče s proudem.

### b) Vyjádření Maxwellových rovnic pomocí potenciálů

Často je výhodné přepsat Maxwellovy rovnice pomocí potenciálů. Protože platí  $\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$ , můžeme magnetické pole napsat jako rotaci nějakého vektorového pole (protože divergence rotace je vždy nula, je to totiž obdobné jako např. výraz  $\mathbf{a} \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b}) = 0$ ). Toto vektorové pole se jmenuje vektorový potenciál a značí se  $\mathbf{A}$ . Máme tedy

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}. \quad (2.19)$$

Pokud tento výsledek dosadíme do třetí Maxwellovy rovnice (2.12), dostaneme

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \operatorname{rot} \mathbf{A}.$$

Dále po převedení na jednu stranu a záměně pořadí derivací dostaneme

$$\operatorname{rot} \left( \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) = 0$$

To znamená, že vnitřek závorky můžeme psát jako gradient nějakého skalárního pole (protože rotace gradientu je nula vždy, je to z podobných důvodů jako u výrazu  $\mathbf{a} \times \mathbf{a} = 0$ ). Je tedy

$$\mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = -\nabla j \quad \Rightarrow \quad \mathbf{E} = -\nabla j - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}, \quad (2.20)$$

kde  $j$  je elektrický potenciál (Má fyzikální význam: pokud chceme přenést v elektrickém poli náboj z bodu A do bodu B, je vykonaná práce právě rozdíl potenciálů těchto bodů:

$$W = j(B) - j(A))$$

Protože magnetické pole je rotace vektorového potenciálu, můžeme si pro stejné magnetické pole vymyslet jiný vektorový potenciál  $\mathbf{A}'$ , který se bude od nečárkovaného lišit jen tím, že k němu přičteme gradient nějakého skalárního pole  $y$ . Magnetické pole se tím nezmění, protože rotace gradientu je nula. Můžeme tedy psát

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \nabla y.$$

A také

$$\operatorname{div} \mathbf{A}' = \operatorname{div} \mathbf{A} + \nabla^2 y.$$

Jelikož naše pole  $y$  je naprosto libovolné, mohu si libovolně zvolit i divergenci vektorového potenciálu, protože pak vhodnou volbou  $y$  dostanu požadovanou hodnotu divergence. Volba divergence  $\mathbf{A}$  se nazývá kalibrace.

Pro další zjednodušení se volba divergence provádí většinou takto

$$\operatorname{div} \mathbf{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial j}{\partial t}. \quad (2.21)$$

Pokud dosadíme výsledek (2.20) do 1. Maxwellovy rovnice, dostaneme

$$\nabla^2 j + \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{A} = -\frac{\mathbf{r}}{e_0}.$$

A po dosazení (2.21) za divergenci potenciálu dostaneme vlnovou rovnici pro elektrický potenciál

$$\nabla^2 j - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 j}{\partial t^2} = -\frac{r}{e_0}. \quad (2.22)$$

Nakonec do 4. Maxwellovy rovnice (2.14) dosadíme z rovnic (2.19) a (2.20), dostaneme

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{A} = m_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \left( -\nabla j - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) = m_0 \mathbf{j} - \frac{1}{c^2} \nabla \frac{\partial j}{\partial t} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2}. \quad (2.23)$$

Levou stranu této rovnice s dvěma rotacemi můžeme rozepsat podle známé algebraické identity  $\mathbf{A} \times \mathbf{B} \times \mathbf{C} = \mathbf{B}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})\mathbf{C}$ .

Po aplikování této identity na rovnici (2.23) a po úpravě dostaneme

$$\nabla \operatorname{div} \mathbf{A} - \nabla \left( -\frac{1}{c^2} \frac{\partial j}{\partial t} \right) - \nabla^2 \mathbf{A} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = m_0 \mathbf{j}. \quad (2.24)$$

Vzhledem k tomu že vnitřek druhého gradientu na levé straně rovnice je přesně  $\operatorname{div} \mathbf{A}$ , tyto dva gradienty se odečtou a dostaneme vlnovou rovnici pro vektorový potenciál

$$\nabla^2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = -m_0 \mathbf{j}. \quad (2.25)$$

Tyto dvě rovnice:

$$\nabla^2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = -m_0 \mathbf{j} \quad \text{a} \quad \nabla^2 j - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 j}{\partial t^2} = -\frac{r}{e_0}$$

představují zápis Maxwellových rovnic pro potenciály. Ještě k nim ovšem musíme přidat kalibrační podmínku

$$\operatorname{div} \mathbf{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial j}{\partial t}.$$

Vzhledem k rovnici (2.7) mohou tyto dvě vlnové rovnice přepsat do tvaru

$$\mathbf{W} j = \frac{r}{e_0} \quad \text{a} \quad \mathbf{W} \mathbf{A} = m_0 \mathbf{j}. \quad (2.26)$$

Pokud budou v těchto dvou rovnicích zdroje (hustoty proudů a nábojů) nulové, jsou možným řešením i nulová pole, ne však jediným. Druhým řešením je elektromagnetická vlna (proto vlnová rovnice), která se šíří prostorem rychlostí  $c$ .

### c) Rovnice kontinuity pro náboj, pohybová rovnice

Rovnice kontinuity představuje zákon zachování elektrického náboje. Pokud máme nějaký objem  $a$  z něj teče proud  $I$ , platí pro celkový náboj  $Q$  v objemu

$$I = -\frac{dQ}{dt}.$$

Pokud za proud dosadíme z rovnice (2.16) dostaneme

$$\oint_S \mathbf{j} \cdot n dS = -\frac{dQ}{dt}.$$

Nyní užitím Gaussovy věty (2.1) dostaneme rovnici kontinuity

$$\int_V \operatorname{div} \mathbf{j} dV = -\frac{\partial}{\partial t} \int_V r dV \Rightarrow \operatorname{div} \mathbf{j} + \frac{\partial r}{\partial t} = 0. \quad (2.27)$$

Tuto rovnici lze také získat zdivergováním 4. Maxwellovy rovnice (2.14)

$$\operatorname{div}(\operatorname{rot} \mathbf{B}) = 0 = m_0 \operatorname{div} \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \operatorname{div} \mathbf{E}}{\partial t}$$

a nyní po dosazení za divergenci elektrického pole z rovnice (2.8)

$$\operatorname{div} \mathbf{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0.$$

Pohybová rovnice pro náboj v elektromagnetickém poli zní

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}). \quad (2.28)$$

Vzhledem k podkapitole 2.1 b) Tenzory a pseudovektory budu pohybovou rovnicí používat spíše ve tvaru

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} - \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}). \quad (2.29)$$

### 2.3. Relativistický zápis Maxwellových rovnic

Abych mohl přidat 1 prostorový rozměr, musím nejprve převést Maxwellovy rovnice do jejich relativistického zápisu. To budu dělat buď přes čtyřpotenciál, nebo z něj vycházející tenzor elektromagnetického pole. Na začátku této kapitoly bude  $c = 1$  (pouze pro následující důkazy).

#### a) Maxwellovy rovnice a tenzor elektromagnetického pole

Mezi hustotou náboje a plošnou hustotou proudu platí vztah

$$\mathbf{j} = \mathbf{v} r. \quad (2.30)$$

Pokud totiž někde teče proud, pak pro malou změnu náboje  $Q$  za čas  $\Delta t$  máme

$$\Delta Q = jS\Delta t = qvS\Delta t,$$

kde  $S$  je malá ploška, skrz kterou teče proud. Odtud už je vidět vztah (2.30).

Nyní, pokud budeme mít tyč délky  $L_0$  s celkovým nábojem  $Q$ , hustotou náboje  $r_0$  a

přířezem  $S$ , platí pro velikost náboje samozřejmě vztah

$$Q = SL_0 r_0 = SLr,$$

kde  $L$  a  $r$  jsou délka a hustota náboje, když se tyč začne pohybovat rychlostí  $v$  ve směru svojí délky (ve směru osy  $x$ ). Odtud

$$r = \frac{L_0}{L} r_0 = \frac{r_0}{\sqrt{1-v^2}}, \quad (2.31)$$

kde jsem využil vztah pro relativistickou kontrakci délek  $L = L_0 \sqrt{1-v^2}$ .

Pokud se na tyč bude dívat pozorovatel pohybující se rychlostí  $u$  ve směru osy  $x$ , bude se mu rychlost tyče jevit jako  $v'$ , pro kterou platí

$$v' = \frac{v-u}{1-uv}. \quad (2.32)$$

Abychom spočítali jakou hustotu náboje  $r'$  uvidí pohybující se pozorovatel, potřebujeme spočítat výraz

$$\frac{1}{\sqrt{1-v'^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2 + u^2 - 2uv}{1 + u^2v^2 - 2uv}}} = \frac{1-uv}{\sqrt{(1-v^2)(1-u^2)}}.$$

Nyní už stačí vyjádřit  $\mathbf{r}'$  ze vztahu (2.31)

$$\mathbf{r}' = \frac{\frac{\mathbf{r}_0}{\sqrt{(1-v^2)}} - u \frac{\mathbf{r}_0 v}{\sqrt{(1-v^2)}}}{\sqrt{(1-u^2)}} = \frac{\mathbf{r} - u \mathbf{j}_x}{\sqrt{(1-u^2)}}, \quad (2.33)$$

což je přesně Lorentzova transformace. Pokud spočítáme ještě  $\mathbf{j}'_x$  podle

$$\mathbf{j}'_x = v' \mathbf{r}' = \frac{\mathbf{j}_x - u \mathbf{r}}{\sqrt{(1-u^2)}}, \quad (2.34)$$

vidíme, že to je opět Lorentzova transformace. A pokud se nějaké čtyři veličiny transformují podle L. transformace, pak tvoří čtyřvektor.

Hustota náboje a proudu se tedy transformují jako čtyřvektor, který se nazývá čtyřvektor proudu a značí se

$$J_m = (c\mathbf{r}, \mathbf{j}).$$

Hustota náboje je tedy časová složka čtyřvektoru proudu. Z vlnových rovnic (2.26) je vidět, že pokud jsou hustoty proudu a náboje složkami čtyřvektoru, musí jimi být i elektrický potenciál a vektorový potenciál, d'Alembertův je totiž invariantní operátor, a proto to nijak neovlivní. Proto můžeme zavést tzv. čtyřpotenciál  $A_m$ , který má tvar

$$A_m = \left( \frac{\mathbf{j}}{c}, \mathbf{A} \right). \quad (2.35)$$

V zápise přes čtyřpotenciál lze shrnout Maxwellovy rovnice do jedné časoprostorové rovnice

$$\mathbf{W} A_m = \mathbf{m}_0 J_m. \quad (2.36)$$

Já použiji pro přidání čtvrtého rozměru relativistické rovnice s tenzorem elektromagnetického pole, který mám definován jako

$$F_{mm} = \nabla_n A_m - \nabla_m A_n. \quad (2.37)$$

Odtud je vidět, že  $F_{mm} = 0$  a  $F_{mm} = -F_{mm}$ . Další složky tohoto tenzoru získáme z rovnice (2.37)

$$F_{01} = -\frac{1}{c} \frac{\partial A_1}{\partial t} - \frac{\partial A_0}{\partial x_1} = -\frac{1}{c} \left( \frac{\partial \mathbf{j}}{\partial x_1} + \frac{\partial A_1}{\partial t} \right) = \frac{E_1}{c} \quad \text{podobně}$$

$$F_{02} = \frac{E_2}{c} \quad \text{a} \quad F_{03} = \frac{E_3}{c} \quad \text{a dále}$$

$$F_{12} = \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} = B_3, \quad F_{13} = \frac{\partial A_3}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_3} = -B_2 \quad \text{a} \quad F_{23} = \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3} = B_1.$$

Nyní už můžu tenzor napsat jako matici

$$F_{mm} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{E_1}{c} & \frac{E_2}{c} & \frac{E_3}{c} \\ -\frac{E_1}{c} & 0 & B_3 & -B_2 \\ -\frac{E_2}{c} & -B_3 & 0 & B_1 \\ -\frac{E_3}{c} & B_2 & -B_1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (2.38)$$

Prostorové složky tohoto tenzoru jsou tedy shodné s tenzorem magnetického pole, platí

$$F_{ij} = B_{ij}.$$

První a čtvrtá Maxwellova rovnice se dá pomocí tohoto tenzoru zapsat takto

$$\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_n} = m_0 J_m. \quad (2.39)$$

Pokud nyní položíme  $m=0$ , dostaneme první Maxwellovu rovnici jako

$$\frac{\partial F_{0n}}{\partial x_n} = m_0 J_0 = c m_0 r = \frac{1}{c} \frac{\partial E_i}{\partial x_i} \Rightarrow \operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{r}{e_0}.$$

Pokud položíme  $m=i$ , dostaneme čtvrtou Maxwellovu rovnici

$$\frac{\partial F_{in}}{\partial x_n} = m_0 J_i = m_0 j = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j} \Rightarrow \operatorname{rot} \mathbf{B} = m_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}.$$

Protože  $\frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j}$  má přesně složky rotace, např. pro  $i=1$  je to  $\frac{\partial B_3}{\partial x_2} - \frac{\partial B_2}{\partial x_3}$ , což přesně odpovídá

$x$ -ové složce rotace.

Tento postup je vlastně separace časové a prostorové složky časoprostorové rovnice. Druhá časoprostorová rovnice obsahující tenzor elektromagnetismu, ze které odseparováním časové a prostorové složky dostaneme druhou a třetí Maxwellovu rovnici, je následující

$$\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_n} + \frac{\partial F_{nk}}{\partial x_m} = 0. \quad (2.40)$$

Pokud se v této rovnici budou dva indexy rovnat, např.  $m=n$ , rovnice se vynuluje automaticky

$$\frac{\partial F_{mm}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_m} + \frac{\partial F_{mk}}{\partial x_m} = \frac{\partial F_{km}}{\partial x_m} - \frac{\partial F_{km}}{\partial x_m} = 0.$$

Pokud položíme  $m=0$ , zbývají tedy pro zbylé dva indexy jen prostorové složky tj.  $n=i$  a  $k=j$ , dostaneme tedy

$$0 = \frac{\partial F_{0i}}{\partial x_j} + \frac{\partial F_{j0}}{\partial x_i} + \frac{\partial F_{ij}}{\partial x_0} = \frac{\partial E_i}{\partial x_j} - \frac{\partial E_j}{\partial x_i} + \frac{\partial B_{ij}}{\partial t}$$

$\frac{\partial E_i}{\partial x_j} - \frac{\partial E_j}{\partial x_i} = -\frac{\partial B_{ij}}{\partial t}$ . To je tenzorová rovnice, protože má dva volné indexy.

Pokud se ale vynásobí  $e_{kji}$  změní se na rovnici vektorovou a to následujícím způsobem

$$-\frac{\partial}{\partial t} e_{kji} B_{ij} = e_{kji} \frac{\partial E_i}{\partial x_j} - e_{kji} \frac{\partial E_j}{\partial x_i}.$$

Pokud nyní vybereme volný index  $k$ , zbylé indexy  $i$  a  $j$  se mu nesmí rovnat. Na levé straně rovnice v epsilonu při sčítání tyto indexy prohodíme, čímž změníme jeho znaménko, jenže to se prohozením indexů změní i u  $B_{ij}$  (kvůli antisymetrii tenzoru) a tak se vždy tyto dvě složky  $\mathbf{B}$  sečtou a dají výraz  $2B_k$  (protože pokud vybereme v našem tenzoru složku  $B_{ij}$ , vždy je buď

$B_k$  nebo  $-B_k$  ( $k \neq i \neq j$ )). Na levé straně rovnice tedy dostaneme  $-2 \frac{\partial B_k}{\partial t}$ .

Na pravé straně rovnice se také  $i$  ani  $j$  nesmí rovnat  $k$ . První člen se dá přepsat jako

$$e_{kji} \frac{\partial E_i}{\partial x_j} = e_{kji} \nabla_j E_i = (\text{rot } \mathbf{E})_k, \text{ zatímco ten druhý je úplně stejný, akorát má opačné znaménko}$$

a jelikož ho od toho prvního odčítám, sečtou se a dají  $2(\text{rot } \mathbf{E})_k$ . Rovnice tedy přešla do tvaru třetí Maxwellovy rovnice

$$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}.$$

Pokud chci dostat z rovnice (2.40) druhou Maxwellovu rovnici, musím položit všechny tři indexy pouze prostorové. Prostorové indexy mohou nabývat tři hodnot a jelikož se žádné dva nesmí rovnat, je  $m=1 \quad n=2 \quad k=3$ , po dosazení:

$$0 = \frac{\partial F_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial F_{31}}{\partial x_2} + \frac{\partial F_{23}}{\partial x_1} = \text{div } \mathbf{B}$$

Máme tedy dvě časoprostorové rovnice

$$\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_n} = m_0 J_m \text{ a } \frac{\partial F_{mm}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_n} + \frac{\partial F_{nk}}{\partial x_m} = 0 \text{ které po odseparování časové a prostorové složky dají}$$

čtyři Maxwellovy rovnice.

#### **b) Kalibrační podmínka, rovnice kontinuity pro náboj**

Vlnová rovnice (2.36) mohla být odvozena pouze za položení kalibrační podmínky ve tvaru

$$\text{div } \mathbf{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial j}{\partial t},$$

která má v relativistickém zápisu velmi jednoduchý tvar

$$\nabla_m A_m = 0. \tag{2.41}$$

Rovněž rovnice kontinuity se dá velmi jednoduše napsat pomocí čtyřvektoru proudu

$$J_m = (c\rho, j_i) \text{ jako}$$

$$\frac{\partial j_i}{\partial x_i} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = \nabla_m J_m = 0. \tag{2.42}$$

Nyní když mám rovnice zapsány v relativistickém tvaru, mohu přistoupit k přidání jednoho prostorového rozměru a následné separaci časových a prostorových složek vzniklých čtyřrozměrných rovnic.



### 3. ZOBECNĚNÍ MAXWELLOVÝCH ROVNIC DO 4-D PROSTORU

#### 3.1. Rozšíření v relativistickém zápisu

##### a) Rozšíření pomocí potenciálů a zobecněných rotací

Základní úvahou při rozšiřování rovnic o jeden rozměr je, že vektorový potenciál zůstane vektorovým polem a tudíž že čtyřpotenciál bude mít nyní pět složek. Vektorový potenciál nyní vypadá takto:  $A_i = (A_1, A_2, A_3, A_4)$ .

Největším rozdílem oproti třírozměrnému prostoru je fakt, že magnetické pole už se *nedá nahradit vektorem*. Tenzor magnetického pole měl ve 3-D tři různé složky a tak se s ním dalo pracovat jako s (pseudo)vektorem, ve čtyřrozměrném prostoru má různých složek šest a je jasné, že šest složek nemůže tvořit vektor ve 4-D, prostě se tam nevejdou. Ve třírozměrném prostoru jsme rotací vektorového potenciálu dostali nepravý vektor. Abychom z něj získali skutečné magnetické pole, museli jsme ho ještě jednou vynásobit epsilonem a počítat přes shodné indexy. Této operaci se říká Hodgeova dualita. Jak už jsem řekl, magnetické pole je ve 4-D tenzor  $4 \times 4$ , který vypadá následovně

$$B_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ -B_{12} & 0 & B_{23} & B_{24} \\ -B_{13} & -B_{23} & 0 & B_{34} \\ -B_{14} & -B_{24} & -B_{34} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.1)$$

Jeho složky určíme pomocí stejného vztahu, jako byl ve 3-D, pouze ve čtyřech rozměrech má epsilon čtyři indexy  $ijkl$ . Pomocí prvního epsilonu získám z vektorového potenciálu výše zmíněné nepravé magnetické pole, něco jako (pseudo)vektor magnetické indukce ve 3-D, které značím hvězdičkou

$$B_{kl}^* = e_{klij} \nabla_i A_j. \quad (3.2)$$

A nyní z něj analogickým postupem jako ve 3-D získám tenzor magnetického pole (ovšem sčítám od jedné do čtyř)

$$B_{ij} = \frac{1}{2} e_{ijkl} B_{kl}^*, \quad (3.3)$$

kde jedna polovina je zde kvůli tomu, že složky  $B_{ij}$  se sčítají a jsou tam vždy dvakrát.

Nyní mohu postupně určit složky  $B_{ij}$  a vyjádřit je pomocí vektorového potenciálu

$$\begin{aligned} B_{12} &= \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2}, & B_{14} &= \frac{\partial A_4}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_4}, & B_{24} &= \frac{\partial A_4}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_4}, \\ B_{13} &= \frac{\partial A_3}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_3}, & B_{23} &= \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3}, & B_{34} &= \frac{\partial A_4}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_4}. \end{aligned}$$

Nyní mohu napsat tenzor magnetického pole v celé jeho kráse

$$B_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} & \frac{\partial A_3}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_3} & \frac{\partial A_4}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_4} \\ \frac{\partial A_1}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_1} & 0 & \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3} & \frac{\partial A_4}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_4} \\ \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1} & \frac{\partial A_2}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_2} & 0 & \frac{\partial A_4}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_4} \\ \frac{\partial A_1}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_1} & \frac{\partial A_2}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_2} & \frac{\partial A_3}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_3} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$

Vektorový potenciál je nyní v jistém smyslu reálnější pole (nebo alespoň lépe představitelné) než to magnetické, je to normální vektorové pole. Magnetické pole je nyní tenzorové, působí pouze na vektory (rychlost pohybujícího se náboje).

#### b) Tvar tenzoru elektromagnetického pole ve 4-D

Jak je vidět ze vztahu (3.4) odpovídá magnetické pole opět prostorové části  $F_{mn}$ , má totiž stejné složky jako  $F_{ij} = \nabla_j A_i - \nabla_i A_j$ . Tenzor elektromagnetického pole se tedy spočítá ze stejného vztahu jako předtím (2.37) a vypadá následovně

$$F_{mn} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{E_1}{c} & \frac{E_2}{c} & \frac{E_3}{c} & \frac{E_4}{c} \\ -\frac{E_1}{c} & 0 & B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ -\frac{E_2}{c} & -B_{12} & 0 & B_{23} & B_{24} \\ -\frac{E_3}{c} & -B_{13} & -B_{23} & 0 & B_{34} \\ -\frac{E_4}{c} & -B_{14} & -B_{24} & -B_{34} & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.5)$$

Opět tedy platí  $F_{ij} = B_{ij}$ .

I ve 4-D samozřejmě platí stejné relativistické rovnice (jen čtyřvektory mají pět složek), jako vlnová rovnice pro potenciál

$$\mathbf{W} A_m = m_0 J_m,$$

tak dvě rovnice pro tenzor  $F_{mn}$

$$\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_n} = m_0 J_m \text{ a } \frac{\partial F_{mn}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_n} + \frac{\partial F_{nk}}{\partial x_m} = 0.$$

Tyto dvě rovnice nyní využiji pro zpětné získání čtyř Maxwellových rovnic, ovšem nyní s tenzorem (3.5), takže čtyřrozměrných.

### 3.2. Separace časové a prostorové části

Nejprve vezmu rovnici  $\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_n} = m_0 J_m$  a budu postupovat stejně jako ve 3-D.

První Maxwellovu rovnici ve 4-D získáme tak, že položíme  $m = 0$ , dostaneme

$$\frac{\partial F_{0n}}{\partial x_n} = c m_0 r = \frac{1}{c} \frac{\partial E_i}{\partial x_i} \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial E_i}{\partial x_i} = \frac{r}{e_0}.$$

$i$  nyní běží od 1 do 4, a tak levá strana rovnice je prostě divergence čtyřrozměrného vektoru  $\mathbf{E}$

$$\frac{\partial E_i}{\partial x_i} = \frac{\partial E_1}{\partial x_1} + \frac{\partial E_2}{\partial x_2} + \frac{\partial E_3}{\partial x_3} + \frac{\partial E_4}{\partial x_4} = \text{div } \mathbf{E} = \frac{r}{e_0}. \quad (3.6)$$

První Maxwellova rovnice se tedy nezměnila, pouze elektrické pole je čtyřrozměrné a hustota náboje je ve čtyřrozměrném prostoru.

Čtvrtou Maxwellovu rovnici dostaneme, položíme-li  $m = i$ , máme

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_{in}}{\partial x_n} &= m_0 j_i = \frac{\partial F_{i0}}{\partial x_0} + \frac{\partial F_{ij}}{\partial x_j} \quad \text{a po dosazení za složky } F_{ij} \\ \frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j} &= m_0 j_i + \frac{1}{c^2} \frac{\partial E_i}{\partial t}, \end{aligned} \quad (3.7)$$

což ve složkovém zápisu představuje čtvrtou Maxwellovu rovnici ve 4-D. Tato rovnice se dá přepsat jako

$$-\nabla \cdot \overset{\mathbf{s}}{\mathbf{B}} = m_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}, \quad (3.8)$$

neboť  $-\nabla \cdot \overset{\mathbf{s}}{\mathbf{B}}$  je ve složkách:  $-\nabla_j B_{ji} = \nabla_j B_{ij} = \frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j}$ . Levá strana rovnice (3.8) je tedy jakýsi

analog rotace v trojrozměrném prostoru (ve 3-D platilo  $-\nabla \cdot \mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{B}$ , kde ovšem vektor magnetického pole byl pseudovektor, což zde platí také, v upravené formě, s naším novým „pseudovektorem“ (který je nyní ovšem tenzorem)  $B_{kl}^*$ , mohu psát

$$-\nabla \cdot \overset{\mathbf{s}}{\mathbf{B}} = \frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j} = \frac{1}{2} e_{ijkl} \nabla_j B_{kl}^* = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{1}{2} e_{ijkl} B_{kl}^* \right) = \frac{\partial B_{ij}}{\partial x_j},$$

s ohledem na vztah (3.3). Jedna polovina tu opět musí být, protože tenzory jsou antisymetrické, tudíž, když obrátím hodnoty indexů  $k$  a  $l$ , otočí se mi znaménko i u  $B_{kl}^*$  i u  $e_{ijkl}$  složky se sečtou a jsou tam dvakrát).

Třetí Maxwellovu rovnici dostanu z rovnice  $\frac{\partial F_{mn}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_n} + \frac{\partial F_{nk}}{\partial x_m} = 0$  tak, že opět položím

$m = 0$ . I nadále platí, že žádný z indexů se nesmí rovnat jinému, a tak pro zbylé dva indexy zůstávají jen prostorové složky:  $n = i \quad k = j$  dostanu

$$\frac{\partial F_{0i}}{\partial x_j} + \frac{\partial F_{j0}}{\partial x_i} + \frac{\partial F_{ij}}{\partial x_0} = 0$$

a po dosazení za  $F_{mn}$  z (3.5)

$$\frac{\partial E_i}{\partial x_j} - \frac{\partial E_j}{\partial x_i} = -\frac{\partial B_{ij}}{\partial t}. \quad (3.9)$$

To je tenzorová rovnice, která se ve 3-D dala převést na vektorovou vynásobením obou stran  $e_{kij}$ . Ve 4-D se na vektorovou už převést nedá, protože bychom ji museli násobit  $e_{ijkl}$  a tím bychom dosáhli jen přejmenování indexů z  $ij$  na  $kl$ . Rovnice (3.9) tedy představuje třetí Maxwellovu rovnici ve 4-D.

Abychom dostali druhou Maxwellovu rovnici ve 4-D, musíme do rovnice

$$\frac{\partial F_{mm}}{\partial x_k} + \frac{\partial F_{km}}{\partial x_n} + \frac{\partial F_{nk}}{\partial x_m} = 0 \quad \text{dosadit jen prostorové indexy, jakmile totiž dosadíme jeden nulový,}$$

dostaneme rovnici (3.9). Ve třírozměrném prostoru byla jedna kombinace jak dosadit indexy, nyní máme kombinace čtyři: 123, 124, 134, 234. Jejich dosazením dostaneme čtyři rovnice:

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{31}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{23}}{\partial x_1} &= 0, \\ \frac{\partial B_{12}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{24}}{\partial x_1} &= 0, \\ \frac{\partial B_{31}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_1} &= 0, \\ \frac{\partial B_{23}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{42}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_2} &= 0. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Tyto čtyři rovnice představují jistou analogii divergence vektoru, která určuje jak moc vektorové pole v nějakém místě vzniká a pokud je všude nulová, pak vektor nikde nevzniká. To funguje tak, že jsou buď všechny derivace nulové (a pole je tedy všude stejné) nebo to co přibude ve směru jedné osy se zase ztratí ve směru druhé a derivace se odečtou. Tyto čtyři rovnice fungují stejně, s tím rozdílem, že popisují, jak se ve směru jednotlivých os mění složky tenzoru  $B_{ij}$ . Je vidět, že počet tří prvků pro jednu rovnici je zcela dostatečný, protože pokud bychom chtěli například doplnit nějakou složku ze zbylých rovnic do první rovnice, musela by tato doplněná být derivovaná podle čtvrté osy (1. tři už tam jsou) a jediné tři derivace podle čtvrté osy ve zbylých třech rovnicích mají zase stejné složky  $B_{ij}$  jako jsou ty v první rovnici a tudíž to opět pro divergenci nemá význam. Dalším důvodem, proč tyto čtyři rovnice představují jakousi zobecněnou divergenci tenzoru (zobecněnou proto, že kdyby tento tenzor měl složky vektoru, jako tomu bylo ve 3-D, přešly by rovnice (3.10) do obyčejné divergence vektoru (jako tomu bylo ve 3-D) je to, že ve 4-D jsem tenzor magnetického pole určil pomocí zobecněné rotace vektorového potenciálu. Jde o to, že díky tomu že ve 3-D platilo  $\text{div } \mathbf{B} = 0$  jsme mohli psát magnetické pole jako rotaci něčeho, co dostalo jméno vektorový potenciál. Jelikož složky  $B_{ij}$  jsou odvozeny ze zobecněné rotace, musí být analog divergence automaticky nulový po dosazení složek vektorového potenciálu za složky  $B_{ij}$ .

Pokud do první rovnice z rovnic (3.10) dosadíme za  $B_{ij}$  vektorový potenciál, dostaneme:

$$\frac{\partial B_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{31}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{23}}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3} \right) = 0$$

Protože platí  $\frac{\partial^2 A_2}{\partial x_1 \partial x_3} = \frac{\partial^2 A_2}{\partial x_3 \partial x_1}$  (pro „rozumný“, spojitý průběh  $\mathbf{A}$ ).

Podobně pro zbylé tři rovnice z rovnic (3.10) dostaneme:

$$\frac{\partial B_{12}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{24}}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_4} \left( \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{\partial A_1}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{\partial A_4}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_4} \right) = 0$$

$$\frac{\partial B_{31}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_4} \left( \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \frac{\partial A_1}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{\partial A_4}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_4} \right) = 0$$

a

$$\frac{\partial B_{23}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{42}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_2} = \frac{\partial}{\partial x_4} \left( \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \frac{\partial A_2}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{\partial A_4}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_4} \right) = 0$$

Po dosazení vektorového potenciálu jsou tedy rovnice (3.10) automaticky nulové – představují tedy zobecněnou divergenci tenzoru a říkají, že tenzor magnetického pole (jeho složky) nemají žádná zřídla, nikde nevznikají. Což je logické, pokud neexistovaly magnetické náboje ve třírozměrném, neexistují tedy ani ve čtyřrozměrném prostoru.

Maxwellovy rovnice ve 4-D tedy zní:

$$\text{I. } \operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{\mathbf{r}}{e_0} \qquad \text{III. } \frac{\partial E_i}{\partial x_j} - \frac{\partial E_j}{\partial x_i} = -\frac{\partial B_{ij}}{\partial t}$$

$$\frac{\partial B_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{31}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{23}}{\partial x_1} = 0$$

$$\frac{\partial B_{12}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_2} + \frac{\partial B_{24}}{\partial x_1} = 0$$

$$\text{II. } \frac{\partial B_{31}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{41}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_1} = 0$$

$$\frac{\partial B_{23}}{\partial x_4} + \frac{\partial B_{42}}{\partial x_3} + \frac{\partial B_{34}}{\partial x_2} = 0$$

$$\text{IV. } -\nabla \cdot \mathbf{B} = \mathbf{m}_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

### 3.3. Nástin zobecňování do dalších rozměrů

V této kapitole bych chtěl poukázat na to, že při zobecnění do vyšších rozměrů zůstane magnetické pole tenzorem druhého řádu. Např. v pětirozměrném prostoru by měl vektorový potenciál pět složek a pseudovektor  $B^*$  bude nyní tenzor třetího řádu – bude mít tři volné indexy. Získáme ho jako  $B_{ijk}^* = e_{ijkl} \nabla_l A_m$ .

Jenže stejně jako ve 3-D a 4-D, pravý tenzor magnetického pole dostaneme Hodgeovým duálem  $B_{ij} = \frac{1}{3!} e_{ijkl} B_{klm}^*$ , kde ve 4-D byla jedna polovina, je nyní jedna šestina, a to proto, že nyní je 3! možných kombinací jak zvolit indexy a ty se ze stejných důvodů jako ve 4-D všechny sečtou.

Magnetické pole je tedy opět tenzor druhého řádu, elektrické je pětirozměrný vektor a Maxwellovy rovnice získáme z relativistických rovnic (2.39) a (2.40).

## 4. APLIKACE ČTYŘROZMĚRNÝCH MAXWELLOVÝCH ROVNIC

### 4.1. Coulombův zákon

Ve 3-D se dá odvodit závislost intenzity elektrického pole na vzdálenosti od bodového náboje velikost  $Q$  pomocí Gaussovy věty (2.1) a 1. Maxwellovy rovnice (2.8). Výsledkem je Coulombův zákon (2.10). Totéž lze učinit i ve čtyřrozměrném prostoru tak, že vyjdeme ze zobecněné Gaussovy věty pro čtyři rozměry, která má tvar (zde ovšem  $\mathbf{A}$  není vekt. pot.)

$$\int_{V_4} \operatorname{div} \mathbf{A} dV_4 = \int_V \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dV, \quad (4.1)$$

kde vektorové pole  $\mathbf{A}$  je čtyřrozměrné,  $V_4$  je čtyřrozměrný objem a  $\mathbf{n}$  je opět normálový vektor na objem  $V$ . Pokud tuto větu aplikujeme na 1. Maxwellovu rovnici ve 4-D, dostaneme

$$\frac{Q}{e_0} = \int_V \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} dV. \quad (4.2)$$

Pokud uzavřený objem  $V$  na pravé straně položíme jako povrch čtyřrozměrné koule s poloměrem  $r$ , dostaneme pro intenzitu vztah

$$E = \frac{1}{S_4} \frac{Q}{e_0}, \quad (4.3)$$

kde symbolem  $S_4$  značí právě povrch této 4-D koule. Nyní musíme vyjádřit  $S_4$  jako funkci  $r$ . Pokud si vezmu čtyřrozměrný polohový vektor  $\mathbf{r} = (x_1, x_2, x_3, x_4)$  a dosadím ho do Gaussovy věty (4.1) tak, že za uzavřený objem  $V$  beru povrch 4-D koule  $S_4$ , dostanu

$$\int_{V_4} \operatorname{div} \mathbf{r} dV_4 = \int_{S_4} \mathbf{r} \cdot \mathbf{n} dS_4 = 4V_4 = rS_4, \text{ protože } \operatorname{div} \mathbf{r} = 4 \text{ a } \mathbf{r} \text{ je všude rovnoběžný s } \mathbf{n}. \text{ Po úpravě}$$

$$S_4 = 4 \frac{V_4}{r} = \frac{dV_4}{dr}. \quad (4.4)$$

Protože  $V_4$  je přímo úměrné  $r^4$ . Stačí tedy spočítat objem 4-D koule a máme i povrch.

Pro výpočet objemu použiji analogii s výpočtem objemu 3-D koule. Při tom vezmu objem 2-D koule, tedy kruhu, a zintegruji podle  $dx$  od 0 do  $r$ , kde proměnná  $r'$  (poloměr okamžitého sčítaného kruhu) závisí na  $x$  vztahem:  $r' = \sqrt{r^2 - x^2}$ . Jelikož tímto postupem dostanu jen polovinu objemu, vynásobím integrál ještě dvěma. Pro objem 3-D koule tedy máme

$$V = 2p \int_0^r (r^2 - x^2) dx = \frac{4}{3} p r^3 \text{ a analogicky pro objem 4-D koule dostanu}$$

$$V_4 = 2 \int_0^r V(\sqrt{r^2 - x^2}) dx = \frac{8}{3} p \int_0^r (r^2 - x^2)^{\frac{3}{2}} dx. \quad (4.5)$$

Zavedu substituci  $x = rt$ , po níž se mi integrál (4.5) prepíše do tvaru

$$V_4 = \frac{8}{3} p r^4 \int_0^1 (1-t^2)^{\frac{3}{2}} dt. \quad (4.6)$$

A nyní další substitucí  $t = \sin x$ , po které dostanu

$$V_4 = \frac{8}{3} p r^4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^4 x dx. \quad (4.7)$$

Potřebuji tedy spočítat integrál z cosinu na čtvrtou. V následujícím výpočtu integrálu nebudu opisovat ani  $dx$  ani integrační meze. Integrál vypočítám metodou per partes, podle které platí:

$$\int fg = Fg - \int Fg', \text{ kde } f \text{ a } g \text{ jsou funkce, } g' \text{ je funkce } g \text{ derivovaná a } F \text{ je } f \text{ integrovaná.}$$

Pro můj integrál z  $\cos^4 x$  mám

$$\int \cos^3 x \cos x = \sin x \cos^3 x - \int \sin x \frac{d \cos^3 x}{dx} = \sin x \cos^3 x + 3 \int \sin^2 x \cos^2 x$$

Pokud sinus rozepíšu podle  $\sin^2 x = 1 - \cos^2 x$ , dostanu:

$$\int \cos^4 x = \sin x \cos^3 x + 3 \int \cos^2 x - 3 \int \cos^4 x \text{ a po úpravě a vypočtení integrálu z } \cos^2 x$$

$$\int \cos^4 x = \frac{\sin x \cos^3 x}{4} + \frac{3}{4} \left( \frac{\cos x \sin x}{2} + \frac{x}{2} \right) \text{ Pokud dáme tento výsledek do našich}$$

integračních mezí a doplníme do vztahu (4.7), dostaneme pro objem 4-D koule

$$V_4 = \frac{1}{2} p^2 r^4 \text{ a pro povrch: } S_4 = \frac{dV_4}{dr} = 2p^2 r^3. \quad (4.8)$$

A po dosazení tohoto vzorce do rovnice (4.3) dostaneme pro velikost intenzity elektrického pole vztah

$$E = \frac{1}{2p^2 \epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \text{ a jelikož je intenzita pole radiální, můžeme psát}$$

$$\mathbf{E} = \frac{1}{2p^2 \epsilon_0} \frac{Q}{r^4} \mathbf{r}. \quad (4.9)$$

Což je Coulombův zákon ve čtyřrozměrném prostoru. Intenzita pole tu tedy klesá s  $1/r^3$  a také konstanta je odlišná. Pole více nábojů pak získáme jako superpozici polí jednotlivých nábojů.

## 4.2. Magnetické pole ve čtyřech rozměrech, výpočet magnetického pole přímkového vodiče

V této kapitole bych chtěl uvést srovnání výpočtu magnetického pole ve 3-D prostoru a 4-D prostoru. Proto se nejprve vrátím do 3-D prostoru, kvůli obecnému výpočtu magnetického pole. Pokud za předpokladu časově neměnných elektrických polí provedu divergenci výrazu (2.20) pro výpočet elektrického pole pomocí potenciálů, dostanu:

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = -\nabla^2 j$$

(4.10)

A s ohledem na první Maxwellovu rovnici

$$\nabla^2 j = -\frac{\mathbf{r}}{\epsilon_0}. \quad (4.11)$$

Pro potenciál platí vztah:

$$j = \frac{1}{4p\epsilon_0} \frac{Q}{r}. \quad (4.12)$$

A potenciál od více nábojů je superpozicí potenciálů od jednotlivých nábojů.

Pokud chci spočítat potenciál v bodě 1, a mám určité rozložení náboje v objemu  $V$ , mohu potenciál spočítat jako

$$j(1) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{r(2)}{r_{12}} dV_2, \quad (4.13)$$

kde  $dV_2$  je objemový element v bodě 2,  $r(2)$  je hustota náboje v tomto elementu a  $r_{12}$  je vzdálenost bodů 1 a 2,  $\mathbf{r}_{12} = (x_1 - x_2, y_1 - y_2, z_1 - z_2)$ .

Pokud nyní vezmeme čtvrtou Maxwellovu rovnici (2.14), dosadíme za  $\mathbf{B}$  vektorový potenciál a upravíme podle identity  $\mathbf{A} \times \mathbf{B} \times \mathbf{C} = \mathbf{B}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})\mathbf{C}$  (to vše za elektrického pole konstantního v čase), dostaneme

$$\nabla^2 \mathbf{A} = -m_0 \mathbf{j}, \quad (4.14)$$

což je, až na konstantu, stejná rovnice jako (4.11) a jelikož stejné rovnice mají stejná řešení, máme pro vektorový potenciál vztah

$$\mathbf{A}(1) = \frac{m_0}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{j}(2)}{r_{12}} dV_2. \quad (4.15)$$

Vztah přímo pro magnetické pole se dá potom odvodit z definice vektorového potenciálu.

Např. pro  $x$ -ovou složku magnetického pole (ve 3-D) platí

$$B_x = \frac{\partial A_z}{\partial y_1} - \frac{\partial A_y}{\partial z_1} \quad \text{a po dosazení za složky potenciálu z rovnice (4.15) dostaneme}$$

$$B_x = \frac{m_0}{4\pi} \int_V \left( j_z \frac{\partial}{\partial y_1} \left( \frac{1}{r_{12}} \right) - j_y \frac{\partial}{\partial z_1} \left( \frac{1}{r_{12}} \right) \right) dV_2 = \frac{m_0}{4\pi} \int_V \left( j_y \frac{z_1 - z_2}{r_{12}^3} - j_z \frac{y_1 - y_2}{r_{12}^3} \right) dV_2,$$

a protože výraz v závorce je přesně  $x$ -ová složka vektorového součinu  $\mathbf{j}$  a  $\mathbf{r}_{12}$ , lze psát

$$\mathbf{B}(1) = \frac{m_0}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{j}(2) \times \mathbf{r}_{12}}{r_{12}^3} dV_2, \quad (4.16)$$

což je tzv. Biot-Savartův zákon. Z tohoto jednoho integrálu lze tedy při známých hustotách proudu hned vypočítat magnetické pole v nějakém bodě.

Nyní se přesuneme opět do čtyřrozměrného prostoru. Při polích konstantních v čase i zde platí

$$\mathbf{E} = -\nabla j, \quad (4.17)$$

$$\text{a také: } \nabla^2 j = -\frac{\mathbf{r}}{\epsilon_0}. \quad (4.18)$$

Ze vztahu (4.17) jsem určil vztah pro potenciál (s ohledem na (4.9)) jako:

$$j = \frac{1}{4\pi^2 \epsilon_0} \frac{Q}{r^2}. \quad (4.19)$$

A pokud označím element čtyřrozměrného objemu v bodě 2  $dV_{42}$ , mohu analogicky se vztahem (4.13) psát

$$j(1) = \frac{1}{4\pi^2 \epsilon_0} \int_{V_4} \frac{r(2)}{r_{12}^2} dV_{42}. \quad (4.20)$$

Pokud si napíšu ve složkách čtvrtou Maxwellovu rovnici ve 4-D (3.8) následujícím způsobem (vše je stále konst. v čase):

$$-\nabla_i B_{ij} = m_0 j_j \quad (4.21)$$



A za  $B_{ij}$  dosadím vektorový potenciál ze vztahu  $B_{ij} = \nabla_j A_i - \nabla_i A_j$ , dostanu

$$(\nabla_i \nabla_i) A_j - \nabla_j (\nabla_i A_i) = m_0 j_j. \quad (4.22)$$

A jelikož je všechno konstantní v čase, je  $\nabla_i A_i = \text{div } \mathbf{A} = 0$ , proto mám z (4.22) rovnici

$$\nabla^2 \mathbf{A} = m_0 \mathbf{j}. \quad (4.23)$$

A to je opět, jako ve 3-D, až na konstantu stejná rovnice jako ta pro potenciál (4.18).

A protože, jak už bylo řečeno, stejné rovnice mají stejná řešení, mohu s ohledem na vztah (4.20) ve složkách psát

$$A_i(1) = -\frac{m_0}{4p^2} \int_V \frac{j_i(2)}{r_{12}^2} dV_{42}. \quad (4.24)$$

Platí  $B_{ij}(1) = \frac{\partial A_i(1)}{\partial x_{j1}} - \frac{\partial A_j(1)}{\partial x_{i1}}$  nyní mohu do této rovnice dosadit potenciál ze vztahu (4.24),

dostanu

$$B_{ij}(1) = \frac{m_0}{4p^2} \int_V \left( j_j(2) \frac{\partial}{\partial x_{i1}} \left( \frac{1}{r_{12}^2} \right) - j_i(2) \frac{\partial}{\partial x_{j1}} \left( \frac{1}{r_{12}^2} \right) \right) dV_{42} \quad (4.25)$$

a po úpravě:

$$B_{ij}(1) = \frac{m_0}{2p^2} \int_V \left( \frac{j_j(2)(r_{12})_j - j_i(2)(r_{12})_i}{r_{12}^4} \right) dV_{42}, \quad (4.26)$$

což je právě Biot-Savartův zákon, zobecněný do čtyřrozměrného prostoru. Má oproti tomu ve 3-D jinou konstantu před integrálem a také magn. pole klesá s vyšší mocninou vzdálenosti. Člen v čitateli představuje zobecněný čtyřrozměrný vektorový součin. Nyní nám opět stačí znát hustoty proudu a můžeme složky tenzoru magnetického pole spočítat přímo z jednoho integrálu. Teď mohu přistoupit k jednoduchým aplikacím těchto čtyřrozměrných rovnic.

Ve trojrozměrném prostoru platí pro magnetické pole ve vzdálenosti  $r$  od nekonečně dlouhého přímkového vodiče (osa  $z$ ) kterým teče proud  $I$ ,  $B_i = \left( -\frac{m_0 I x_2}{2pr^2}, \frac{m_0 I x_1}{2pr^2}, 0 \right)$

Nyní spočítám podobu tenzoru magnetického pole ve vzdálenosti  $r$  od podobného vodiče ve čtyřrozměrném prostoru, právě pomocí zobecněného Biot-Savartova zákona. Vodič, který byl předtím váleček s průřezem  $S$  (který byl nekonečně malý), bude nyní čtyřrozměrný váleček s průřezem  $V$  (jeho průřez bude koule). Proudovou hustotu si ve čtyřrozměrném prostoru definuji jako hustotu proudu protékajícího ne plochou, ale objemem (protože právě ten je nyní průřez 4-D tělesa). Pokud umístím tento 4-D vodič na třetí osu, mohu pro proudovou hustotu psát:  $j_i = (0, 0, j, 0)$  a pro  $r_{12} : (r_{12})_i = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ . Jediné nenulové složky  $B_{ij}$  tedy budou takové, u kterých jeden z indexů nabývá hodnoty 3. Např. složku  $B_{13}$  spočteme ze 4-D Biot-Savartova zákona (4.26) jako

$$B_{13}(1) = -\frac{m_0}{2p^2} \int_V \frac{j_3(2) x_1}{r_{12}^4} dV_{42} = -\frac{m_0 x_1 I}{2p^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{r_{12}^4} dx_3, \quad (4.27)$$

protože platí:  $dV_{42} = V dx_3$  a také  $jV = I$ , pokud  $r$  označím kolmou vzdálenost od bodu 1 k proudu, mohu psát:  $r_{12}^4 = (r^2 + x_3^2)^2$ .

S tímto vztahem se integrál (4.27) přepíše jako

$$B_{13} = -\frac{m_0 x_1 I}{2p^2} \int_{-\infty}^{\infty} (r^2 + x_3^2)^{-2} dx_3 = -\frac{m_0 x_1 I}{2p^2} \left[ \frac{rx}{r^2 + x^2} + \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{r}\right) \right]_{-\infty}^{\infty} = -\frac{m_0 x_1 I}{4pr^3}, \quad (4.28)$$

kde pro výpočet integrálu  $\int \frac{1}{(r^2 + x^2)^2} dx$  a následné limity jsem použil program Mathematica

5.0. Naprosto analogickým postupem dostaneme

$$B_{23} = -\frac{m_0 x_2 I}{4pr^3} \text{ a } B_{34} = \frac{m_0 x_4 I}{4pr^3}. \quad (4.29)$$

Nyní mohu tedy napsat tvar tenzoru mag. pole v okolí čtyřrozměrného vodiče s proudem (mířícím ve směru třetí osy) jako:

$$B_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\frac{m_0 x_1 I}{4pr^3} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{m_0 x_2 I}{4pr^3} & 0 \\ \frac{m_0 x_1 I}{4pr^3} & \frac{m_0 x_2 I}{4pr^3} & 0 & \frac{m_0 x_4 I}{4pr^3} \\ 0 & 0 & -\frac{m_0 x_4 I}{4pr^3} & 0 \end{pmatrix} \quad (4.30)$$

Je celkem intuitivní, že magnetické pole klesá ve 4-D s druhou mocninou vzdálenosti, protože stejně jako elektrické pole je odvozeno z toku plochou, která má ve 4-D tři rozměry, je magnetické pole odvozeno z cirkulace po křivce, nyní dvourozměrné.

Tímto způsobem (i když integrály by byly mnohem složitější) bychom mohli dostat ze zobecněného Biot-Savartova zákona tenzor magnetického pole za libovolného rozložení proudů.

## 5. ZÁVĚR

### 5.1. Závěr

Cílem této práce bylo ukázat čtenáři metodu rozšíření Maxwellových rovnic o jeden prostorový rozměr a hlavní rozdíly mezi elektromagnetismem v našem, třírozměrném prostoru a ve čtyřrozměrném prostoru. Výsledkem je sedm zobecněných Maxwellových rovnic a z nich odvozené zobecněné zákony Coulombův a Biot-Savartův. Někdo by mohl říci, že jsou tyto rovnice z praktického hlediska naprosto bezvýznamné, neboť nežijeme ve 4-D prostoru a nemůžeme je v reálném světě tedy využít. Já si však myslím, že pátrání po tom, jak by fyzika vypadala v prostorech s jinou dimenzí, není zbytečné. Za prvé, člověk se vždy snažil, aby jeho poznatky byly co nejobsáhlejší a nejúplnější, i když některé z nich neměly žádné okamžité využití. Za druhé, jsou teorie, které říkají, že fakt, že náš prostor má tři dimenze, je pouze náhoda. Studium toho, jak vypadají fyzikální zákony ve vícerozměrných prostorech, by mohlo přinést odpověď na otázku, zda je to pravda.

## 6. SEZNAM LITERATURY

### 6.1. Seznam literatury

- [1] Feynman, Richard P.: Přednášky z fyziky 2. 1. vydání, Havlíčkův Brod, 2001.  
ISBN 80-7200-420-4
- [2] Rektorys, Karel: Přehled užití matematiky. 4. vydání, Praha, SNTL, 1981



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

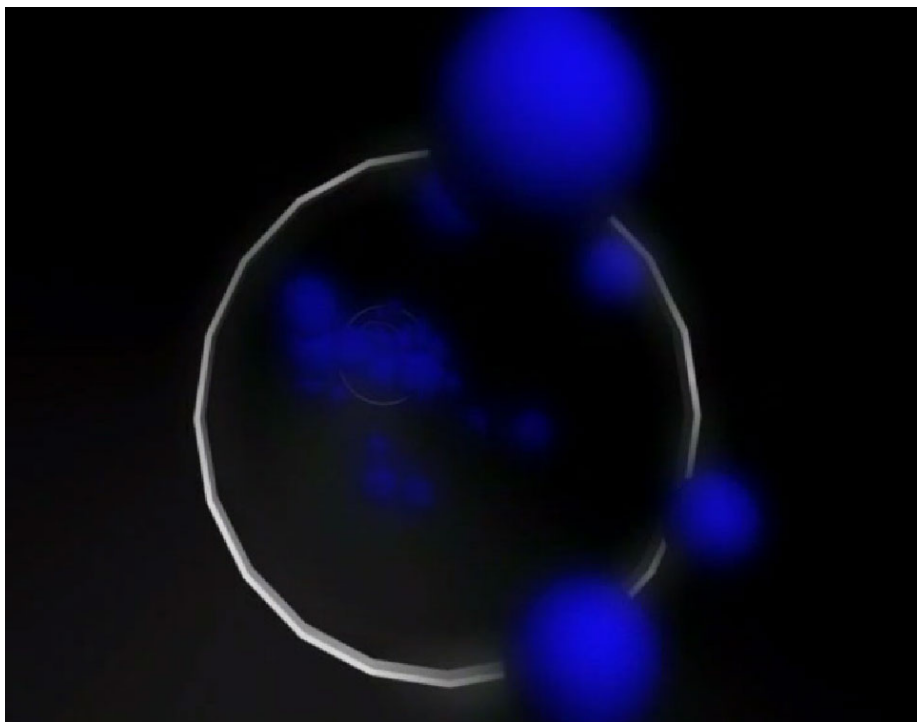
## **ANIMOVANÁ ELEKTRINA**

**Jiří Matoušek, Martin Nesrsta, Ondřej Pluhař**

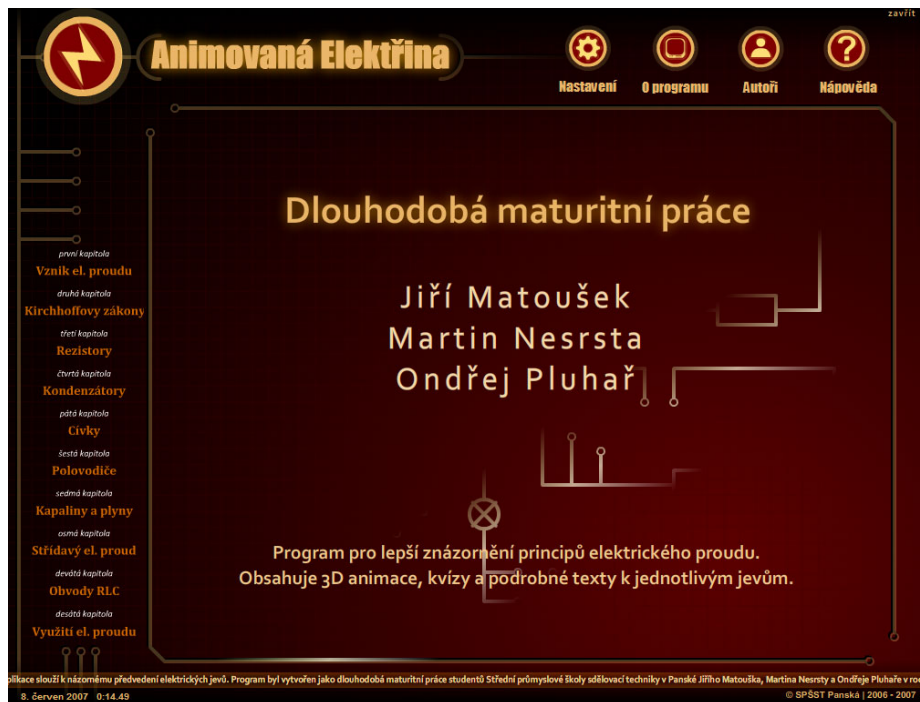
Střední průmyslová škola sdělovací techniky  
Panská 3, Praha 1

Projekt Animovaná elektřina byl vytvořen jako dlouhodobá maturitní práce z fyziky. Jedná se o multimediální program, který usnadňuje výuku elektřiny a magnetismu v hodinách fyziky na střední škole. Grafické rozhraní multimediálního programu bylo vytvořeno v programu Adobe Flash. V programu je možno zvolit jednu z deseti tématicky rozdělených kapitol. Každá kapitola obsahuje stručný popis učiva, které je v ní obsaženo. Dále je v každé kapitole několik animací vytvořených programem 3ds Max. Tyto animace jsou makroskopického i mikroskopického rázu. Makroskopické animace ukazují, jak vypadá jednotlivá součástka (rezistor, kondenzátor, ...) nebo jaký je princip zařízení (zvonek). Mikroskopické animace znázorňují průběh proudu a napětí v daném obvodu. Pro lepší pochopení vykládané látky v hodinách fyziky jsou tyto animace zjednodušeny a někdy se některé věci odchylují od skutečnosti. Tyto animace zobrazují například jak prochází proud vodičem, jak průchod proudu vodičem ovlivňuje zapojení jednotlivých součástek (rezistor, kondenzátor, cívka), zobrazují první a druhý Kirchohoffův zákon, průchod proudu v RLC obvodu a mnoho dalších jevů. Animace byly navrženy tak, aby ukázaly veškeré jevy, se kterými mají studenti obvykle problémy. Ke každé z této animací lze přímo v programu zobrazit nápovědu, která popisuje danou animaci a ukazuje jak jsou jednotlivé prvky v animaci znázorněny. Tyto animace a nápověda se zobrazují přímo v okně programu. Animace jsou kódovány do formátu FLV, který Adobe Flash Player nativně přehrává. K přehrávání daných animací není potřeba žádný kodek a bez problémů se dají spustit na každém počítači s operačním systémem Windows. Další součástí každé kapitoly je kvíz. Tento kvíz testuje studenty, zda mají dostatečnou znalost v dané oblasti fyziky. Kvíz obsahuje jen otázky z dané kapitoly a neobsahuje otázky, které by nebyly znázorněny animací nebo na které by nebyla odpověď v podrobném textu. Kvíz obsahuje deset otázek, jejichž pořadí se s každým spuštěním kvízu mění. Nedochází k tomu, že by si student zapamatoval číslo otázky a správnou odpověď. Nad každou otázkou musí opravdu přemýšlet. Kvíz neustále ukazuje kolik otázek studentovi zbývá do ukončení kvízu a kolik měl zatím správných a špatných odpovědí. Po skončení kvízu se student dozví svoji procentuální úspěšnost. Pokud student vyřeší kvíz bez jediné chyby, spustí se bonusová hra. Tato hra zkouší jak rychle student dokáže počítat základní matematické operace. Poslední věcí, kterou každá kapitola obsahuje je podrobný text ve formátu PDF. Tento text se otevírá v externí aplikaci, která umí číst PDF soubory, nejčastěji Adobe Reader. Tyto texty obsahují učivo fyziky týkající se dané kapitoly. Popisují jednotlivé fyzikální jevy, fyzikální zákony, a dokonce obsahují životopis vědců zabývajících se daným odvětvím. Tam, kde je to důležité a zajímavé, popisují historii součástek. Tyto texty by také měly odpovědět na veškeré otázky týkající kvízových otázek. Každý text je doplněn řadou obrázků a ilustrací vytvořených v programu Adobe Illustrator. Tyto texty doplněné obrázky a ilustracemi mají přehlednou a hezkou grafickou úpravu, a tudíž studenta neodradí od čtení (pro některé studenty velice nudného) materiálu. Množství obrázků a ilustrací zvyšuje zapamatovatelnost textu a urychluje

vyhledávání. Protože jsou texty uloženy jako PDF, tak se dají jednoduše vytisknout a mohou posloužit dalším účelům studenta. Program je doplněn hezkou efektní úvodní animací, zvuky při stisknutí tlačítek a mnoha dalšími grafickými elementy. Celý program je koncipován tak, aby měl velice intuitivní a přehledné rozhraní a každý našel vše, co hledá. Program je distribuován jako EXE soubor, který má v sobě implementován Adobe Flash Player. Pro spuštění programu tedy nejsou potřeba další aplikace a bez problémů se spustí na každém počítači s operačním systémem Windows.



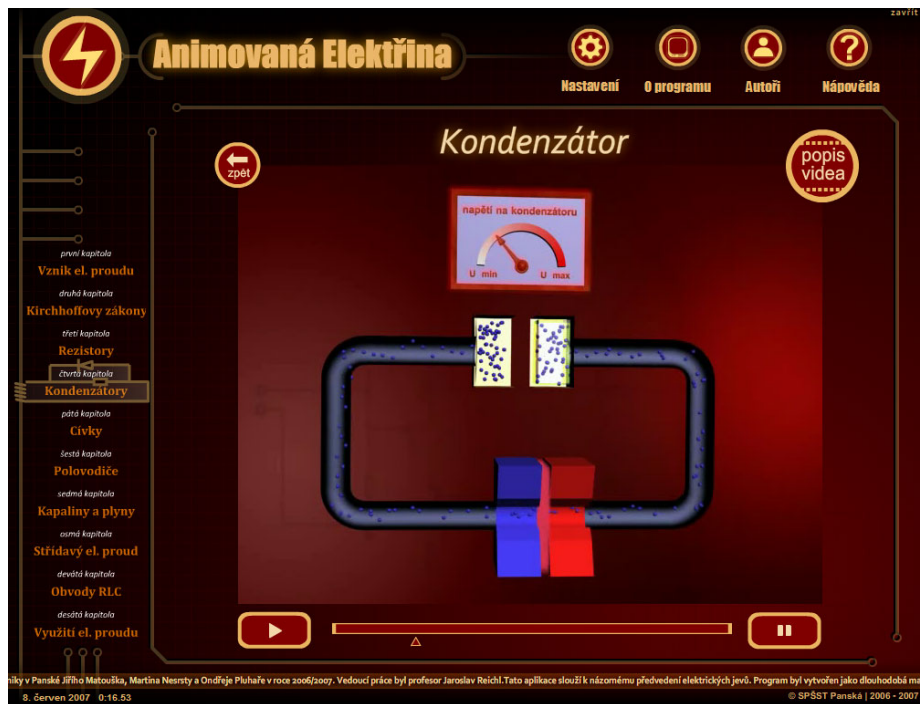
Obr. 1: Ukázka z úvodní animace



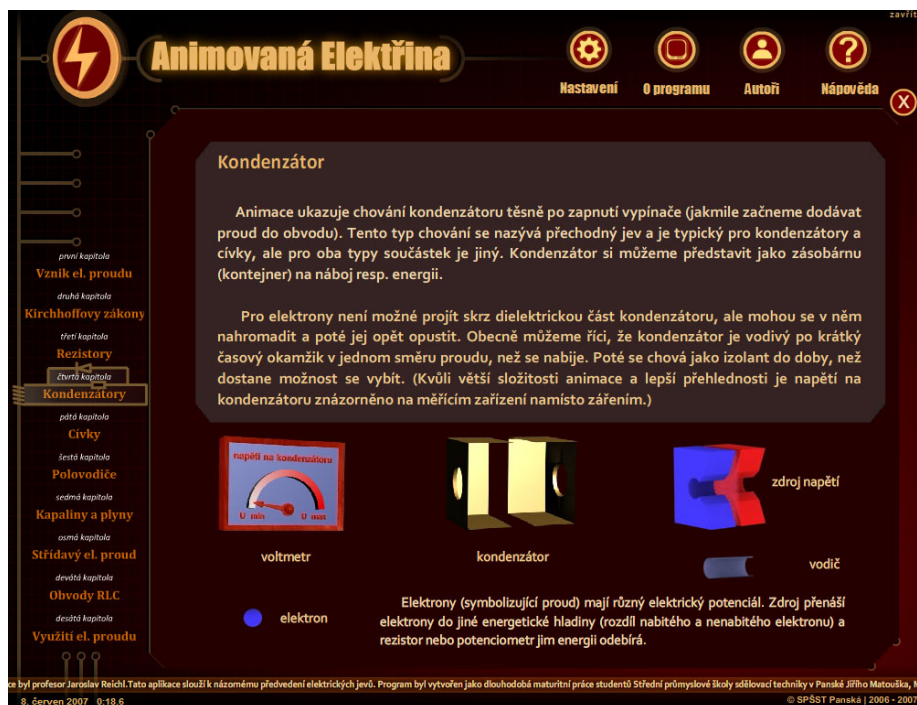
Obr. 2: Hlavní okno programu



Obr. 3: Menu kapitoly



Obr. 4: Přehrávání animace



Obr. 5: Nápověda k animaci



**Animovaná Elektřina**

Nastavení   0 programu   Autoři   nápověda

### Kvíz - Cívky

← zpět

**Pro vytvoření homogenního magnetického pole používáme:**

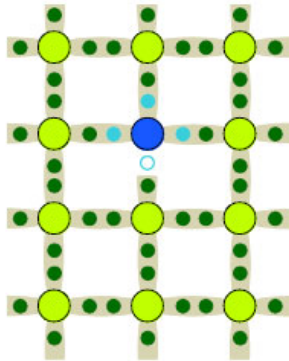
- toroid
- solenoid
- Helmholtzovu cívku
- tlumivku

Zkontroluj   Zmáčkní "Zkontroluj".

Správných odpovědí: 0   Špatných odpovědí: 0   Otázka: 1 / 10

Techniky v Panské Jirěho Matouška, Martina Neirsty a Ondřeje Pluhaře v roce 2006/2007. Vedoucí práce byl profesor Jaroslav Reichl. Tato aplikace slouží k názornému předvedení elektrických jevů. Program byl vytvořen jako dlouhodobá práce v rámci projektu SPSST Panska | 2006 - 2007

Obr. 6: Kvíz



Přidá-li se do křemíku prvek ze třetí skupiny periodické tabulky prvků (*B, Al, Ga, In, ...*) obsadí svými elektrony jen tři vazby. Protože chybí elektron, který by vytvořil čtvrtou vazbu s křemíkem, vzniká místo vazby díra. Tato díra může být snadno zaplněna přeskokem elektronu z některého sousedního atomu křemíku, a tím se tedy může díra v krystalu pohybovat. Příměsi nazýváme *akceptory*. Protože elektron přijímají. Majoritními nositeli náboje jsou díry, minoritními elektrony. Jedná se o *polovodič s děrovou vodivostí*, který také nazýváme *polovodič typu P*.

PN PŘECHOD

PN přechod je přechod mezi polovodičem typu P a polovodičem typu N vytvořený v jednom krystalu.

Právě po vytvoření PN přechodu bude docházet k difúzi děr z polovodiče typu P do polovodiče typu N. Tam díry rekombinují s elektrony. U rozhraní na straně polovodiče P se objevují elektricky nevykompenzované nepohyblivé záporné ionty akceptorů.

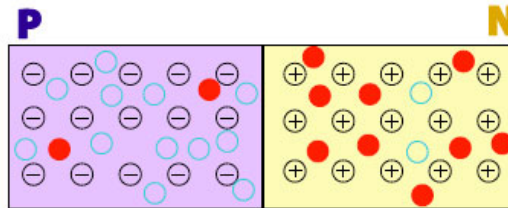
● elektron

○ díra

⊕ kladný iont donorů

⊖ záporný iont akceptorů

Analogicky dochází k difúzi elektronů z polovodiče typu N do polovodiče typu P, tam rekombinují s dírami. U rozhraní na straně polovodiče N se objevují nevykompenzované nepohyblivé kladné ionty donorů.



Obr. 7: Ukázka textů



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## NÁVRH RÁMU JÍZDNÍHO KOLA

**Daniel Lukáš**

SPŠST Panská  
Panská 856/3, Praha 1

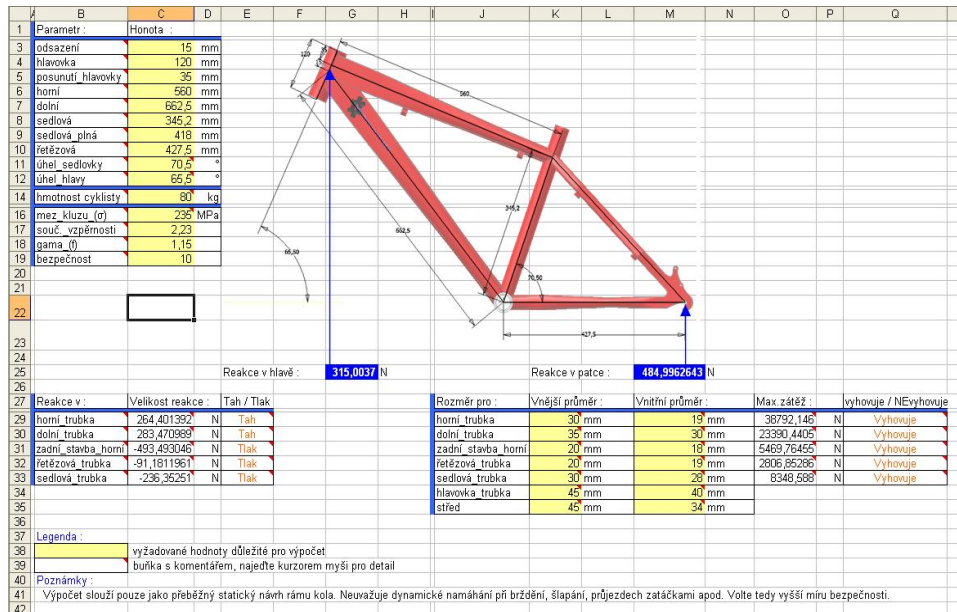
Projekt návrh rámu jízdního kola elegantně spojuje možnosti parametrického modeláře Autodesk Inventor Professional 11 CZ a tabulkových procesorů jako jsou MS Excel, či OpenOffice Math.

Projekt vznikl jako dlouhodobá maturitní práce v oboru CAD systémy.

Práce se skládá právě ze dvou hlavních částí :  
1. Soubory tabulkových procesorů  
2. Modely v programu A.Inventor 11

### 1. Soubory tabulkových procesorů

Umožňují snadné vkládání dat i pro uživatele, kteří neovládají CAD systémy. Sešit *Namáhání-dimenzování.xls*



Řeší předběžný statický návrh rámu (prutová kce-styčnicková metoda). Také ověřuje správnost zadaných paramterů.

Sešit *Dimenzování-CAD.xls*

	A	B	C
1	odsazení	15 mm	
2	hlavovka	120 mm	
3	posunutí_hlavovky	35 mm	
4	horní	560 mm	
5	dolní	662,5 mm	
6	sedlová	345,2 mm	
7	sedlová_plná	418 mm	
8	řetězová	427,5 mm	
9	úhel_sedlovky	70,5 °	
10	úhel_hlavy	65,5 °	
11	horní_trubka	30 mm	
12	dolní_trubka	35 mm	
13	zadní_stavba_horní	20 mm	
14	řetězová_trubka	20 mm	
15	sedlová_trubka	30 mm	
16	hlavovka_trubka	45 mm	
17	střed	45 mm	
18	horní_vnitřní	19 mm	
19	dolní_vnitřní	30 mm	
20	zadní_vnitřní	18 mm	
21	řetězová_vnitřní	19 mm	
22	sedlová_vnitřní	28 mm	
23	hlavovka_vnitřní	40 mm	
24	střed_vnitřní	34 mm	
25			

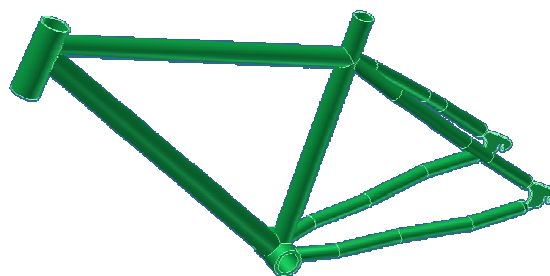
Je automaticky generovaná tabulka dynamicky napojená na předešlý sešit (viz výše). Motivací pro vytvoření tohoto sešitu je problematická práce programu AI (Autodesk Inventor) s napojenými tabulkami (konkrétně rozdělení sešitu do polí-přehlednost). Tento sešit je plně uzamčen a běžnému uživateli nepřístupný. Zajišťuje pouze bezproblémový export parametrů do CAD systémů.

## 2. Modely v programu Autodesk Inventor

### 2.1. Návrh r

Pracuje s vý  
uživateli, kt  
konstantním  
snadné odvo:

i  
o  
o



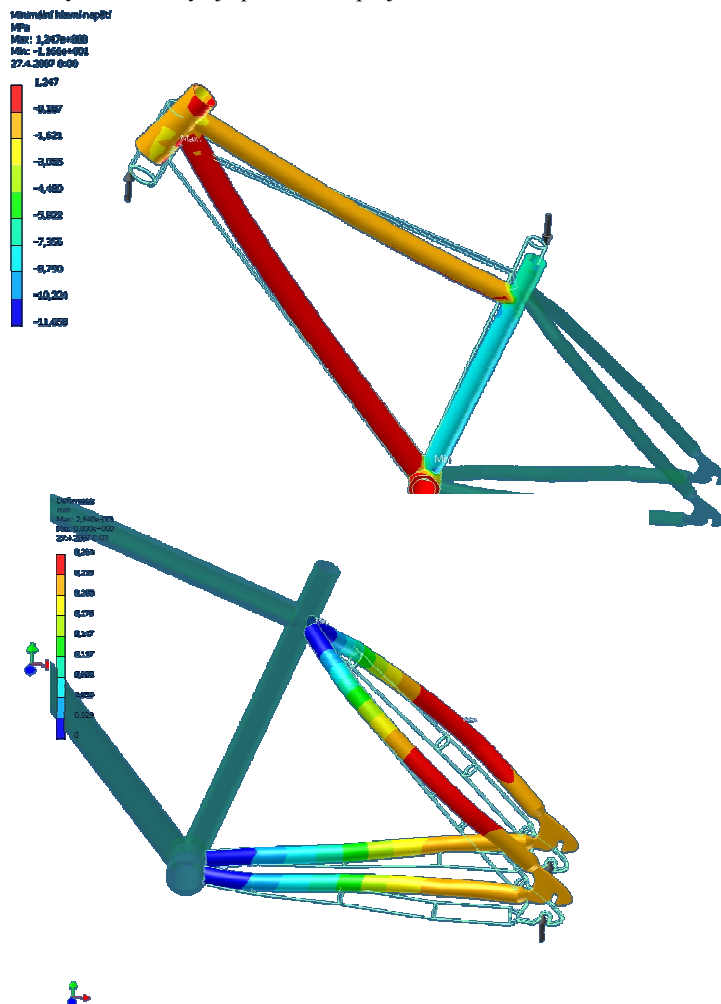
Vykreslení p  
soubor *Namc  
rám.iam.*

it  
ý



### Napěťová a modální analýza

- provedena v programu Autodesk Inventor Professional 11 CZ technologií ANSYS.  
Zpráva výsledků analýz je přiložena v projektu. Zde na ukázkou několik snímků.

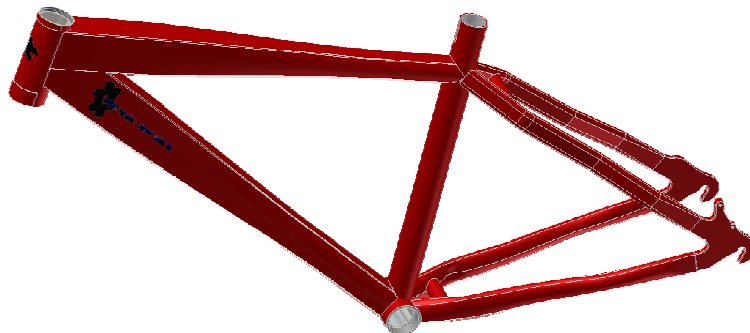


Model je rozdělen na dvě součásti (přední a zadní stavba). Analýzy jsou tedy provedeny jednotlivě na každou součást. (Program AI 11 neumožňuje provádět analýzy na celých sestavách).

### **2.2. Kona Scrap 2006**


Na základě výsledků analýz automaticky vykresleného rámu předešlého projektu můžeme provádět úpravy konstrukce. Zde bylo použito šablonovaných trubek a materiálu Al6061. V místech max. namáhání byly provedeny konst. úpravy (výztuhy, ztenčení stěn trubek, úpravy profil aj.). V tomto případě byla základní geometrie odvozena z rámu *Kona Scrap r.v.2006* (odtud název).

Kona S



Opět by

**Postup n:**

- 1)  ké...)
- 2) částečná parametrizace ( určení předběžných rozměrů rámu )
- 3) statické ověření rámové konstrukce
- 4) vykreslení ránu ( *Vykreslený rám.iam* )
- 5) analýza konstrukce, konst. úpravy
- 6) vytvoření upraveného modelu ( např.: *Kona Scrap 2006.iam* )
- 7) analýza
- 8) výkresová dokumentace, popř. výroba

**1. Výběr druhu rámu kola**

Každá geometrie má své specifické vlastnosti (rozměry, pevnost, požadavky na hmotnost..). Více informací k tomuto tématu najdete v příloženém dokumentu *Výběr rámu.doc*.

**2. Částečná parametrizace**

Po výběru druhu rámu určíme jeho zamýšlenou velikost (lze později změnit). Toto provedete v sešitu *Namáhání-Dimenzování.xls*. Požadované položky jsou odemčeny a doplněny poznámkami.

Parametr :	Hodnota :
odsazení	15 mm
hlavovka	120 mm
posunutí_hlavovky	35 mm
horní	560 mm
dolní	662,5 mm
sedlová	345,2 mm
sedlová_plná	418 mm
řetězová	427,5 mm
úhel_sedlovky	70,5 °
úhel_hlavy	65,5 °
hmotnost_cyklisty	80 kg

### 3. Statické ověření kce

Můžete provést též v sešitu *Namáhání-Dimenzování.xls*. Po dokončení úprav uložte.

Parametr :	Honota :
odsazení	15 mm
hlavovka	120 mm
posunutí hlavovky	35 mm
horní	560 mm
dolní	662,5 mm
sedlová	345,2 mm
sedlová plná	418 mm
řetězová	427,5 mm
úhel sedlovky	70,5 °
úhel hlavy	65,5 °
hmotnost cyklisty	80 kg
mez kluzu ( $\sigma$ )	235 MPa
souč. vzpěrnosti	2,23
gamma ( $f$ )	1,15
bezpečnost	10

Reakce v :	Velikost reakce :	Tah / Tlak
horní trubka	264,401392	N Tah
dolní trubka	283,470989	N Tah
zadní stavba horní	-493,493046	N Tlak
řetězová trubka	-91,1811961	N Tlak
sedlová trubka	-236,35251	N Tlak

Reakce v hlavě : 315,0037 N  
 Reakce v patce : 484,9962643 N

Rozměr pro :	Vnější průměr :	Vnitřní průměr :	Max. zátěž :	vyhovuje / NEvyhovuje
horní trubka	30 mm	19 mm	38792,146	N Vyhovuje
dolní trubka	35 mm	30 mm	23390,4405	N Vyhovuje
zadní stavba horní	20 mm	18 mm	5469,76455	N Vyhovuje
řetězová trubka	20 mm	19 mm	2806,85286	N Vyhovuje
sedlová trubka	30 mm	28 mm	8348,588	N Vyhovuje
hlavovka trubka	45 mm	40 mm		
střed	45 mm	34 mm		

### 4. Vykreslení rámu

Probíhá automaticky načtením parametrů ze sešitu *Namáhání-CAD.xls* ( napojena na *Namáhání-Dimenzování.xls* ).

### 5. Analýza rámu

Při změně parametrů je nutno ji aktualizovat.

### 6. Vytvoření upraveného modelu

Je nutné vymodelovat jednotlivé součásti a sestavy.

### 7. Analýza

Opět nutno ověřit odolnost konstrukce.

### 8. Výkresová dokumentace

V jednotlivých modelech je vytvořena, stačí aktualizovat.

### Hodnota práce

Spočívá především v napojení CAD parametrických modelářů na tabulky. Tento projekt přináší jednoduché úpravy modelu a velmi snadnou tvorbu variantních součástí pouhým přepsáním hodnot v tabulce. Celkově zjednodušuje proces návrhu i následné výroby. Také lze jednoduše sledovat důsledky změn konstrukce na výsledném chování rámu.

Tato práce by měla být také inspirací pro ostatní studenty.







**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## VÝUKOVÉ MODELY

### Vyšší odborná škola a Střední odborná škola technická Litomyšl

je školou, která v příštím roce vzpomene 120 let od svého založení, které vycházelo z přání drobných podnikatelů o zajištění dobré přípravy nastupující mladé generace. V průběhu let se zaměření školy přizpůsobovalo potřebám a rozvoji především technických oborů ( Zbrojovka Polička, železniční uzel v České Třebové, Karosa ve Vysokém Mýtě, ale i řada dalších drobných strojírenských firem. Po roce 1952 potom především pro oblast mechanizačních prostředků v zemědělství). V současné době se škola snaží poskytnout velmi široce pojaté a potřebami provozu požadované technické vzdělání na úrovni středoškolské ve dvou oborech:

#### **Obor 41-45-M/001 Mechanizace a služby**

zaměření - provoz mechanizace a služby  
- dopravní a servisní služby  
- výpočetní technika a automatizace mechanizovaných provozů  
- obchodně technické a administrativní služby

#### **Obor 37-41-M/001 Provoz a ekonomika dopravy**

zaměření - administrativní doprava a logistika  
- provoz vozidel v dopravě

Vyšší vzdělání v oboru:

#### **Technická diagnostika a optimalizace renovačních metod 23-44-N/003**

*/znalectví mobilních strojů a zařízení/*

Studium je zaměřeno v základech na oblast strojírenství (kovové i nekovové materiály, jejich výroba, zpracování a využití pro oblast údržby a oprav). Oblast zemědělství – základy výroby a zpracování produktů, pokračuje přes zvládnutí mobilního prostředku jako univerzálního energetického zdroje s uplatněním ve vozidlech, traktorech a řadě dalších mechanizačních prostředků bez rozdílu užití (zemědělství, stavebnictví, lesnictví a pod) s ohledem na jejich konstrukci, provoz a údržbu (*ne jejich stavbu*) pokračuje se zvládnutím základních provozních ekonomických termínů, výpočetní techniky v uživatelské úrovni souboru MS Office a pokračuje dále do základů kreslicích programů CAD.

Studium považujeme v základech za velmi široké svým záběrem, což ale dává možnost velmi dobrého uplatnění, vytváření velmi širokých vzájemných vazeb potřebných v dnešní organizaci práce, která vyžaduje pružné přizpůsobování požadavkům.

v průběhu studia mají žáci možnost získat:

- řidičské oprávnění až po skupinu „C“

Škola má vlastní autoškolu s výcvikovými vozidly a učiteli s potřebnými profesními osvědčeními. Získáním oprávnění k řízení je tak umožněno žákům již ve škole nabývat osobní zkušenosti z posuzování chování vozidla za provozu a tím posuzovat optimální stav nebo chybu v seřízení a nastavení.

-svářečské oprávnění na některou ze tří základních metod (G , E, CO)

Lze získat za úplatu v naší svářečské škole s dobrou úrovní i vybavením a zejména být přítomni převádění nejnovějších metod a postupů ve spolupráci s předními firmami ESAB a Fronius. Vyučující mají pro výuku patřičná oprávnění – evropský svářečský technolog, evropský svářečský praktik, mezinárodní svářečský praktik, instruktor svařování pro různé metody.

Vybraní žáci se připravují každoročně na mezinárodní soutěž mladých svářečů ve Frýdku Místku. Umístění našich studentů potvrzuje dobrou úroveň jejich přípravy a zázemí na naší škole.

### **Ve všech oblastech jsme školou především technickou**

Studium na školách tohoto typu není jednoduché s ohledem na rozsah studia, problematiku zvládnutí potřebné terminologie a především to, že je nutné mechanismům a probíhajícím činnostem porozumět, pochopit je a dokázat si představit jednotlivé detaily v pohybu, aniž vidím obraz, film a podobně. Pro pochopení, což považujeme při studiu za podstatné, se snažíme vytvářet neustále nové pomůcky, které vznikají ze skutečných skupin strojů a zařízení současně užívaných a vyráběných, ve škole je upravíme tak, aby zůstala zachovaná jejich provozní funkčnost (vzájemně vázaný pohyb jednotlivých detailů) a přitom bylo do jejich nitra vidět a každý měl možnost zrakově vnímat reálný stav. Jde tak především o usnadnění studia technických předmětů na naší škole. Pomůcky nevznikají mimo školu, ale vytvářejí je žáci při realizaci svých závěrečných prací pod vedením svých učitelů. Již jejich samotný vznik je v mnoha případech tápání po dosažení toho nejlepšího stavu z hlediska názornosti. Za poslední roky se tak vytvořila celá řada pomůcek a věříme, že to je cesta, která pomáhá především k rozvoji technického citění žáků a usnadňuje jejich cestu poznávání.

Skupina fotek dokumentujících pomůcky

### **Škola je zapojena i do řady projektů**

#### ***První projekty byly zaměřeny na zahraniční spolupráci***

Projekt Leonardo dává možnost vycestování žáků na praxi do Holandska. Tuto skutečnost velmi dobře a v podobném měřítku využila i spolupracující škola ROC Aventus v Apeldoornu. Tato spolupráce trvá s určitými obměnami ve výměnách již několik let. I letošní výměna byla vedena ve snaze objevit další možnosti spolupráce a hledání nových pracovišť s ohledem na zájmy žáků.

Spolupráce a výměny žáků se školou v německém Ede trvají více jak deset let a v posledním období je spolupráce podporována Česko-německým fondem budoucnosti a sponzorována některými firmami tak, aby se uhradila část nákladů.

Další činností žáků školy je zapojení do projektu GLOBE, který je postaven na meteorologických měřeních a jejich vyhodnocování, která se následně zasílají do ústavu v USA.

### ***Technické projekty využívající finanční prostředky kraje, MŠMT, ESF.***

Jsou převážně akce řešené v posledním období.

Projekt „Proč se bát matematiky,“ přinesl možnost vybavení učebny audiovizuální technikou s programovým vybavením pro představení průběhu rozličných funkcí a jejich řešení.

Projekt „ Počítačová analýza videozáznamů reálných dějů“ přinesl možnost pořízení videotechniky pro snímání pohybů strojů, případně detailů s možností převést následně zachycený jev do souřadnicového systému s jeho vyhodnocením.

Projekt „Laboratoř informačních technologií“ bude přínosem do praktické průpravy žáků v zaměření *Výpočetní technika a automatizace mechanizovaných provozů*, a to ve smyslu dát žákům šanci pracovat s jednotlivými prvky počítačů, řešit jejich propojení, až po oživení systému. Tedy v dané oblasti dost výrazný posun k praktické činnosti, která byla dosud v plenkách . Realizace se předpokládá do konce kalendářního roku.

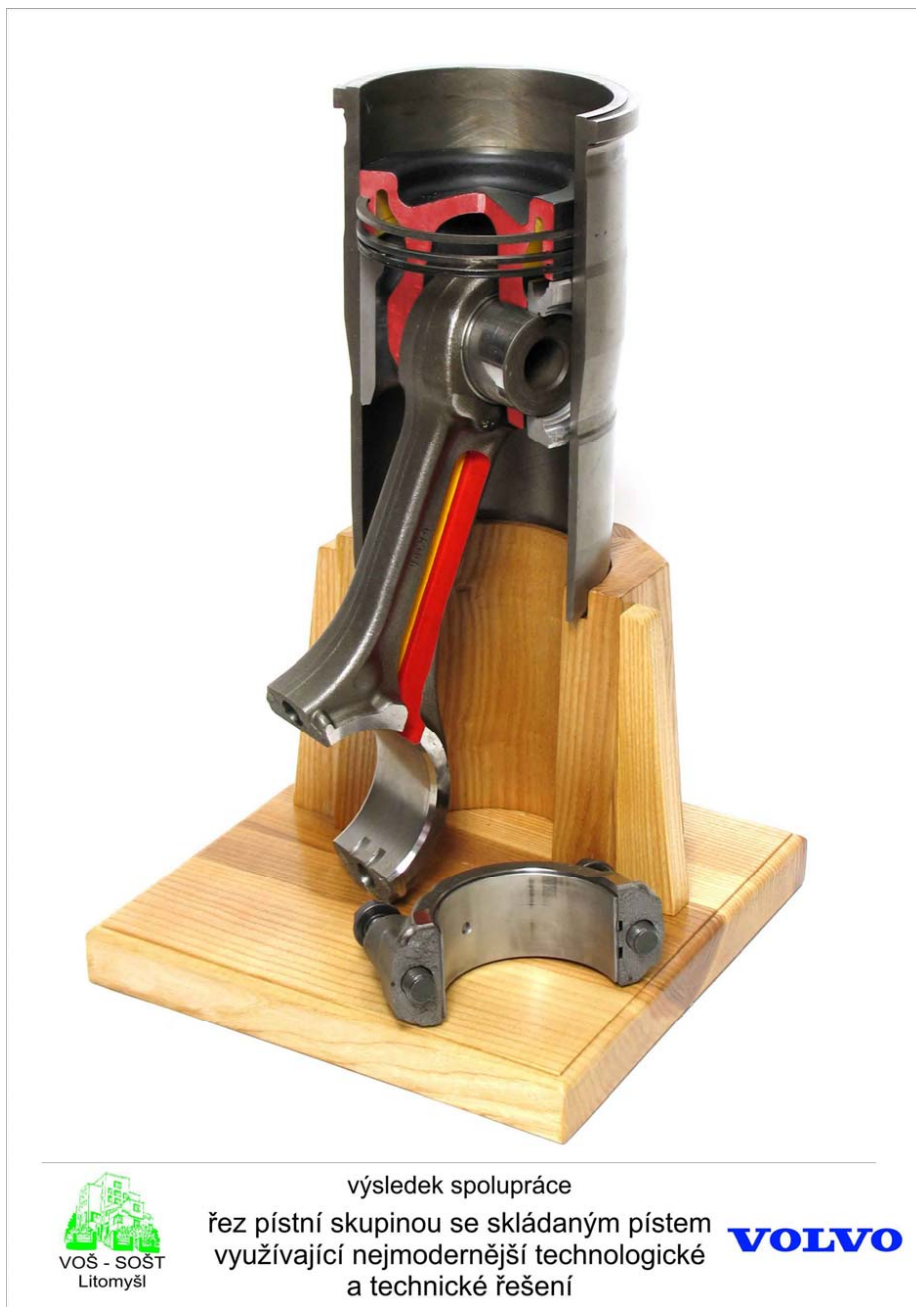
Projekt „Program dalšího profesního vzdělávání s využitím moderních metod výuky pro dospělé na VOŠ a SOŠT Litomyšl“ byl schválen v roce 2006 a je prvním projektem hrazeným z ESF na naší škole. Situace pro nás nová neznámá a tedy také dost problematická. Jde ovšem o možnost finančně zabezpečit celou řadu učebních pomůcek a přednáškami navázat spojení s předními firmami v regionu a s předními odborníky v daných oblastech. Podařilo se realizovat přednášky pro soudní znalce, techniky Global Expert a svářecí technology.

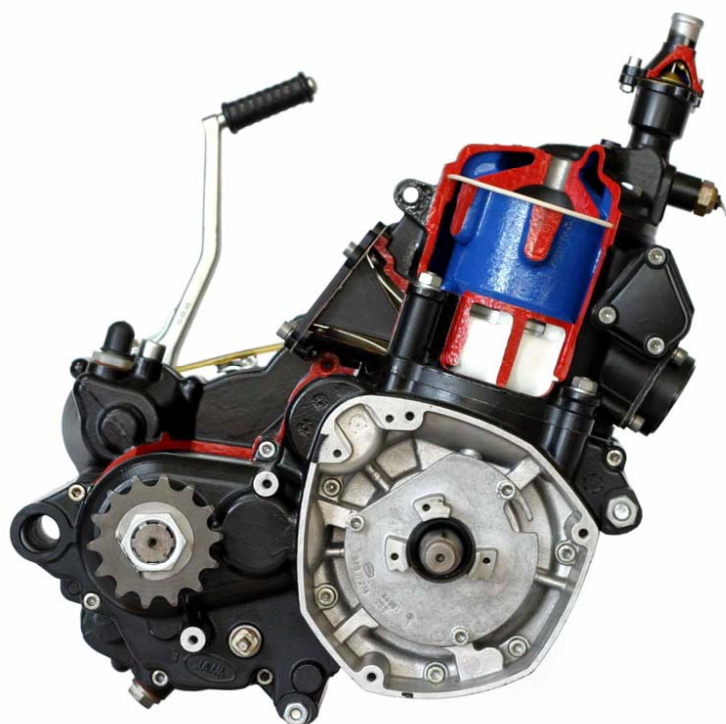
**Spolupráce s firmami:** Spolupráce s firmami v regionu spočívá především v poskytování skupin a detailů k tvorbě názorných pomůcek, které užíváme pro výuku a některé poskytujeme daným firmám pro výuku v jejich školících střediscích. Prvně se podařilo ve spolupráci s řadou firem získat prostředky na zajištění numericky řízeného obráběcího centra. Jde o další krok ve vazbě na využití výpočetní techniky, kterou již na škole vyučujeme – systém CAD/CAM, kdy dokumentace vytvořena v CAD systému bude pomocí CAM systému převedena do řídicího systému obráběcího centra, což je současný trend v řešení obrábění, tváření a podobných výrobních operacích. Tedy průprava praktického uplatnění absolventů se opět rozšiřuje.

**Projekt IQ auto.** Tento projekt umožňuje v rychlejším časovém sledu řešit tvorbu učebních pomůcek se snadnějším zabezpečením nezbytných základních skupin a detailů. Výrazně se zlepšila možnost poskytnutí informací o současné technice a výrobních technologiích pro naše učitele prostřednictvím specialistů od výrobců. Velmi výrazně v tomto směru spolupracujeme s Irisbus Iveco Vysoké Mýto, Auto Škoda Mladá Boleslav, Kvasiny, Karex Cerekvice, Tatra Kopřivnice, Volvo, Scania Brno, Bosch, Fronius.

Více jak 7 leté členství v Autodesk Academii umožňuje studentům naší školy získat nejnovější verze software Autodesku zcela zdarma. Podobný model bezplatného poskytnutí výukového softwaru EdgeCAM firmy Pathtrace nabízí v zastoupení firma Sonetech Zlín.

**Spolupráce školy s firmami v technických oblastech:** Spolupráce firem Jawa Divišov, Praga Avia, Tatra (fabrika + dynamická zkušebna), Zetor, SKF, ESAB, Scania, MAN, Caterpillar, Perkins, STROM (John Deere), New Holland, Iveco, PBS Velká Bíteš, Mann Humel, Barum Continental, Visteon-Autopal Nový Jičín, Motorpal Jihlava, Bosch Jihlava, ČD Česká Třebová a nově ČD Nymburk, Almet Hradec Králové, ČSAD Ústí nad Orlicí, Tedom Jablonec, THT Polička, Karex, Volvo-stavební stroje, Magneton Kroměříž, Paramo, Rieter Ústí nad Orlicí.







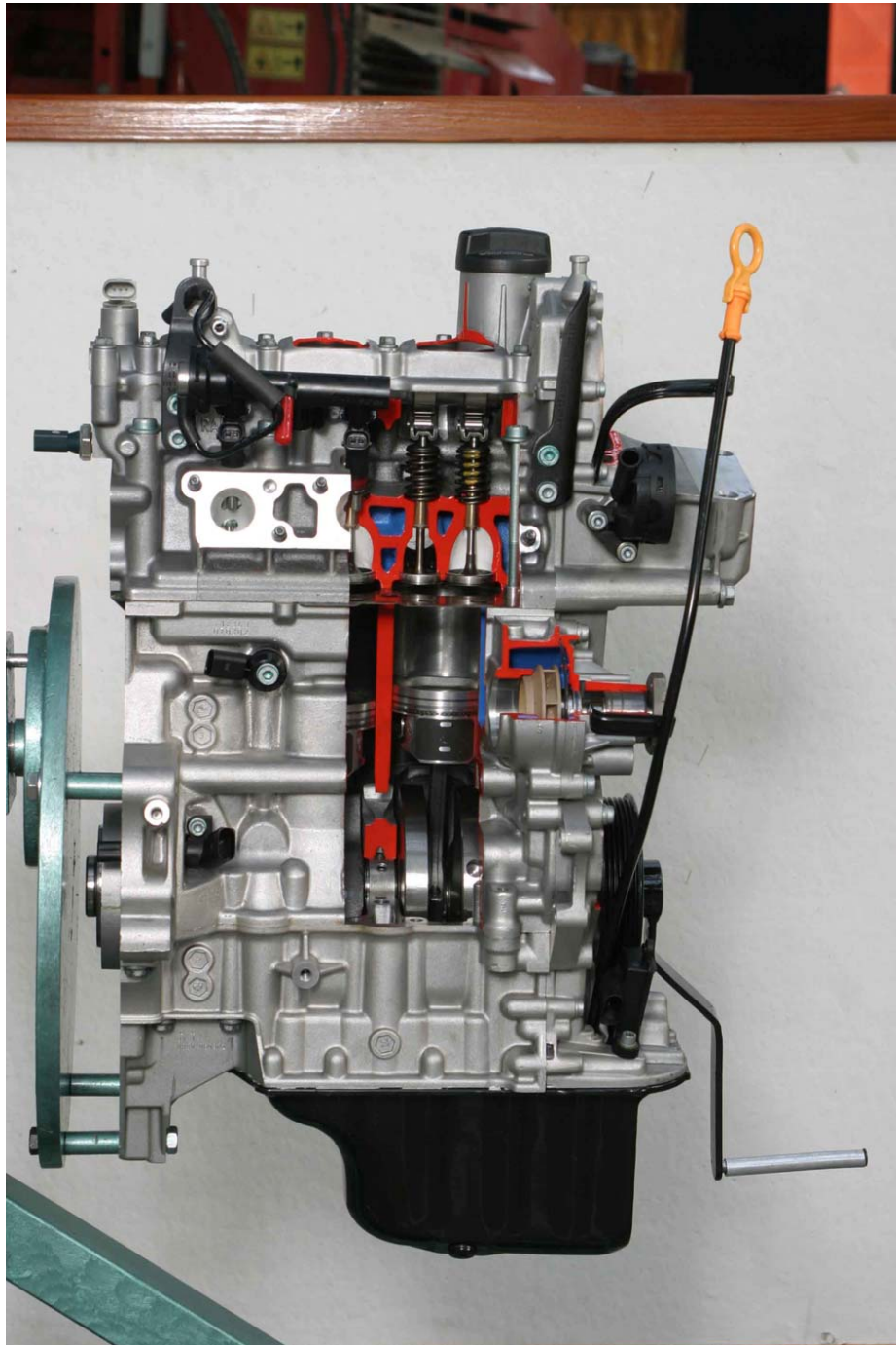


Ventil - hlavní detail spalovacího motoru



Stěžejní skupiny současných vznětových motorů



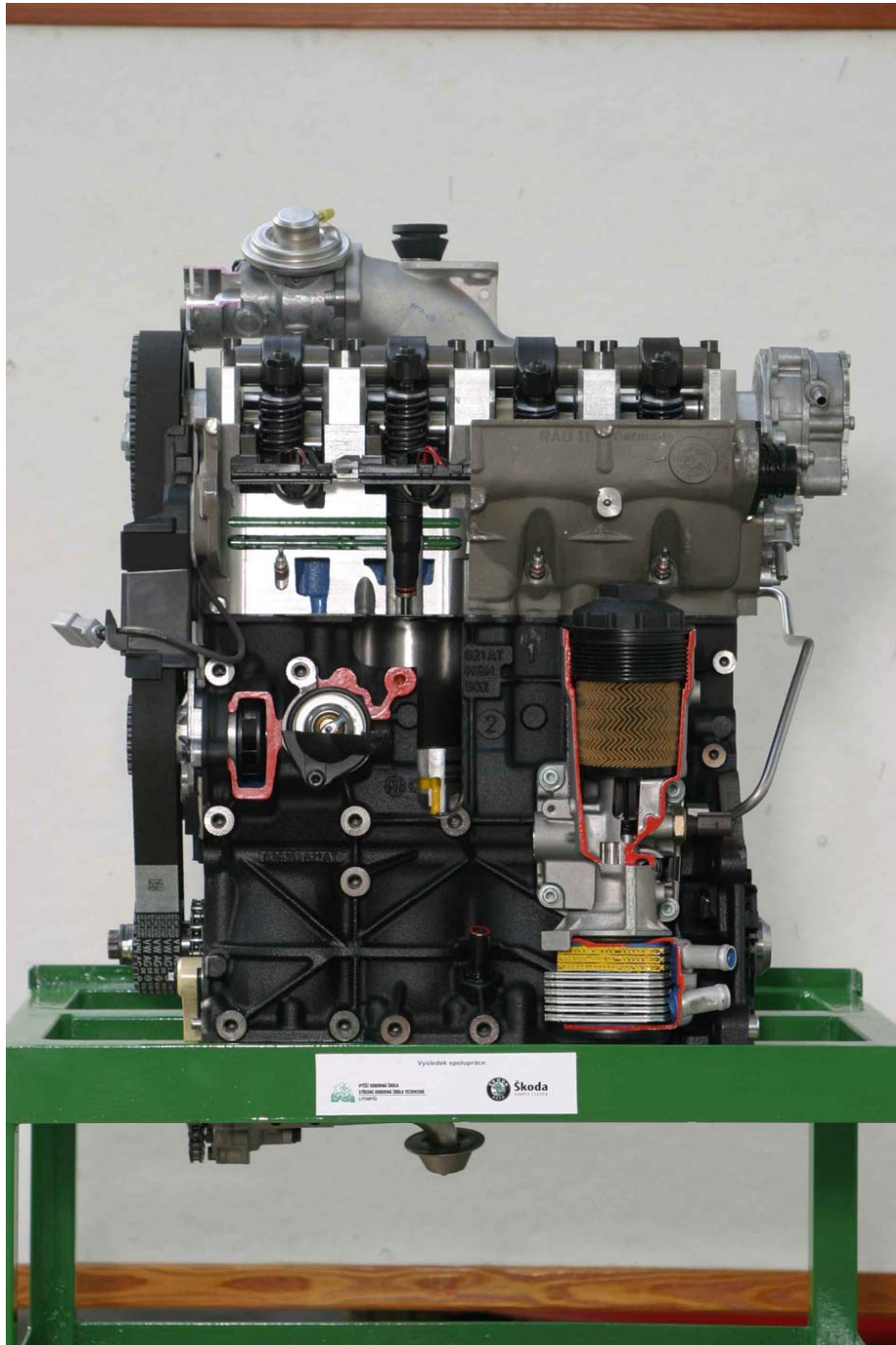


Informace ke škole

9/14

8.6.2007

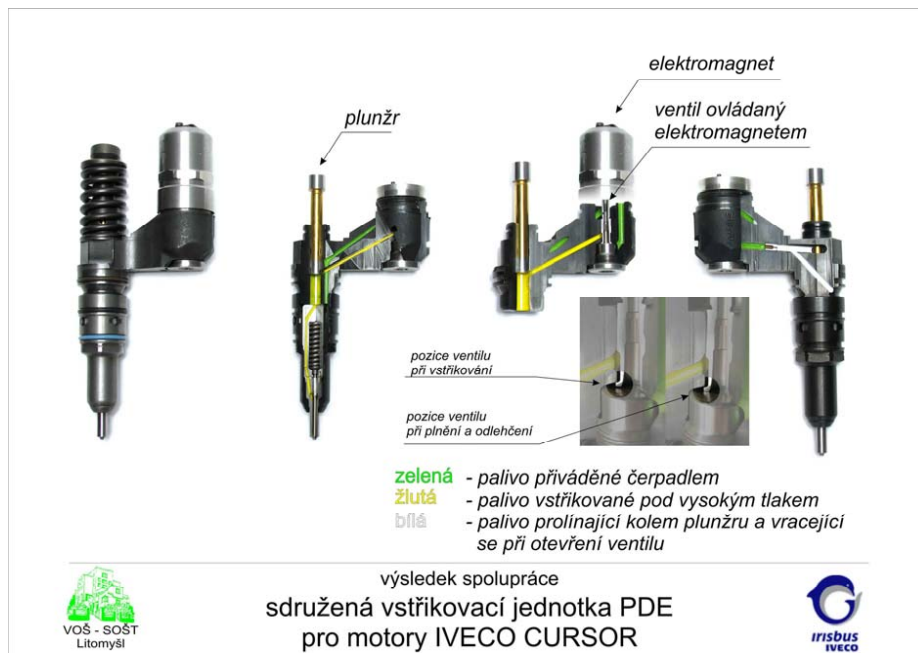


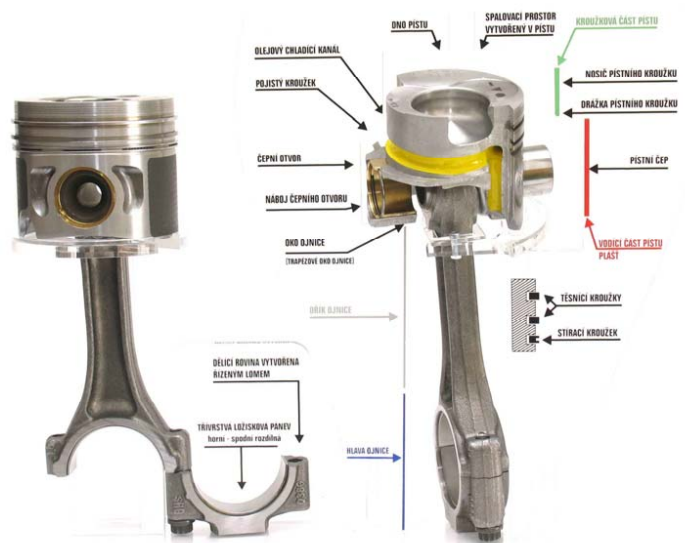


Informace ke škole

11/14

8.6.2007





VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA TECHNICKÁ  
LITOMYŠL

Výsledek spolupráce  
s firmou ŠKODA AUTO a.s.



**Škoda**  
SIMPLY CLEVER





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **TESTER SÉRIOVÝCH ROZHRAŇÍ**

**Břetislav Bakala**

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Písek  
Karla Čapka 402, Písek

### **Anotace**

Cílem této práce je návrh testeru pro převodníky linky RS-232 na jiná průmyslová rozhraní. Zařízení zajišťuje testování sériových přenosů při rychlostech 1,2 kbaud až 230,4 kbaud, je schopno zachytit chybu přenosu případně nedoručení datové sekvence a podat o tom hlášení uživateli. Součástí nastavení je zvolení použití řídicích signálů RTS a CTS dohromady nebo samostatně. Mimo funkci kompletního testu při různých datových sekvencích je zařízení schopno nastavit signály TXD, RXD, DSR, DTR, RTS, CTS, DCD na stálé logické úrovni podle požadavku uživatele. Dále je možné úplně odpojit výstupní signály z portu RTS, TXD, DTR. Ovládání testeru je realizované pomocí softwaru na PC, který komunikuje s testerem pomocí USB. Výsledek testu je možné uložit do textového souboru a detailním zobrazením chyby v přenosu.

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval firmě ELO+, s.r.o. za umožnění realizace této práce, rozšíření mých vědomostí a nových dovedností získaných návrhem testeru. Dále vedoucímu práce panu Mgr. Milanu Janouškovi za odborné vedení a rady při práci s mikroprocesory a návrhu plošného spoje a RNDr. Miroslavu Procházkovi za konzultace při řešení problémů v C++ Builderu.

## Obsah

Anotace.....	3
Obsah.....	4
1 Úvod.....	5
1.1. Dosavadní tester.....	5
1.2. Požadované schopnosti zařízení.....	5
2. Analýza zadání.....	6
3. Návrh.....	7
3.1. Stručný popis RS-232C.....	7
3.2. Princip řešení.....	8
3.2.1. Komunikace mezi hardwarem a softwarem.....	8
3.2.2. Průběh testu (způsob testování).....	10
3.3. Návrh hardwaru.....	11
3.3.1. Blokové schéma.....	11
3.3.2. Výběr základních integrovaných obvodů.....	12
3.3.3. Návrh obvodu.....	13
3.3.4. Návrh plošného spoje.....	15
3.3.5. Oživení.....	15
3.4. Firmware testeru.....	16
3.4.1. Výběr prostředí a programovacího jazyka.....	16
3.4.2. Základní struktura firmwaru.....	17
3.4.3. Inicializace.....	18
3.4.4. Definování vlastních funkcí.....	19
3.4.5. Obsluha hlavního cyklu.....	20
3.4.6. Obsluha přerušení s vyšší prioritou.....	23
3.4.7. Obsluha přerušení s nižší prioritou.....	24
3.4.8. Upload firmwaru a debugging.....	25
3.5. Software.....	25
3.5.1. Komponenta AdpComPort.....	25
3.5.2. Koncepce softwaru.....	26
3.5.3. Vytvoření testovacího balíčku.....	28
3.5.4. Spuštění testu.....	29
3.5.5. Příjem dat z testeru.....	30
3.5.6. Porovnání dat.....	30
3.5.7. Popis statistiky a chybového hlášení.....	31
4. Výsledky řešení.....	32
5. Závěr.....	33



# 1 Úvod

Z témat podaných firmou ELO+, s.r.o. na SPŠ a VOŠ Písek jsem si vybral návrh testeru převodníků sériových rozhraní. Práce byla původně zadána jako dvě témata pro Středoškolskou odbornou činnost s jejím následným využitím v praxi ve firmě ELO+, s.r.o. k testování jejich výrobků. Softwarová část, obsahovala ovládací rozhraní pro tester a druhé téma obsahovalo návrh vlastního testeru. Já jsem tyto dvě úlohy sloučil do jedné a navrhnul řešení včetně vzájemné komunikace.

## 1.1. Dosavadní tester

Stávající systém používá pro testování starý typ PC 486 na který je připojen původní tester. Sériový přenos je generován ve dvou sériových portech počítače a pomocí testeru je buď vpuštěn do testovaného převodníku nebo provede akci podle nastavení ovládacím softwarem pro OS DOS propojeným s testerem pomocí paralelního portu.

Stávající tester už neodpovídá potřebám firmy ELO+, s.r.o. zejména kvůli složitosti ovládání pomocí příkazového řádku, použitím dvou sériových a zároveň jednoho paralelního portu, kdy při vysílání definované sekvence může dojít k přerušení v důsledku jiných probíhajících procesů na PC. Jeden z dalších důvodů obnovy zařízení je modernizace na současnou HW platformu, připojení přes USB port a nedostatečná rychlost testování, která je u klasického sériového portu maximálně 115200 baudů.

## 1.2. Požadované schopnosti zařízení

Firma ELO+, s.r.o. měla při zadávání tyto požadavky:

- vytvoření testeru připojitelného přes USB s jednoduchým ovládacím softwarem, který zároveň podává výsledky testu
- verze testeru pro rozhraní RS-232 a pro rychlosti dané tímto rozhraním
- tester musí být schopen plynule vyslat určitou sekvenci dat (paket) danou rychlostí, která je uživatelsky definovaná a vysílání této sekvence opakovat
- datová sekvence může být posílána v režimu full-duplex nebo half-duplex s použitím harwarového řízení RTS a CTS, tyto možnosti musí být definovatelné
- vyhodnocení času přenosu paketu a určení zda byla doručena v limitu
- umožnit úplné odpojení vysílacích vývodů a pevné nastavení na stav logická nula nebo jednička

- sériový port testeru musí obsahovat signály TXD, RXD, RTS a CTS, ostatní signály standardu jsou nepovinné

## 2. Analýza zadání

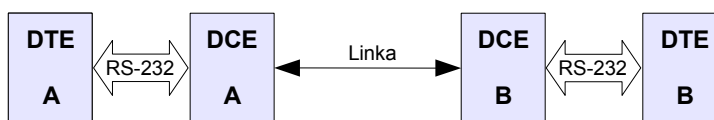
Z pospisu původního testeru a zadání práce vyplývají dílčí úlohy:

- Zajistit v požadované rychlosti plynulý tok vysílaných dat a jejich současný plynulý příjem. Pro potřeby testování je možno omezit celkové množství testovacích dat v jednom plynulém toku na určitý objem. Tím se tato úloha dá zjednodušit na jakýsi krok testu o určité velikosti. Úkolem navrhovaného testeru by bylo přijmout, zpracovat a poslat výsledky kroku testu. Řízení celého testu by mohlo být úkolem počítače, kde by bylo možno jednotlivé kroky nastavit, určit testovací rychlost a výsledky jednotlivých kroků testu vyhodnotit
- Vytvořit plynulý tok dat během kroku testu na dvou rozhraních RS 232 ve full a half duplexním režimu v požadovaném rozsahu rychlostí. Z důvodu závislosti na správě úloh operačního systému Windows není vhodné tento úkol řešit původní koncepcí a je nutno zajistit obsluhu dvou sériových portů
- Navrhnout vhodnou komunikaci mezi operačním systémem Windows, rozhraním USB a testerem. HW obsluha portu USB je vzhledem ke složitosti rozhraní náročná, přijmutá data je nutno v dostatečné rychlosti zpracovávat. Přenášená data bude nutno rozdělit na řídicí data určující chování testeru v dalším kroku, testující sekvence dat, přijmutá data z testovaného zařízení a další stavové signály.
- Navrhnou technické řešení testeru umožňujícím komunikaci s počítačem přes rozhraní USB, řízení a plynulou komunikaci během kroku testu na testovaných rozhraních RS 232. Z výše popsanych úloh, které má nový tester vykonávat bude vhodné použít řešení s mikroprocesorem, který má dva sériové porty a v ideálním případě přímo port USB, nebo paralelní port s možností připojení vhodného převodníku na USB. Mikroprocesor bude nutno naprogramovat. Předpokládám použití mikrokontrolérů PIC firmy Microchip.
- Vytvořit ovládací software pro platformu Windows s možností jednoduchého grafického uživatelského rozhraní.

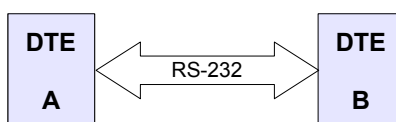
### 3. Návrh

#### 3.1. Stručný popis RS-232C

Rozhraní RS-232C je určeno pro připojení zařízení na vysílání nebo příjem dat (DTE – počítač, tiskárna nebo jiné periferní zařízení) ke koncovému zařízení datových kanálů (DCE – modem). Cílem je spojit 2 zařízení DTE přes jinou linku než je RS-232C (plné schéma zapojení na obrázku 1). Můžeme propojit zařízení DTE přímo mezi sebou pomocí tzv. nulového modemu (viz. obrázek 2). Standard určuje řídicí signály rozhraní, přenos dat, elektrické rozhraní a typy konektorů. Standard nabízí synchronní i asynchronní přenos dat, ale porty COM podporují pouze asynchronní režim.



Obrázek 1. Plné schéma připojení RS-232C



Obrázek 2. Připojení RS-232C pomocí nulového modemu

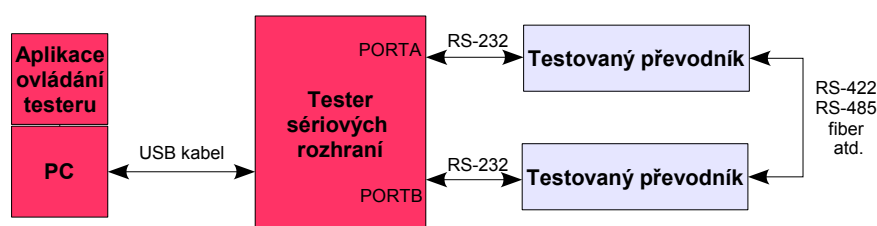
Standard RS-232C definuje asymetrické vysílače a přijímače, u kterých je signál přenášen relativně ke společnému vodiči (uzemněnému obvodu). Rozhraní nepočítá galvanické oddělení propojovaných zařízení. Napětí v rozsahu -12 V až -3 V odpovídá logické jedničce a napětí od +3 V do +12 V logické nule na signálech RXD (viz tabulka 1). Na signálech TXD (viz tabulka 1) jsou místo hodnot +3 a -3 V prahové hodnoty +5 a -5 V. U řídicích signálů potom odpovídá rozmezí +3 V až +12 V stavu ON a -12 V až -3 V stavu OFF. Bližší popis standardu je umístěn na internetové adrese <http://rs232.hw.cz>.

Tabulka 1: Popis vybraných signálů RS-232C

<b>TXD</b>	Sériová data, výstup vysílače
<b>RXD</b>	Sériová data, vstup přijímače
<b>RTS</b>	Stav ON informuje modem, že terminál má data k přenosu.
<b>CTS</b>	Povolení terminálu, aby odeslal data. OFF zakáže přenos dat. Signál se používá k hardwarovému řízení datových proudů
<b>DSR</b>	Vstup signálu indikuje, že zařízení je připraveno přenášet data
<b>DTR</b>	Výstup signálu informuje, že je terminál připraven vyměnit data.
<b>DCD</b>	Vstup signálu oznamuje, že byl detekován nosný signál vzdáleného modemu.

### 3.2. Princip řešení

Navrhované řešení se skládá z hardwarové a softwarové části. Softwarová část běží pod operačním systémem Windows na počítači a má za úkol ovládání testeru a zobrazení výsledků testování. Hardwarová část je technicky řešena novým externím zařízením s vlastním napájecím zdrojem. Tento tester je spojen s počítačem pomocí kabelu USB A / USB B. Testované prvky je možno připojit k testeru pomocí dvou rozhraní RS-232. Testují se vždy 2 stejné převodníky. Mezi dva testované převodníky může být vřazen libovolný počet jiných převodníků, podvnikou je však, že na obou koncích testované linky musí být výstup dle standardu RS-232. Jednotlivé části testovacího zařízení a jejich zapojení je vidět na blokovém schématu(viz. obrázek č.3).



Obrázek 3: Blokové schéma zapojení testeru

#### Softwarová část

V aplikaci pro ovládání testeru může uživatel provádět veškeré nastavení testeru a testu. Aplikace obsahuje přehled nastavení testu, tlačítka pro ovládání testu, výpis výsledků testu, popřípadě více testů prováděných za sebou. Součástí základního okna aplikace je i odpojování jednotlivých výstupních vývodů a jejich nastavování do stavů „1“ nebo „0“. U těchto prvků nalezneme i informace o stavu připojení nebo odpojení vývodů stavů signálů.

#### Hardwarová část

V hardwarové části(Testeru sériových rozhraní) jsou prováděny testy podle uživatelského nastavení a provádí se zde úkony popsané v předchozím odstavci.

#### 3.2.1. Komunikace mezi hardwarem a softwarem

Důležitým prvkem je komunikace mezi oběma částmi testeru. Jelikož podmínkou firmy byla využít pro komunikaci sběrnici USB, zvolil jsem jako nevhodnější způsob převodu signálu USB na paralelní sběrnici mikroprocesoru s možností využití některých z převodníků USB na sériový nebo paralelní(FIFO) port, protože zpracování signálů v mikroprocesoru je mnohonásobně jednodušší, než řešit komunikaci přímo pomocí USB. V počítači přistupujeme k médiu jako k virtuálnímu sériovému portu. Tento způsob lze

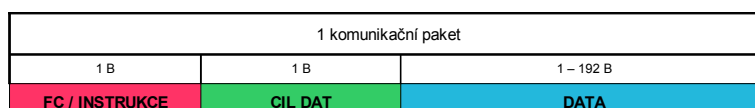
využit, protože nejsou při komunikaci požadované velké rychlosti.

Důležitou součástí komunikace je určení si nějakého protokolu, podle kterého bude probíhat přenos informací. Komunikaci jsem navrhl pomocí osmibitových instrukcí, po jejichž přijetí vykoná tester požadovaný úkon. Hodnoty instrukcí a jejich význam jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Seznam instrukcí testeru

Hodnota instrukce (HEX)	Význam instrukce
00	Odpojit vývod TXD1
01	Připojit vývod TXD1
02	Odpojit vývod TXD2
03	Připojit vývod TXD2
04	Odpojit vývod DTR1
05	Připojit vývod DTR1
06	Odpojit vývod DTR2
07	Připojit vývod DTR2
08	Odpojit vývod RTS1
09	Připojit vývod RTS1
0A	Odpojit vývod RTS2
0B	Připojit vývod RTS2
0C	Nastavit TXD1 do logické 0
0D	Nastavit TXD1 do logické 1
0E	Nastavit TXD2 do logické 0
0F	Nastavit TXD2 do logické 1
10	Nastavit DTR1 do logické 0
11	Nastavit DTR1 do logické 1
12	Nastavit DTR2 do logické 0
13	Nastavit DTR2 do logické 1
14	Nastavit RTS1 do logické 0
15	Nastavit RTS1 do logické 1
16	Nastavit RTS2 do logické 0
17	Nastavit RTS2 do logické 1
28	Nastavit test do full-duplexního režimu
29	Nastavit test do half-duplexního režimu
2A	Zapnout používání HW řízení RTS
2B	Vypnout používání HW řízení RTS
2C	Zapnout používání HW řízení CTS
2D	Vypnout používání HW řízení CTS
2E	Odeslat do PC status připojení vývodů a stavů signálů
30	Spustit TEST
31	Paket nedoručen v časového limitu
32	Přepnout ze sériového režimu do režimu nastavování stavů
FC	Hlavička datového paketu

V seznamu instrukcí testeru (viz. tabulka 2) je jedna hexadecimální hodnota instrukce FC. Tato instrukce určuje, že následující přijaté informace nebudou instrukce, ale data. O jaký typ dat a kam mají být uloženy informuje tester hodnota dalšího bytu CIL DAT. Další přijaté byty z PC jsou data. Komunikační paket znázorňuje obrázek 4.



Obrázek 4: Struktura komunikačního paketu

Pole bytů DATA může nabývat různé délky. Při přenosu testovacích nastavení do testeru je délka paketu daná hodnotou bytu CIL DAT a algoritmus pro příjem těchto paketů určuje podle jejich struktury kdy má být ukončen (viz. tabulka 3). Dalším typem dat může být uživatelsky nastavená testovací sekvence s proměnnou délkou, v takovém případě se před odesláním sekvence pošle paket obsahující délku sekvence např. FC 10 (viz. tabulka 3).

Tabulka 3: Význam komunikačních paketů

FC	CIL DAT	DATA	Význam paketu při toku z PC do TESTERU
FC	1	SPBRG + SPBRGH	Zapnout rozhraní USART o dané rychlosti
FC	2	switchTime	Nastavení časové prodlevy mezi přepnutí směru při Half-duplexním přenosu
FC	10	pocet_bytu	Délka testovacího paketu
FC	11	max 192 B dat	Testovací datová sekvence určena pro odeslání na RS-232 port A a B
			<b>význam paketu při toku z TESTERU do PC</b>
FC	12	Delka paketu1 + Delka paketu2 + TIMERL_C1 + TIMERH_C1 + TIMERL_C2 + TIMERH_C2	Délky přijatých dat na portech A a B + čas potřebný pro přijetí jedné sekvence
FC	13	max192 B dat	Data přijatá na Portu B
FC	14	max192 B dat	Data přijatá na Portu A
FC	20	stat_rele + stat_1 + stat_2	Status nastavení testeru

### 3.2.2. Průběh testu (způsob testování)

Ze zadání je zřejmé, že testovací sekvence musí být odeslána plnyule a najednou. Z tohoto faktu vyplývá následující princip odesílání a vyhodnocování testovacích paketů.

Jako jeden test jsem zvolil přenesení jednoho uživatelsky vytvořeného testovacího paketu o maximální délce 192B<sup>1</sup> a jeho vyhodnocení. Tento test se podle nastavení opakuje až do ukončení uživatelem, nebo se provede pouze jednou. Při suštění testu se tedy nejprve připojí vývody používané v testu a potom se odešle do paměti testeru testovací paket, který je odeslán na porty A a B testeru. Data přijatá na portech se ukládají do paměti testeru a po přijetí všech odeslaných bytů testovacího paketu se odesílají z paměti do PC, který vyhodnotí jejich správnost. V případě že data nesouhlasí, aplikace vypíše chyby a ukončí testování, v případě že data souhlasí tak podle nastavení opakování testu vydá pokyn (odešle instrukci s hodnotou 30 viz. kapitola 2.1.2. tabulka 1) k provedení nového

1 délka paketu byla zvolena v závislosti na velikosti čítače mikroprocesoru a nejmenší rychlosti přenosu 1,2 kbaudů

testu se stejnými parametry a testovacím paketem a celý proces se opakuje. Po ukončení každého testu se zobrazí celková statistika testování, tzn. kolik bylo provedeno testů, kolik paketů bylo přenesených špatně a kolik dobře.

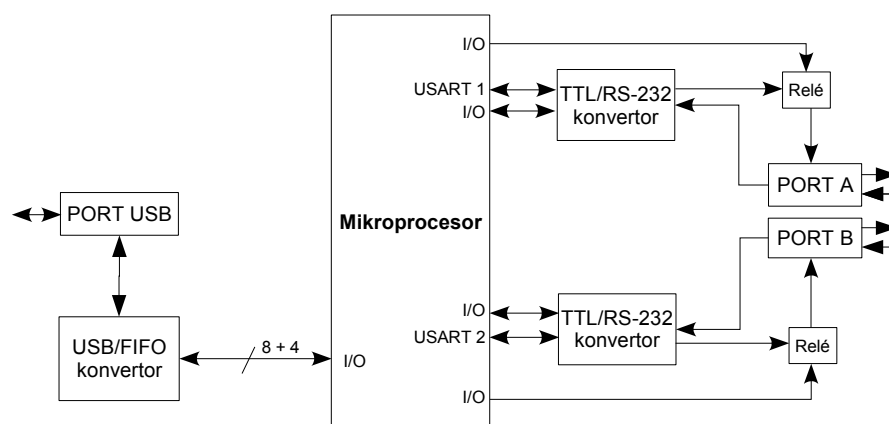
Full-duplexní režim testu znamená odeslání testovacího paketu z obou portů najednou, zatímco při half-duplexním režimu se odešlou data nejprve z portu A a po přijetí na portu B se odesílají data z portu B. Po přijetí všech dat, tzn. dat na portu A a následně na portu B se odesílají přijaté pakety do PC k vyhodnocení jejich správnosti.

Při obou režimech se při zapnutém HW řízení nejprve nastaví signál RTS portu který je připraven vysílat a poté před odesláním každého bytu v paketu testuje zda je nastaven signál CTS do logické 1. Tento způsob řízení odpovídá zařízení DTE jako je například sériový port COM v počítači.

Na výstupních signálech TXD, DTR, RTS je snížena úroveň výstupního napětí, aby bylo poznat, zda dokáže testovaný převodník rozeznat slabší signál.

### 3.3. Návrh hardwaru

#### 3.3.1. Blokové schéma



Obrázek 5: Blokové schéma testeru

USB/FIFO konvertor zajišťuje přenos osmibitové informace z procesoru a zpět pomocí USB do virtuálního portu v PC, je proto důležitým blokem zapojení. Mikroprocesor je nedílnou řídicí a paměťovou jednotkou testeru, spouští test, pomocí I/O portu ovládá relé

pro odpojení výstupních vývodů, nastavuje jednotlivé signály a odesílá naměřená data zpět do PC. Knovertory TTL/RS-232 slouží ke změně napěťových úrovní z TTL 5V logiky na normu RS-232.

### 3.3.2. Výběr základních integrovaných obvodů

#### Mikroprocesor

Nejdůležitějším prvkem celého testeru je mikroprocesor. Požadavkem na procesor byl dostatečný počet vstupně/výstupních bran, 2 sériové porty USART a vysoká taktovací frekvence procesoru.

S ohledem na složitost návrhu a na související požadavky na procesor jsem zvolil mikrokontrolér Microchip PIC18F6722. Hlavním kritériem výběru tohoto obvodu byly 2 sériové porty USART<sup>2</sup>. Další vlastnosti mikroprocesoru jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Microchip PIC18F6722

<b>Paměť flash</b>	128 kB
<b>Paměť RAM</b>	3936 B
<b>Taktovací frekvence</b>	40 MHz (10 MIPS)
<b>Časovačů 16-bit/8-bit</b>	3/2
<b>I/O portů</b>	A, B, C, D, E, F, G
<b>Zdrojů přerušení</b>	28
<b>Priority přerušení</b>	2

#### USB/FIFO konvertor

Výběr tohoto převodníku nebyl složitý, protože na trhu se jich nevyskytuje takové množství jako mikrokontrolérů. Zvolil jsem si výrobce FTDI Chip a obvod FT245BM. Výběr byl dán také dostupností integrovaného obvodu přímo ve firmě ELO+, s.r.o. Zapojení obvodu je jednoduché a splňuje kladené nároky. Potřebné ovladače pro PC jsou volně stažitelné na internetové adrese výrobce [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com). Ovladače je nutné ručně nainstalovat ještě před připojením obvodu k USB. Základní informace o obvodu jsou uvedeny v tabulce 5.

<sup>2</sup> Enhanced Universal Synchronous Receiver Transmitter – rozšířený univerzální synchronní přijímač vysílač



Tabulka 5: FTDI Chip FT245BM

<b>Rychlost přenosu</b>	až 300kbit/s při VCP <sup>3</sup>
<b>Rychlost přenosu</b>	až 1Mbit/s při D2XX <sup>4</sup>
<b>Vstupní vyrovnávací paměť</b>	128 B
<b>Výstupní vyrovnávací paměť</b>	384 B
<b>Kompatibilita</b>	USB 1.1, USB 2.0
<b>Podporované OS</b>	Windows 98/2000/XP, Linux, Mac OS

### TTL/RS-232 konvertor

Protože logická 1 má v RS-232 úroveň napětí -15V až -3V a logická 0 úroveň 3V až 15V musíme na tyto hodnoty převést logický signál vedený z mikroprocesoru K tomu jsem použil asi nejznámější a nejpoužívanější obvod MAX232A. Obsahuje 2 konvertory pro výstup na linku a 2 pro vstup z linky RS-232. Výhodou tohoto konvertoru je podporovaná rychlost 200 kbit/s, která se občas jako nadstandard také využívá. Kondenzátory pro napěťové pumpy nemusí být 1 $\mu$ F jako u normálního MAX232, ale stačí použít 100nF s menším pouzdem v keramickém provedení.

### Relé

Typ relé jsem měl dán firmou ELO+, s.r.o. Použil jsem 5V přepínací relé EZ0015. Tyto relé byly použity ve staré verzi testeru a pro novou plně dostačují.

### 3.3.3. Návrh obvodu

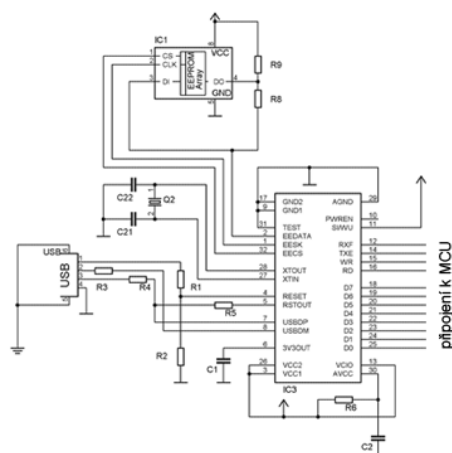
Celé schéma zapojení testeru, popsané v této kapitole, je v příloze 1.

Základní jednotkou je mikrokontrolér PIC18F6722. Na vývodech 39 a 40 je připojen externí krystal k vnitřnímu oscilátoru (viz. obrázek 7). Kmitočet krystalu je 10 MHz, který je po zpracování ve vnitřním oscilátoru mikroprocesoru 4x násoben fázovým závěsem PLL. Mikrokontrolér má vyvedené programovací piny MCRL, DATA, CLOCK (viz. obrázek 7). Navíc jsem do základního obvodu mikroprocesoru přidal na volné vývody 35, 34, 33 piny pro libovolnou aplikaci, například pro připojení LED nebo pro ladící účely při programování.

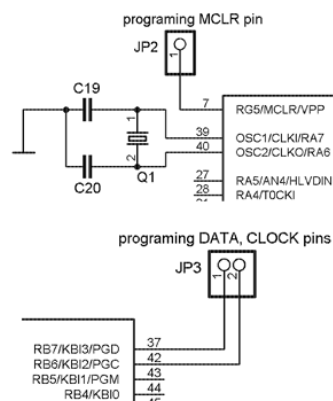
Na vstupně/výstupní bránu E jsou připojeny datové signály převodníku USB/FIFO, na první 4 výstupy brány D potom řídicí signály. Připojení USB a paměti EEPROM k FT245BM (viz. obrázek 6) je realizováno podle doporučeného katalogového zapojení pro oddělené napájení v technické dokumentaci k obvodu.

<sup>3</sup> Virtual Com Port – virtuální sériový port v PC

<sup>4</sup> USB direct drivers – přímý přístup k USB pomocí dll knihoven

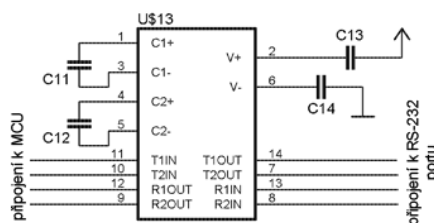


Obrázek 6.: Zapojení FT245BM



Obrázek 7.: Zapojení krystalu MCU a programovacích pinů

Na výstupní a vstupní piny USART1 a USART2 jsou připojeny obvody MAX232A, ze kterých výstupní signály vedou přes odpojovací relé na 9-pinový konektor a vstupní signály do testeru přímo z převodníku na konektor. Tím je zajištěno vypínání výstupních signálů z testeru do testované linky. Do výstupních signálů byl ještě vřazen odpor  $1k\Omega$  kvůli snížení výstupní úrovně napětí. Ostatní řídicí signály portů jsou vedeny z I/O<sup>5</sup> pinů přes konvertory úrovně MAX232A (obrázek 8) na piny jednotlivých konektorů. Na které I/O<sup>5</sup> piny jsou signály připojeny je určeno návrhem plošného spoje, aby byly spoje jednoduše taženy.



Obrázek 8.: Zapojení MAX232

Relé nemůžou být k mikrokontroléru zapojena přímo, protože jejich spínací proud by mohl zničit I/O<sup>5</sup> brány kontroléru. Použil jsem proto budič sběrnice 74HC245 pro který je také navržený plošný spoj. V kapitole Oživení 2.2.5. je popsána zkušenost s použitím tohoto obvodu pro buzení spínací cívky relétek.

5 I/O – Input/Output – vstupně výstupní brána nebo vývod

Napájení je realizované pomocí stabilizovaného 5V vnějšího adaptéru. Před vstupem napájení do dalších obvodů je vřazena dioda v propustném směru, aby v případě otočení polaroty napájení nedošlo ke zničení veškeré elektroniky.

### 3.3.4. Návrh plošného spoje

Z důvodů použití již vyrobené krabičky na jeden z výrobků firmy ELO+, s.r.o. bylo potřeba dodržet při návrhu splošného spoje rozměry plošného spoje a umístění konektorů, montážních děr a indikační led diody pro napájení na DPS<sup>6</sup>. Umístění součástek jsem provedl podle návrhu plošného spoje, pro který je krabička určena.

Kromě výše zmíněných požadavků bylo nutné při návrhu v programu EAGLE r4.16 dodržet tato pravidla:

- používat pravouhlé nebo 45 stupňové vedení spojů,
- nevytvářet duplicitní spoje<sup>7</sup>
- dodržet dostatečný odstup a tloušťku spojů<sup>8</sup>(odstup spojů byl v tomto případě dán roztečí vývodu mikrokontroléru)
- vyplnění prázdných ploch spojem připojeným na GND<sup>9</sup>
- dodržet mřížku při vytváření nových knihoven v návrhovém programu

Schéma plošného spoje je v příloze 2.

Součástí návrhu plošného spoje bylo i vytvoření knihovny pro součástky PIC18F6722 s pouzdem TQFP 64, MAX232A v pouzdře SOIC150<sup>10</sup> a pro relé EZ0015 .

### 3.3.5. Oživení

Po osazení plošného spoje<sup>10</sup> a připojením k napájení se rozsvítila indikační dioda napájení PWR. Po proměření klíčových napětí na napájecích pinech integrovaných obvodů jsem považoval hardware za funkční. Klíčový okamžik nastal v momeňtě, kdy jsem pomocí první verze firmwaru sepnul všechna relé současně. Integrovaný obvod 74HC245 se začal zahřívát. Zařízení jsem vypnul a proměřil odpory spínacích cívek relátek. Jelikož jsem při

---

6 DPS – deska plošného spoje

7 stejné signály umístěné nad sebou

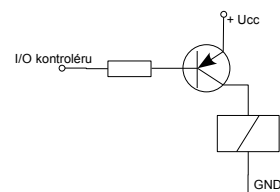
8 udává třídu přesnoti pro výrobu DPS a také výrobní cenu plošného spoje

9 GND – ground - zem

10 Osazený plošný spoj je vidět na fotografii v příloze 3

návrhu předpokládal, že všechna relátka mají stejný odpor, tak jsem nepředpokládal toto chování, ale jak se změřením odporů ukázalo relé byly vyrobeny podle dvou norem. Jedna má odpor spínací cívky  $80\Omega$  a druhá  $160\Omega$ . Při návrhu jsem změřil pouze jedno relé s hodnotou  $160\Omega$  a předpokládal, že jsou stejná. Tento stav vedl ke zvýšení proudu procházejícím každým vývodem integrovaného obvodu.

Tester byl funkční včetně spínání relátek, ale nespolehlivý, rozhodl jsem se tedy vyměnit IO 74HC245 za 6 spínacích tranzistorů. Jelikož jsem měl relé zapojené na spínání proti zemi, použil jsem univerzální tranzistory BC327. Jedná se o tranzistor typu PNP v zapojení podle schématu na obrázku 9. Hodnotu odporu jsem podle vlastností tranzistoru uvedených v katalogovém listu zvolil 5K6. Realizace tohoto zapojení na plošném spoji je vidět na fotografii v příloze 3.



Obrázek 9. Zapojení tranzistoru pro buzení relé

### 3.4. Firmware testeru

Další velmi důležitou částí testeru je firmware nahrávaný do mikrokontroléru. Firmware řídí veškerou činnost mikrokontroléru a rozlišuje jaká instrukce přišla a který příkaz vykonat.

#### 3.4.1. Výběr prostředí a programovacího jazyka

S použitím řady mikrokontrolérů PIC18 se nabízí možnost programovat firmware v jazyku C. S výběrem programovacího jazyka souvisí i výběr vývojového prostředí.

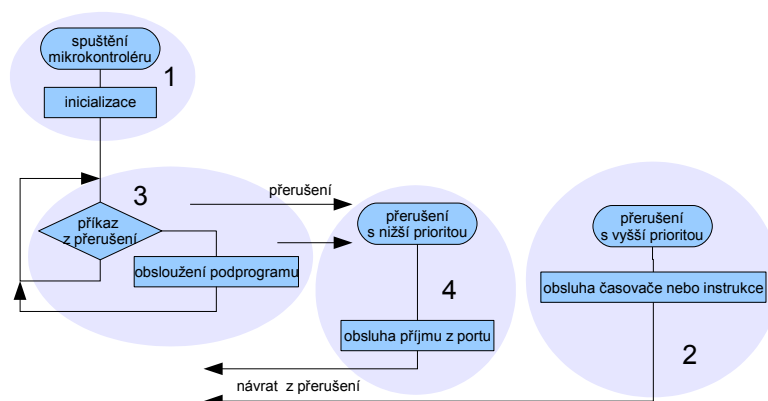
Možnost volby jsem měl z HI-TECH PICC, což je vývojové prostředí a úprava jazyka C pro mikrokontroléry. V nekomerční verzi HI-TECH PICC je program pro řadu PIC18 omezen na maximální velikost programu 8kB.

Další nástroj, ten který jsem si zvolil, je jazyk C18 implementovaný do vývojového prostředí MPLAB od Microchipu. V jazyce C18 od Microchipu je omezen na dva měsíce funkčnosti optimalizace přeloženého kódu.

Programování mikrokontroléru v jazyce C může vést ke zbytečným příkazům a složitějším algoritmům při překlada do assembleru, ale v poměru ke zjednodušení programování složitějších aplikací je to zanedbatelné.

### 3.4.2. Základní struktura firmwaru

Běh programu by se dal rozdělit na 4 části (obrázek 10) podle procesů a úloh které řeší.



Obrázek 10. Základní struktura firmwaru

#### Část 1 - INICIALIZACE

V této části dojde ke spuštění mikroprocesoru a proběhne proces inicializace mikrokontroléru. Nastaví se směry všech vstupně/výstupních bran, provede se nastavení potřebných přerušeni a jejich priorit, nastavení 16-bitového módu pro časovač a pro taktovací děličku sériového portu.

#### Část 2 – OBSLUHA PŘERUŠENÍ S VYŠŠÍ PRIORITY

Zde dochází k příjmu instrukcí z PC. Obsahuje rutinu pro příjem bytu z převodníku USB/FIFO. Pokud je instrukce jednoduchá provede se ihned v přerušeni, ale pokud se jedná o složitější instrukci nastaví se pouze hodnota podle které pozná nekonečná smyčka v části 3 jaký podprogram má spustit. Další úlohou toho procesu je obsluha přerušeni z přeplněného časovače, což znamená že testovací paket nebyl doručen v časovém limitu.

#### Část 3 – HLAVNÍ CYKLUS

Po inicializaci se program dostane do části 3 a zacyklí se do nekonečné smyčky, ve které je připraven vykonávat podprogramy určené přijatou instrukcí přerušeni v části 2.

#### Část 4 – OBSLUHA PŘERUŠENÍ S NIŽŠÍ PRIORITY

Poslední 4. částí je obsluha přerušeni s nižší prioritou. Tato rutina se stará pouze o příjem testovacích bytů na portech testeru A a B. Rozlišuje také zda byli přijat stejný počet bytů jako počet odeslaných bytů.

### 3.4.3. Inicializace

Hned po spuštění mikrokontroléru se nakonfigurují všechny potřebné registry. Konfigurace probíhává následujícím pořadím:

Za prvé je potřeba nastavit směr jednotlivých vstupně/výstupních pinů. Nastavení provedeme pomocí registrů TRISx. Za písmeno „x“ dosadíme písmeno dané brány, kterou chceme nastavovat. K jednotlivým vývodům brány potom přistupujeme jako k bitům registru TRISx. Pokud je bit nastaven na logickou 0 je daný vývod výstupní, pokud na logickou 1 je vývod vstupní. V testeru je provedeno nastavení následujícím způsobem:

```
TRISC = 0x80;
TRISA = 0x00;
TRISB = 0x05;
TRISD = 0xC3;
TRISE = 0xFF;
TRISF = 0x14;
TRISG = 0x14;
```

Dalším bodem inicializace je nastavení přerušení a jejich priority.

```
INTCON = 0b11110000;
INTCON2 = 0b00000100;
INTCON3 = 0x00;
T0CON = 0b00000111;
PIR1 = 0x00;
PIR2 = 0x00;
PIR3 = 0x00;
PIE1 = 0b00100000;
PIE2 = 0x00;
PIE3 = 0b00100000;
IPR1 = 0x00;
IPR2 = 0x00;
IPR3 = 0x00;
RCON = 0b10000000;
```

Výše uvedený kód nastavuje použití priority přerušení, povoluje globální přerušení, přerušení při přijetí bytu na portech EUASRT 1 a 2, přerušení při přetečení hodnoty v časovači/čítači a externí přerušení na pinu RB0 (první pin brány B). Priority přerušení čítačem a při sestupné hraně na RB0 je nastaveno na vyšší prioritu a přerušení od EUSART 1 a 2 je nastaveno na nižší prioritu. Priority jsou nastaveny tak, aby nemohlo přerušení EUSARTU zamaskovat přerušení časovače, ke kterému by nedošlo a tester by nerozpoznal zda paket dorazil v limitu, či ne. Priorita externího přerušení na RB0 je dána výrobcem v architektuře procesoru vždy na vyšší prioritu.

Důležité je také nastavení časovače který musí počítat nejdelsí čas který může. Toho docílíme nastavením 16-bitového módu čítače a předděličky na hodnotu 256. Nastavení provedeme následujícím přiřazením.

```
T0CON = 0b00000111;
```

Nastavení 16 bitové deličky pro časování EUSARTů provedeme takto:

```
BAUDCON1bits.BRG16 = 1;  
BAUDCON2bits.BRG16 = 1;
```

Na konci inicializace nastavíme také výchozí hodnoty registrů. Odpojíme všechna relé a Vynulujeme výstupní řídicí signály a registry pro testovací paket. Nulování registrů testovacího paketu provedeme následujícím jednoduchým cyklem.

```
for(x = 0; x <= 192; x++){  
    usart1IN[x] = 0;  
    output[x] = 0;  
    usart2IN[x] = 0;  
}
```

### 3.4.4. Definování vlastních funkcí

Kódy využívané v programu častěji je vhodné definovat jako funkce, které potom voláme v potřebném okamžiku. Definoval jsem si rutiny pro odesílání dat přes USB do PC. Celkem jsem potřeboval 4 funkce:

#### otevri\_send ()

```
static void otevri_send ()  
{  
    NTCN = INTCON & 0b11101111;  
    TRISE = 0x00;  
    Delay10TCYx (1);  
}
```

Funkce potřebná pro správnou funkčnost funkcí `usb_send ()` a `usbdata_send ()`. Její zavolání otvírá odchozí komunikační kanál a zakazuje v tomto okamžiku externí přerušení využívané pro indikaci příchozích dat z PC.

#### zavri\_send ()

```
static void zavri_send ()  
{  
    TRISE = 0xFF;  
    Delay10TCYx (1);  
    INTCON = INTCON | 0b00010000;  
}
```

Ukončení odchozího komunikačního kanálu otevřeného funkcí *otevri\_send ()*.

### usb\_send ()

```
static void usb_send (char usb_data){
  while(TXE != 0){
    }
    PORTE = usb_data;
    WR = 0;
    Delay1TCY ();          //delay 100ns
    WR = 1;
  }
}
```

Funkce slouží k odeslání jednoho bytu do převodníku USB/FIFO a následně pak přes USB do PC. Tato funkce je využita v další funkci.

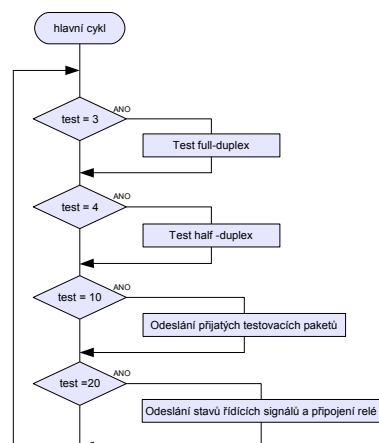
### usbdata\_send ()

```
static void usbdata_send (char *usb_datastream, char pocetbytu, char cil){
  unsigned char pocetOUT = 0;
  usb_send(0xFC);
  usb_send(cil);
  for(; pocetOUT <= pocetbytu; pocetOUT++){
    usb_send(usb_datastream[pocetOUT]);
  }
}
```

Tato funkce odesílá obsah datového pole s určitým významem dat. Je založena na cyklu který postupně vybírá byty z pole a odesílá pomocí funkce *usb\_send ()*.

### 3.4.5. Obsluha hlavního cyklu

Po inicializaci se hlavní program zacyklí do nekonečné smyčky a testuje proměnnou *test*, zda její hodnota odpovídá některé z podmínek (viz. obr. 11). Pokud odpovídá provede se daný podprogram. Proměnná *test* se nastavuje v přerušení EUSARTu nebo externího při příchodu instrukce.



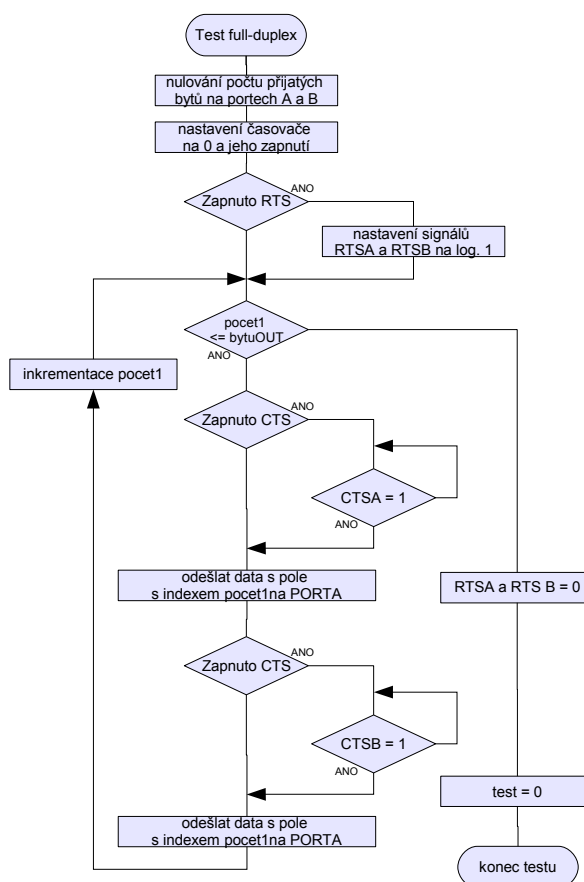
Obrázek 11: Vývojový diagram hlavního cyklu



**Test full-duplex**

Při spuštění full-duplexního testu se provádí proces podle algoritmu na obrázku 12.

Po vstupu do testu se vynulují registry čítající počet přijatých bytů na portech A a B, hodnota v časovači se nastaví na nulu. Pokud je v testu zvolena možnost testování s HW řízením RTS nastaví se jednotlivé signály RTS na obou portech na logickou 1. Proces pokračuje cyklem ve kterém se postupně odesílají jednotlivé byty z pole registrů<sup>11</sup> s indexem *pocet1* až do doby kdy se odešlou všechny. Zda se odeslaly všechny byty je určeno hodnotou v proměnné *bytu\_OUT*. Před odesláním bytu na každý z portů se ještě testuje, zda je zapnuto HW řízení CTS a pokud ano, tak se čeká do doby než se na vysílacím portu na signálu CTS objeví logická 1.



Obrázek 12: Vývojový diagram full-duplexního testu

<sup>11</sup> z pole registrů testovacího paketu

### Test halfduplex

Princip half-duplexního testu je velmi podobný full-duplexnímu, s rozdílem, že se data neodesílají najednou, ale postupně. Nejprve se odešle celý testovací paket jedním směrem a po jeho přijetí se teprve začne vysílat druhým směrem, využívají se tedy 2 cykly pro vysílání. Změna směru toku dat je ještě doplněna o uživatelsky nastavitelnou prodlevu v milisekundách.

### Odeslání přijatých testovacích paketů

Tento podprogram je využíván při posílání přijatých dat na portech A a B do PC k vyhodnocení. Při odeslání dat se odešlou také naměřené hodnoty časovačem, které musí být rozděleny z 16-bitového čísla na dvě 8-bitové a potom se mohou odeslat. Odeslání se provádí funkcemi uvedenými v kapitole 2.3.4. Následující kód zobrazuje posloupnost odesílaných dat a nakonec nuluje již odeslané pole registrů přijatých testovacích paketů z portů A a B.

```
TIMER_C1 = (char) (TIMER_C1 & 255);
TIMERh_C1 = (char) (TIMER_C1 >> 8);
TIMER_C2 = (char) (TIMER_C2 & 255);
TIMERh_C2 = (char) (TIMER_C2 >> 8);
otevri_send ();
usb_send(0xFC);
usb_send(0x12);
usb_send(bytuIN_usart1);
usb_send(bytuIN_usart2);
usb_send(TIMER_C1);
usb_send(TIMERh_C1);
usb_send(TIMER_C2);
usb_send(TIMERh_C2);
usbdata_send(usart1IN, bytuIN_usart1, 0x13);
usbdata_send(usart2IN, bytuIN_usart2, 0x14);
zavri_send ();
test = 0;
for(x = 0; x <= 192; x++){
    usart1IN[x] = 0;
    usart2IN[x] = 0;
}
```

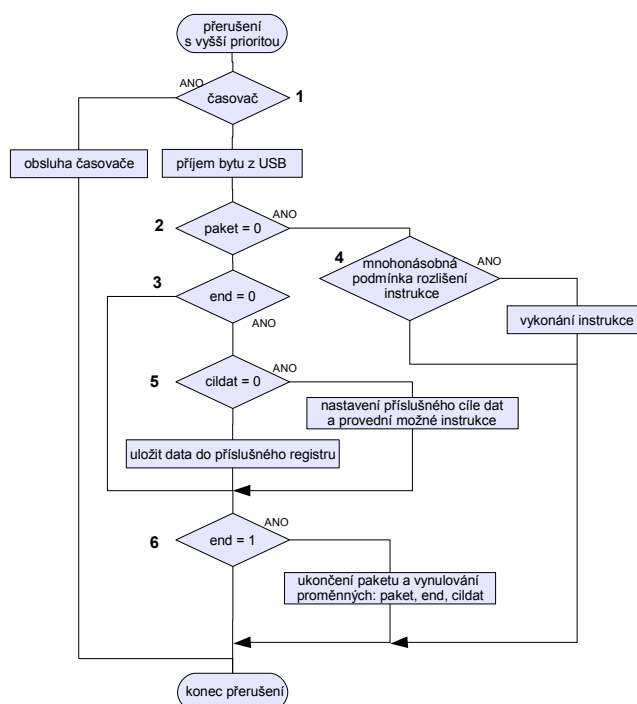
### Odeslání stavů řídicích signálů a připojení relé.

V tomto podprogramu se provede detekce všech řídicích signálů na portech a stavy připojení relátek. Získané údaje se zapíšou do 3 registrů, které jsou potom pomocí výše zmíněných funkcí odeslány do PC. Následující kód ukazuje získání tří bytů z více vstupně/výstupních bran pomocí logických součtů a součinů

```
stat_rele = ((PORTA & 0b00001111) | ((PORTF & 0b00000011) << 4));
stat_1 = (((PORTB & 0b00001110) >> 1) | ((PORTC & 0b11000000) >> 3) | ((PORTD & 0b11000000) >> 1));
stat_2 = (((PORTG & 0b00011110) >> 1) | ((PORTF & 0b00011100) << 2));
```

### 3.4.6. Obsluha přerušení s vyšší prioritou

V obsluze přerušení s vyšší prioritou se rozlišují dvě přerušení. První se detekuje zda nedošlo k přerušení časovačem a pokud nedošlo, tak došlo k externímu přerušení příchodem dat do vyrovnávací paměti převodníku USB/FIFO. Na obrázku 13 je zjednodušený vývojový diagram obsluhy přerušení popsany níže.



Obrázek 13: Zjednodušený vývojový diagram obsluhy přerušení s vyšší prioritou

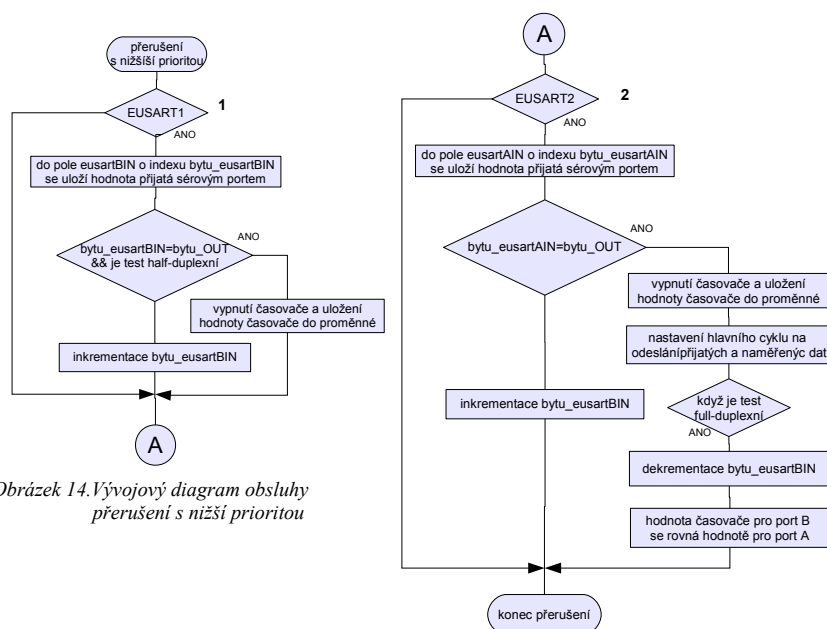
Při přerušení vyvolaném časovačem se na podmínce 1 přesune program na obsluhu časovače. V této části se vynulují všechny registry čítající počet přijatých bytů na sériových portech A a B a zastaví se testování. Dojde také k odeslání informace do PC, že testovací paket nebyl doručen.

V případě externího přerušení od USB podmínka 1 není splněna a pokračuje se obsluhou příjmu bytu z USB. Po přijetí bytu následuje rozlišení bytu. Pokud je splněna podmínka 2 znamená to, že se jedná o instrukční byte a ne o datový a obsluha je přesunuta na mnohonásobnou podmínku 4, ve které dochází k rozlišení instrukce a následně k jejímu provedení. V případě, že přišla instrukce FC, což podle protokolu znamená hlavička datového paketu, nastaví se proměnná *paket* na 1 a ukončí se přerušení. Při příjmu dalšího bytu už mikrokontroler ví, že se jedná o data a na podmínce číslo 2 přepne obsluhu na test

podmínky 3, která platí, protože end je ve výchozím stavu v 0. Obsluha pokračuje na podmínku č.5, která zjišťuje zda se jedná o 2. byte v komunikačním paketu CIL DAT, pokud ano, tak se nastaví proměnná *cildat* hodnotou ve 2. bytu komunikačního paketu a při třetím přijatém bytu, už algoritmus ví, že se jedná o data a díky proměnné *cildat* ví, kam je má uložit. Poslední krok je opakován do doby než se nastaví proměnná *end* na 1 a v podmínce 6 nebo 3 po načtení všech dat dojde k ukončení paketu vynulováním proměnných *paket*, *cildat* a *end*.

### 3.4.7. Obsluha přerušení s nižší prioritou

K přerušení s nižší prioritou dochází pouze při příjmu bytu na jeden z EUSART portů. Obsluha je řešena pod algoritmu na obrázku 14.



Obrázek 14. Vývojový diagram obsluhy přerušení s nižší prioritou

Při vyvolání přerušení se testuje, zda bylo vyvoláno sériovým portem 1 (podmínka 1 ve vývojovém diagramu) nebo portem 2 (podmínka 2). V případě že dojde k přerušení portem 1, skočí běh programu do obsluhy tohoto přerušení, kde se uládají přijaté byty do pole registrů, inkrementuje se index pole a testuje se, zda byli přijaty všechny odeslané byty. Po přijetí všech bytů se zastavuje časovač a jeho hodnota se uloží do proměnné, která je po provedení celého testu odeslána do PC k vyhodnocení. Je možné, že během obsluhy přerušení z prvního portu dojde k příjmu bytu na druhém portu, ale toto přerušení není vyvoláno. K zajištění výběru dat z přijímacího registru, dojde po ukončení obsluhy portu 1 stejným způsobem.

### 3.4.8. Upload firmwaru a debugging

Programátorů pro řadu PIC18 neexistuje na internetu mnoho. Většinou je potřeba využít komerční programátory, hledal jsem proto nejlevnější řešení nahrání firmwaru do paměti mikrokontroléru. Narazil jsem přitom na stránkách [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de) v sekci projekty na zjednodušený návrh programátoru a debuggeru Microchip ICD 2<sup>12</sup>. Sestavil jsem podle návodu a nahrál do ovládacího mikrokontroléru potřebný firmware. Postavené zařízení nahrazuje komerční verzi ICD 2. Fotografie programátoru a debuggeru najdete v příloze 4.

Tento nástroj byl velmi cenným až postradatelným pomocníkem. Nejen, že dokáže naprogramovat použitý mikrokontrolér, ale jak z jeho názvu vyplývá, je možné s ním provádět ladění aplikace. Tato funkce umožňuje zastavení běhu programu na určeném místě a nahlédnutí do obsahu paměti mikrokontroléru.

Pro využití ICD 2 jako ladícího nástroje je nutno ponechat v paměti mikroprocesoru volných 512kB paměti RAM a vývody určené k programování nechat pouze pro připojení k ICD 2. Vývody jsou zobrazeny na obrázku 5 v kapitole 2.2.3.

## 3.5. Software

Důležitým prvkem testeru je ovládací aplikace. Zajišťuje nastavení, vyhodnocení testu a ovládání celého testeru. Aplikaci jsem vytvořil v prostředí C++ Bilder 6.

### 3.5.1. Komponenta AdpComPort

Pro komunikaci softwaru s hardwarem přes USB bylo třeba zajistit přístup softwaru k virtuálnímu sériovému portu. Využil jsem k tomu komponentu AdpComPort se souborem komponent APRO stažených ze serveru [www.sourceforge.net](http://www.sourceforge.net). Touto komponentou se značně zjednodušil přístup k sériovému portu, jeho inicializace a obsluha.

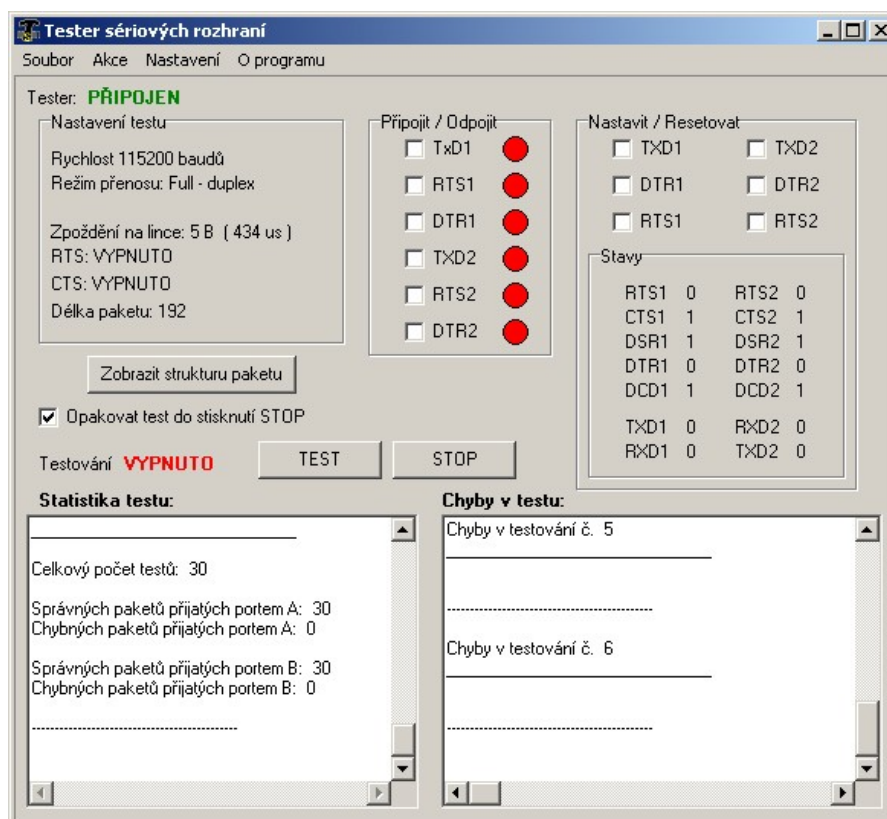
Při volání této komponenty a otevírání sériového portu je nutností zvolit číslo virtuálního sériového portu vytvořeného testerem.

---

<sup>12</sup> ICD 2 – In Circuit Debbuger 2

### 3.5.2. Koncepce softwaru

Po spuštění ovládacího programu se otevře základní okno aplikace (obrázek 15).



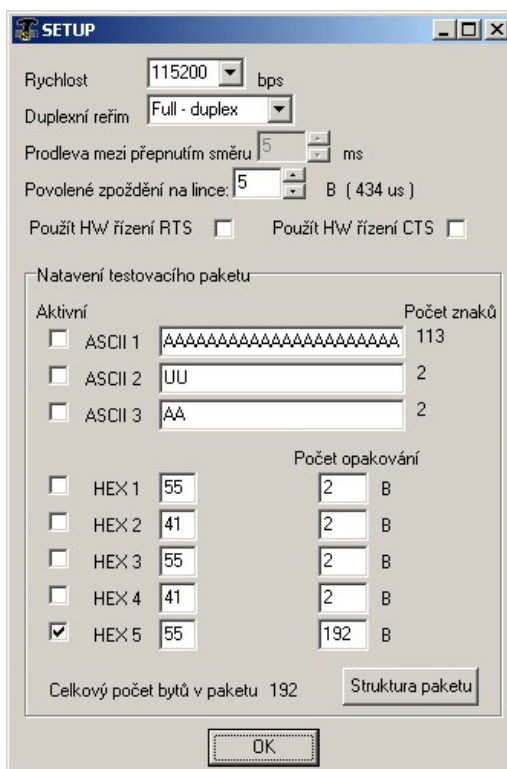
Obrázek 15.: Základní okno ovládací aplikace

Výchozí okno zobrazuje aktuální nastavení testu a tlačítko pod ním umožňuje zobrazit strukturu testovacího paketu, panel s možností odpojit a připojit výstupní vývody, další blok umožňuje nastavit výstupní signály na logickou jedničku nebo nulu a zobrazit stavy na všech vývodech portu. Dalšími prvky jsou tlačítka pro ovládání testování a výstupní panely pro zobrazení statistiky a chyb testu.

Při pohledu do horní části aplikace nalezneme roletové menu *Soubor*, kde můžeme uložit statistiku a chyby v testu, menu *Akce* pro připojení<sup>13</sup> a odpojení hardwaru, pro automatické načítání stavu, menu *Nastavení*, kdy po otevření okna *Nastavení testu* (obrázek 16)

<sup>13</sup> Připojení hardwaru je nutno provést před každým testováním a jakoukoliv prací se softwarem

můžeme zvolit testovací paket a nastavení testu a nakonec menu O programu, které zobrazí informace o programu.



Obrázek 16.: Okno nastavení testu

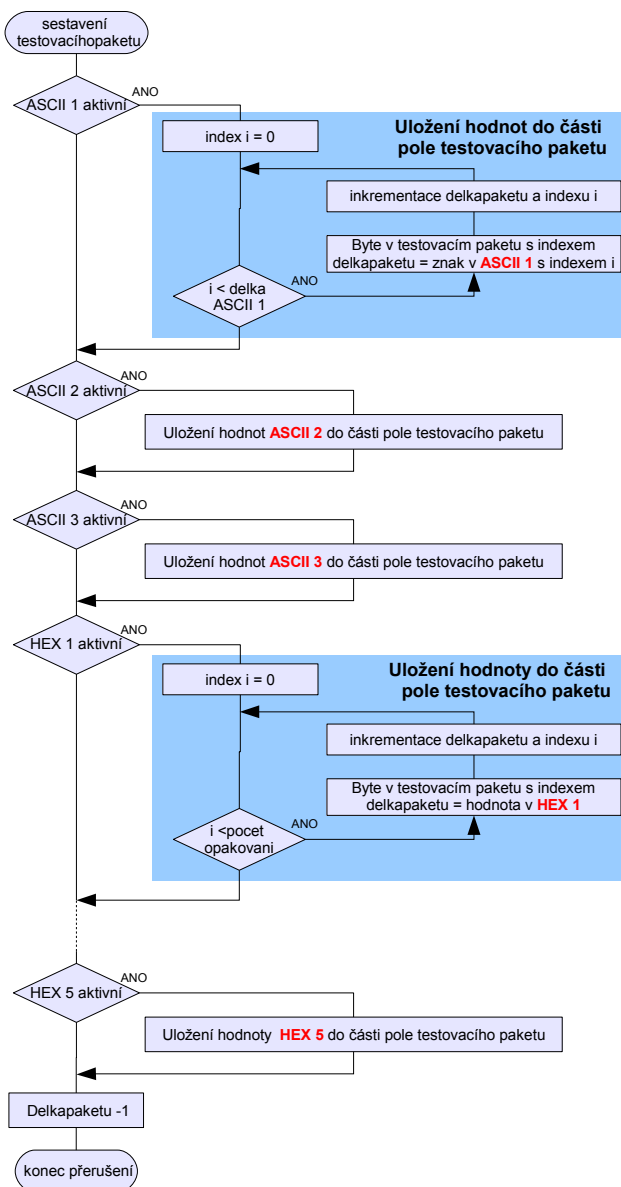
V nastavení testu si zvolíme rychlost testu, režim přenosu, prodlevu při přepínání směru v half-duplexním režimu, povolené zpoždění na lince a zapnutí hardwarového řízení RTS a CTS. V panelu *Nastavení testovacího paketu* můžeme sestavit libovolný testovací paket.

### 3.5.3. Vytvoření testovacího paketu

Sestavení testovacího paketu z nastavení probíhá podle následujícího algoritmu.

Program postupně zjišťuje, zda je dané vstupní pole pro sestavení paketu aktivované a pokud ano uloží hodnoty nastavené v poli do testovacího paketu. Princi vysvětlím na příkladu, kdy bude požívané pole ASCII 1 a HEX 1.

První podmínka testuje zda je aktivované pole ASCII 1, podmínka je splněna a provede se zápis hodnot v poli do testovacího paketu. Děje se tak pomocí cyklu který postupně ukládá jednotlivé znaky z ASCII 1 do pole testovacího paketu do doby než jsou všechny zapsané znaky uloženy. Pro indexaci vnitřního cyklu se používá proměnná, která se při každém zápisu jednoho ze vstupních polí nuluje. Pro indexaci testovacího paketu je použita proměnná *delkapaketu* která se nenuluje celý podprogram a na konci určuje délku testovacího paketu. Tím docílíme při splnění další podmínky HEX 1 jako aktivní, že další hodnoty se budou v poli testovacího paketu přidávat za již vložené z předchozího vstupního pole. Hodnoty hex se do testovacího paketu přidávají také cyklem, který je dán počtem



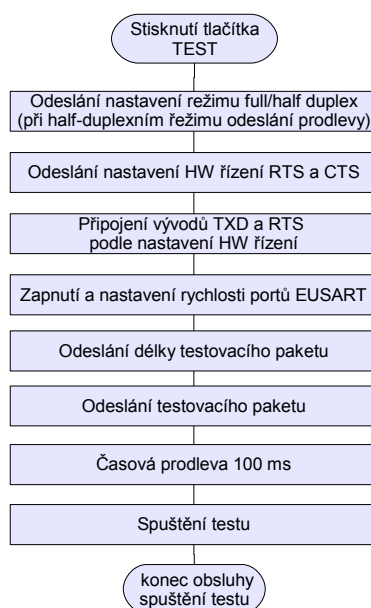
Obrázek 17: Vývojový diagram sestavení testovacího paketu



opakování hodnoty zadané v nastavení HEX 1 (viz obrázek 16 kapitola 2.4.2). Vnitřní cyklus se používá u všech vstupních polí ASCII 1 až ASCII 3 a HEX 1 až HEX 5 stejný. Na konci celého podprogramu se od proměnné délka paketu odečte hodnota 1, protože pozdější využití této proměnné počítá i s hodnotou 0.

### 3.5.4. Spuštění testu

Při stisknutí tlačítka TEST (viz obrázek 15 kapitola 2.4.2) se provedou příkazy podle následující posloupnosti:



Obrázek 18: Obsluha spuštění testu

Při odesílání všech testovacích informací se využívají komunikační pakety definované v tabulce 2, kapitole 2.1.2.

Zaškrnutím volby *Opakovat test do stisknutí tlačítka STOP* definujeme, že po vyhodnocení přijatých dat se má znovu odeslat instrukce pro spuštění testu a nová testovací data se do testeru už neposílají. Při stisknutí tlačítka STOP se dokončí prováděný test a další už se neprovádí. Při jakémkoliv ukončení testu, ať z důvodů špatného spojení mezi portem A a B, nebo stisknutím tlačítka stop, nebo při vyplé volbě opakování testu, se vypíše statistika testování.

### 3.5.5. Příjem dat z testeru

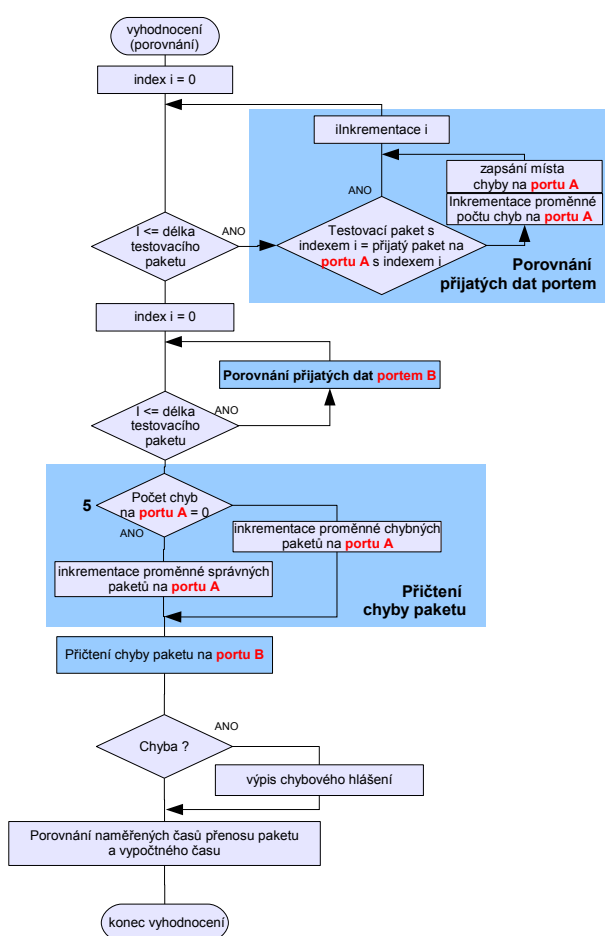
Při příchodu bytu nebo sekvence bytu na virtuální sériový port se ukládají byty do vyrovnávací paměti a po přijetí celistvého paketu dat dojde k vyvolání události příchodu dat na sériový port. Vybírání bytů z paměti se potom realizuje cyklem dokud není paměť prázdná. Uvnitř cyklu je rozlišení typu dat. Rozlišení probíhá stejným způsobem jako ve firmwaru testeru popsaném v kapitole 2.3.6.

### 3.5.6. Porovnání dat

K porovnávání přijatých dat dochází po příjmu posledního přijatého bytu naměřených dat z testeru. Děje se tak podle algoritmu na obrázku 19.

Oba přijaté testovací pakety jsou cykly porovnávány s odeslaným testovacím paketem, v případě chyby v bytu se inkrementuje proměnná s počtem chybových bytů příslušného portu a zapisuje se do paměti číslo chybového bytu v paketu. Po porovnání obou přijatých paketů se testuje zda byl nějaký z paketů chybný a pokud ano, inkrementuje se proměnná při zaznamenání počtu chybných paketů daného portu. Takto se provede pro port A i B a testuje se zda došlo vůbec k nějaké chybě. Pokud došlo k chybě na jednom ze dvou portů nebo na obou vypíše se výpis chybových hlášení do bloku Chyby v testu (viz. Obrázek 13 kapitola 2.4.2).

Po vyhodnocení se vynulují pole přijatých testovacích paketů a potom testování zda se má test opakovat nebo ne. Pokud se má test opakovat, vyšle program instrukci pro spuštění testu a vše výše uvedené se opakuje dokud



Obrázek 19: Vývojový diagram vyhodnocení výsledků

se nestiskne tlačítko STOP. Pokud má být testování ukončeno vypíše se statistika testování, odpojí se všechny výstupní vývody a načte se stav testeru.

### 3.5.7. Popis statistiky a chybového hlášení

Ve statistice testu se vypisují následující údaje takto formátované:

```

Číslo testování: 1
-----
Celkový počet testů: 1
Správných paketů přijatých portem A: 1
Chybných paketů přijatých portem A: 0

Správných paketů přijatých portem B: 0
Chybných paketů přijatých portem B: 1
-----

```

Číslo testování zobrazuje počet testů spuštěných tlačítkem TEST od spuštění programu. Položka celkový počet testů ukazuje kolikrát bylo provedeno odeslání a přijetí testovacího paketu. Zbýlé 4 položky ukazují špatné a dobré pakety přijaté na jednotlivých portech.

Chybové hlášení se vypisuje pouze pokud nastane chyba při vyhodnocení popsaném v předchozí kapitole. Struktura chybového hlášení je následující:

```

Chyby v testování č. 1
-----
Test číslo: 1
Počet chyb v paketu přijatých portem A: 0
Chyby na znaku/cích:

Počet chyb v paketu přijatých portem B: 1
Chyby na znaku/cích: 1,

Testovací paket:      55 55 55 55
Přijatý paket na portu A: 55 55 55 55
Přijatý paket na portu B: FF 55 55 55
-----

```

Položka Chyby v testování č. X říká při jakém spuštění testování došlo k chybě nebo chybám. Test číslo X určuje při kolikátém testu došlo k chybě. Následující řádky potom zobrazují počet chybných bytů v jakém čísle bytu byla chyba. Pro porovnání jsou zobrazeny testovací paket a pakety přijaté na jednotlivých portech pod sebou. Hodnota je na tomto výpisu zobrazena hexadecimálně.

## 4. Výsledky řešení

Dle výše uvedeného návrhu splňuje práce zadání specifikovaná v úvodu. Umožňuje jednoduchým softwarovým rozhraním ovládat tester. Připojovat a odpojovat jednotlivě výstupní vývody obou RS-232 portů a nastavovat jejich hodnoty. Dále umožňuje uživatelsky nastavit testovací paket, režim testování, rychlost testování, umožňuje měnit časový limit pro přenos testovacího paketu, umožňuje zapnout nebo vypnout hardwarové řízení RTS a CTS. Aplikace je schopna podat důležité informace o chybách a statistiku celého testování.

Deska plošného spoje byla navržena tak, aby mohla být namontována do krabičky používané firmou ELO+, s.r.o. pro převodníky metalických sériových linek na optické.

Základní technické parametry zařízení:

<b>Napájecí napětí</b>	stabilizovaných 5 V
<b>Napájecí proud</b>	280 mA
<b>Rozhraní pro propojení s PC</b>	1 x USB 2.0
<b>Testovacích portů</b>	2x RS-232
<b>Maximální testovací rychlost</b>	230 400 baud
<b>Rozměry</b>	110 x 80 x 25 mm

Tabulka 5: Technické parametry testeru sériových rozhraní

### Použité přístroje

Digitální osciloskop EZ Digital DS 1150  
True RMS multimeter FLUKE 110  
PC

### Použitý software

Borlad C++ Builder 6  
Microchip Technology Inc. MPLAB<sup>®</sup> IDE Integrated Development Environment v7.5  
Microchip Technology Inc. MPLAB<sup>®</sup> C18 Compiler v3.1 Student Edition  
OpenOffice.org 2.0

## **5. Závěr**

Návrh testeru uvedený v této práci je s malou úpravou schopný testovat rozhraní RS-422 a RS-485 na rychlostech vyšších než 230 400 baudů. Předpokládá se pokračování ve vývoji těchto dalších modifikací.

Díky této práci jsem získal zkušenosti s mikrokontrolérem PIC18 a programováním v jazyku C18. Upevnil a rozšířil jsem si znalosti programování a práci v prostředí C++ Builder 6, vyzkoušel jsem si práci s technologií SMT, návrh oboustranného prokoveného plošného spoje s nepájivou maskou a tvorbu nových knihoven součástek v prostředí Eagle. Získal jsem zkušenosti s návrhem rozhraní USB pomocí virtuálního komunikačního sériového portu.

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Plné schéma připojení RS-232C.....	7
Obrázek 2. Připojení RS-232C pomocí nulového modemu.....	7
Obrázek 3: Blokové schéma zapojení testeru.....	8
Obrázek 4: Struktura komunikačního paketu.....	10
Obrázek 5: Blokové schéma testeru.....	11
Obrázek 6.: Zapojení FT245BM.....	14
Obrázek 7.: Zapojení krystalu MCU a programovacích pinů.....	14
Obrázek 8.: Zapojení MAX232.....	14
Obrázek 9.Zapojení tranzistoru pro buzení relé.....	16
Obrázek 10. Základní struktura firmwaru.....	17
Obrázek 11: Vývojový diagram hlavního cyklu.....	20
Obrázek 12: Vývojový diagram full-duplexního testu.....	21
Obrázek 13: Zjednodušený vývojový diagram obsluhy přerušení s vyšší prioritou.....	23
Obrázek 14.Vývojový diagram obsluhy přerušení s nižší prioritou.....	24
Obrázek 15.: Základní okno ovládací aplikace.....	26
Obrázek 16.: Okno natavení testu.....	27
Obrázek 17: Vývojový diagram sestavení testovacího paketu.....	28
Obrázek 18: Obsluha spuštění testu.....	29
Obrázek 19: Vývojový diagram vyhodnocení výsledků.....	30

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Popis vybraných signálů RS-232C.....	7
Tabulka 2: Seznam instrukcí testeru.....	9
Tabulka 3: Význam komunikačních paketů.....	10
Tabulka 4: Microchip PIC18F6722.....	12
Tabulka 5: FTDI Chip FT245BM.....	13
Tabulka 5: Technické parametry testeru sériových rozhraní.....	32

## Seznam příloh

Příloha 1: Schéma zapojení testeru
Příloha 2: Návrh desky plošného spoje
Příloha 3: Fotografie obvodu pro buzení relátek a celého plošného spoje
Příloha 4: Náhrada programátoru a debuggeru ICD 2
Příloha 5: CD s elektronikou verzí práce a ovládacím SW k testeru

## Použitá literatura

Microchip Technology Inc.. *PIC18F8722 Family Data Sheet* [online]. 2004 [cit. 2007-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39646b.pdf>>.

Future Technology Devices Intl. Ltd.. *FT245BM USB FIFO ( USB - Parallel ) I.C.* [online]. 2005 [cit. 2007-03-18]. Dostupný z WWW: <[http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS\\_FT245BM.pdf](http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT245BM.pdf)>.

Maxim Integrated Products. *+5V-Powered, Multichannel RS-232* [online]. 2006 [cit. 2007-03-18]. 19-4323. Rev 15. Dostupný z WWW: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>>.

HW server. *RS232* [online]. 2003 [cit. 2003-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://rs232.hw.cz/index.html>>.

GOOK, Michael. *Hardwarová rozhraní Průvodce programátora*. Mikulaščík Jakub. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2006. 457 s. ISBN 80-251-1019-2.

HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C*. 3. upr. vyd. České Budějovice : Kopp, 1997. 266 s. ISBN 80-85828-21-9.

Microchip Technology Inc.. *MPLAB® C18 C COMPILER GETTING STARTED* [online]. 2005 [cit. 2007-03-18]. DS51295F. Dostupný z WWW: <[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB\\_C18\\_Getting\\_Started\\_51295f.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_C18_Getting_Started_51295f.pdf)>.

Microchip Technology Inc.. *MPLAB® C18 C COMPILER USER'S GUIDE* [online]. 2005 [cit. 2007-03-18]. DS51288J. Dostupný z WWW: <[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB\\_C18\\_Users\\_Guide\\_51288j.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_C18_Users_Guide_51288j.pdf)>.

Microchip Technology Inc.. *MPLAB® C18 C COMPILER LIBRARIES* [online]. 2005 [cit. 2007-03-01]. DS51297F. Dostupný z WWW: <[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB\\_C18\\_Libraries\\_51297f.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_C18_Libraries_51297f.pdf)>.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## TRANSMITTERS & BANDSCAN

Jan Broulím

SPŠ a VOŠ Písek  
Karla Čapka 402, 397 01 Písek

Cílem práce je vytvořit program, který bude počítat pokrytí vysílačů, textově a graficky zobrazovat výsledky s možností exportu.

Hlavní funkce a cíle programu:

- Práci s českými FM, AM, TV a DVB-T vysílači včetně lokalizace
- Práci se světovými FM vysílači včetně lokalizace
- Výpočet vzdálenosti mezi 2 zeměpisnými souřadnicemi
- Výpočet intenzity signálu v určité vzdálenosti od vysílače
- Generovat mapu podle elevačního modelu Země
- Zobrazovat polohy vysílačů do mapy
- Generovat mapu pokrytí jednotlivých vysílačů
- Generovat ucelený bandscan (projetí pásma a záznam zachytitelných stanic) pro zadané souřadnice

ST	f	STANICE	VYSILAC	JA	ERP	P	NADM	V	LON	LAT	RDS	KM	dBuV/m
cze	87,6	Radio Impuls	Brno - Kojal	cs	67	h	600	288	16,82	49,37	_IMPULS	25	96
cze	88,3	Kiss Hady	Brno - Hady	cs	10	h	424	64	16,67	49,22	KISSHAD	4	110
cze	88,9	Radio Jih	Hodonin - Babilom	cs	9,1	h	417	59	17,05	49,02	_JIH_	40	76
cze	89,3	Radio Apollo	Bystrice p.Hostynem - Kelck	cs	0,5	v	856	30	16,77	49,40	_APOLLO	26	70
cze	90,4	CRo 3 Vitava	Brno - Hady	cs	5,8	h	424	64	16,67	49,22	_CR_3_	4	104
cze	90,6	Radio Proglas	Bystrice p.Hostynem - Hostyn	cs	0,5	v	715	18	16,70	49,38	PROGLAS	23	72
cze	92,6	CRo 2 Praha	Brno - Hady	cs	5,8	h	424	64	16,67	49,22	_CR_2_	4	102
cze	93,1	CRo 5 Brno	Brno - Hady	cs	0,435	h	424	64	16,67	49,22	CR_BRNO	4	90
cze	93,6	CRo 2 Praha	Hodonin - Babilom	cs	9,1	h	417	59	17,05	49,02	CR_BRNO	40	72
cze	95,1	CRo 1 Radiozurnal	Brno - Kojal	cs	83	h	600	288	16,82	49,37	_CR_1_	25	89
cze	96,8	Radio Haas Brno	Brno - Kobuletska	cs	1	v	382	40	16,53	49,20	MEV	7	86

Příklad formuláře pro generování FM bandscanu





Středoškolská technika 2007

Setkání a prezentace prací

středoškolských studentů na ČVUT

## Matematické nástroje na řešení pohybu a kolizí objektů ve virtuální realitě

Vladimír Černý, Štěpán Vyterna

SPŠ a VOŠ Písek

Karla Čapka 402 397 11 Písek

### Anotace

Využití analytické a deskriptivní geometrie k výpočtu kolizí mezi 3D objekty. Demonstrace multiplatformního využití jazyka C++.

Hlavními částmi práce jsou: určení pozice objektů (lineární transformace), výpočet kolizí mezi objekty, jejich využití k procházení prostředím, využití knihoven OpenGL k jejich vykreslování a ukládání do paměti grafické karty a multiplatformní programování.

### Část I

## Úvod

### 1 Program

Program umožňuje procházet 3D prostředím. Vypočítávají se kolize s objekty a tudíž nemůže dojít k procházení stěnami. Díky použitému způsobu procházení je možné se pohybovat v jakémkoli scéně včetně vícepodlažních budov.

### 2 Cíle

Cílem bylo vytvořit co nejjednodušší a nejrychlejší engine<sup>1</sup>, který by přesto umožňoval značnou univerzálnost a multiplatformnost.

<sup>1</sup>Program který zajišťuje zobrazování a pohyb objektů

## Část II

# Metodika

### 3 Analytická geometrie

Analytická geometrie slouží k matematickému (pomocí rovnic) vyjádření geometrických útvarů. Pomocí tohoto vyjádření lze poté vypočítávat umístění, vzájemné interakce a zobrazení útvarů.

V programu se analytická geometrie využívá hlavně k výpočtu kolizí.

### 4 Vyjádření geometrických útvarů

#### 4.1 Bod

Základní jednotkou geometrických obrazců je vždy bod. V třírozměrném prostoru je bod určen třemi číselnými souřadnicemi.

$$\vec{A} = (A_x; A_y; A_z)$$

#### 4.2 Vektor

Vektor určuje směr v prostoru. Vektor je určen třemi čísly. Vektor může být také určen dvěma body, potom se souřadnice vektoru vypočtou jako rozdíl těchto bodů (1).

$$\vec{V} = (V_x; V_y; V_z)$$

$$\begin{aligned}\vec{AB} &= \vec{B} - \vec{A} \\ \vec{AB} &= (B_x - A_x; B_y - A_y; B_z - A_z)\end{aligned}\tag{1}$$

##### 4.2.1 Normovaný vektor

Často potřebujeme znát vektor pouze kvůli směru a ne velikosti, proto se takový vektor převádí na vektor normovaný (s velikostí jedna). Pro provedení tohoto přepočtu stačí vydělit všechny souřadnice velikostí vektoru (2).

$$\vec{V}_n = \frac{\vec{V}}{|\vec{V}|}\tag{2}$$

#### 4.2.2 Skalární součin

Pokud je potřeba zjistit úhel mezi vektory, provádí se tzv. skalární součin. Hodnota skalárního součinu dvou normovaných vektorů (kapitola 4.2.1) odpovídá kosinu úhlu mezi vektory (3). Skalární součin je součet součinů jednotlivých souřadnic (4).

$$\begin{aligned}\cos \varphi &= \vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2 & (3) \\ \vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2 &= V_{1x}V_{2x} + V_{1y}V_{2y} + V_{1z}V_{2z} & (4)\end{aligned}$$

Protože se skalární součin rovná kosinu úhlu, tak nulový skalární součin (zde nezáleží na velikosti vektorů - můžou mít i jinou velikost než normovaný vektor) znamená kolmé vektory (5).

$$\vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2 = 0 \quad (5)$$

Pokud je potřeba vypočítat vektor kolmý k jiným dvěma vektorům (například k rovině) vychází soustava dvou rovnic o třech neznámých (6). Po dosazení jedné souřadnice do druhé rovnice dostaneme rovnici o dvou neznámých (7). Jedním z možných řešení<sup>2</sup> je, že se souřadnice budou rovnat členu, který násobí druhou souřadnici (8).

$$\begin{aligned}V_{1x}V_{2x} + V_{1y}V_{2y} + V_{1z}V_{2z} &= 0 \\ V_{1x}V_{3x} + V_{1y}V_{3y} + V_{1z}V_{3z} &= 0\end{aligned} \quad (6)$$

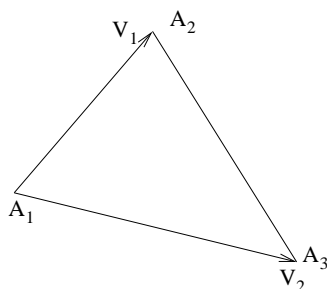
$$\begin{aligned}V_{1z} &= -\frac{V_{1x}V_{2x} + V_{1y}V_{2y}}{V_{2z}} \\ V_{1x}V_{3x} + V_{1y}V_{3y} - \frac{V_{1x}V_{2x} + V_{1y}V_{2y}}{V_{2z}}V_{3z} &= 0 \\ V_{1x}V_{3x}V_{2z} + V_{1y}V_{3y}V_{2z} - V_{1x}V_{2x}V_{3z} - V_{1y}V_{2y}V_{3z} &= 0 \\ V_{1x}(V_{3x}V_{2z} - V_{2x}V_{3z}) &= V_{1y}(V_{2y}V_{3z} - V_{3y}V_{2z})\end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}V_{1x} &= V_{2y}V_{3z} - V_{3y}V_{2z} \\ V_{1y} &= V_{3x}V_{2z} - V_{2x}V_{3z}\end{aligned} \quad (8)$$

Po dosazení do první rovnice získáme způsob, jak ze dvou vektorů vypočítat vektor na ně kolmý (9).

<sup>2</sup>Řešení rovnice o dvou neznámých je samozřejmě nekonečně mnoho. Nás ale zajímá pouze směr vektoru a ten je stejný pro všechny řešení.

Obrázek 1: Rovina



$$\begin{aligned}
 V_{1z} &= -\frac{V_{2x}(V_{2y}V_{3z} - V_{3y}V_{2z}) + V_{2y}(V_{3x}V_{2z} - V_{2x}V_{3z})}{V_{2z}} \\
 V_{1z} &= -\frac{V_{2x}V_{2y}V_{3z} - V_{2x}V_{3y}V_{2z} + V_{3x}V_{2y}V_{2z} - V_{2x}V_{2y}V_{3z}}{V_{2z}} \\
 V_{1z} &= \frac{V_{2x}V_{3y}V_{2z} - V_{3x}V_{2y}V_{2z}}{V_{2z}} \\
 V_{1z} &= V_{2x}V_{3y} - V_{3x}V_{2y}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{1x} &= V_{2y}V_{3z} - V_{3y}V_{2z} \\
 V_{1y} &= V_{3x}V_{2z} - V_{2x}V_{3z} \\
 V_{1z} &= V_{2x}V_{3y} - V_{3x}V_{2y}
 \end{aligned} \tag{9}$$

### 4.3 Příмка

Přímka je definována bodem a vektorem. V parametrickém vyjádření (10) se libovolný bod na přímce vypočte jako součet bodu a vektoru vynásobeného parametrem  $t$ . Parametr tedy vlastně určuje vzdálenost od počátečního bodu přímky v násobcích délky vektoru.

$$\vec{p} = \vec{A} + t\vec{V} \tag{10}$$

### 4.4 Rovina

Rovina je parametricky určena podobně jako přímka bodem a dvěma vektory (11). Protože ale rovina bývá zadána třemi body, můžou se vektory vyjádřit pomocí rozdílů těchto bodů (12).

V grafice se většinou nezobrazuje celá rovina ale pouze část ohraničená trojúhelníkem. Parametry  $(u, v, 1-u-v)$  v rovnici roviny (12) vyjadřují vzdálenost od bodů. Pokud chceme zjistit pouze prostor patřící do trojúhelníku ohraničeného body, nesmí být parametry záporné. Z toho vycházejí podmínky (13) pro které platí že bod je uvnitř trojúhelníka.

$$\bar{f} = \bar{A}_1 + u\bar{V}_1 + v\bar{V}_2 \quad (11)$$

$$\bar{f} = \bar{A}_1 + u(\bar{A}_2 - \bar{A}_1) + v(\bar{A}_3 - \bar{A}_1)$$

$$\bar{f} = \bar{A}_1 + u\bar{A}_2 - u\bar{A}_1 + v\bar{A}_3 - v\bar{A}_1$$

$$\bar{f} = (1 - u - v)\bar{A}_1 + u\bar{A}_2 + v\bar{A}_3 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} 1 - u - v &\geq 0 \\ u + v &\leq 1 \\ u &\geq 0 \\ v &\geq 0 \end{aligned} \quad (13)$$

## 5 Kolize v 3D prostoru

Pokud mají objekty na sebe reagovat, je nutné zjistit kdy mezi nimi dochází ke kolizi. Ke kolizi dochází, když mají dva objekty společný jeden nebo více bodů.

Kolize se většinou počítá tak, že se řeší rovnice jednotlivých objektů jako soustava rovnic. Pokud má soustava řešení, objekty mají společný bod (body) a tedy dochází ke kolizi.

### 5.1 Druhy kolizí

Kolizi ve třírozměrném prostoru je možné zjišťovat různými způsoby. Základní rozdělení vychází z toho jaké druhy objektů kolidují.

- Koule - Koule
- Rovina - Rovina
- Přímka - Koule
- Přímka - Rovina

#### 5.1.1 Koule - Koule

Kolize dvou koulí (obr. 2) je nejjednodušší případ kolize. Pro zjištění, jestli došlo ke kolizi, stačí zjistit vzdálenost středů koulí a porovnat ji se součtem poloměrů (14). Pokud je vzdálenost menší, došlo ke kolizi. Vzdálenost středů lze jako každou vzdálenost dvou bodů jednoduše vypočítat pomocí Pythagorovy věty (15). Umocnění probíhá v procesoru rychleji než odmocnění, proto je časově výhodnější porovnávat druhé mocniny (16).

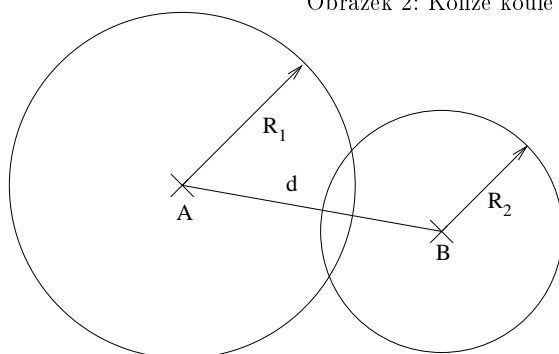
$$d < R_1 + R_2 \quad (14)$$

$$\sqrt{(A_x - B_x)^2 + (A_y - B_y)^2 + (A_z - B_z)^2} < R_1 + R_2 \quad (15)$$

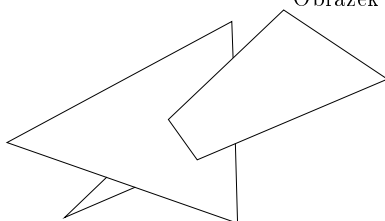
$$(A_x - B_x)^2 + (A_y - B_y)^2 + (A_z - B_z)^2 < (R_1 + R_2)^2 \quad (16)$$

Tento způsob lze použít pouze v případě že se tvar objektů blíží kouli nebo je možné sestavit objekty z více koulí.

Obrázek 2: Kolize koule - koule



Obrázek 3: Kolize rovina - rovina



### 5.1.2 Rovina - Rovina

Protože při zobrazování se všechny objekty skládají z rovinných trojúhelníků (face), jeví se výpočet kolize pomocí rovin (obr. 3) jako velmi výhodný. Nevýhodou tohoto řešení je, že je třeba pro zjištění kolize dvou objektů porovnat všechny kombinace, a to si vyžaduje procesorový čas. Další nevýhodou je že při pomalejších výpočtech může docházet k procházení objekty (kapitola 5.2).

### 5.1.3 Přímka - Koule

Přímka jako jeden z kolidujících objektů umožňuje například interakci myši s prostorem. Přímka potom vede z počátku kamery přes kurzor myši a vyhodnocuje se kolize s koulemi kolem jednotlivých objektů, na které je možno kliknout.

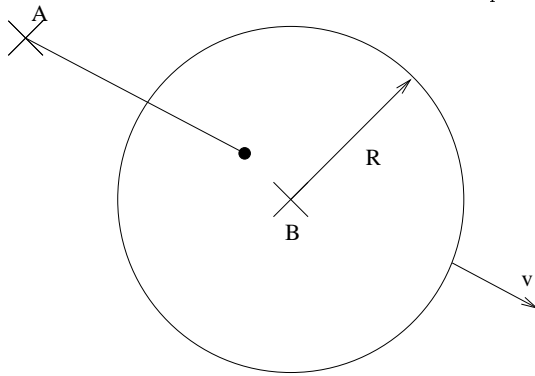
Pro zjištění této kolize je třeba vypočítat vzdálenost bodu od přímky.

### 5.1.4 Přímka - Rovina

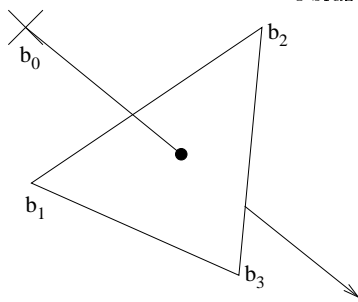
Kolizí přímky a roviny ze dosáhnout výpočtu kolizí, který není závislý na frekvenci výpočtů (kapitola 5.2).

Matematické vyjádření kolize získáme, když položíme rovnici přímky (17) a roviny (18) sobě rovny (19). Po úpravě dostaneme rovnici o třech neznámých (20). Pro větší přehlednost nahradíme konstantní výrazy konstantami (21). Protože se jedná o rovnici s prostorovými body můžeme rovnici rozepsat na tři rovnice (22) pro každou souřadnici

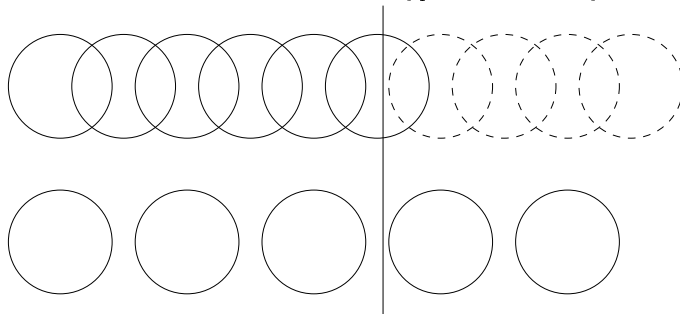
Obrázek 4: Kolize přímka - koule



Obrázek 5: Kolize přímka - rovina



Obrázek 6: Závislost výpočtu kolizí na rychlosti výpočtů



zvlášť. Vznikne soustava tří rovnic o třech neznámých, kterou je možno řešit různými způsoby (v programu je použito řešení pomocí determinantů - kapitola 6).

$$\bar{p} = \bar{b}_0 + t\bar{s} \quad (17)$$

$$\bar{f} = (1 - u - v)\bar{b}_1 + u\bar{b}_2 + v\bar{b}_3 \quad (18)$$

$$\bar{b}_0 + t\bar{s} = (1 - u - v)\bar{b}_1 + u\bar{b}_2 + v\bar{b}_3 \quad (19)$$

$$\bar{b}_0 + t\bar{s} = \bar{b}_1 - u\bar{b}_1 - v\bar{b}_1 + u\bar{b}_2 + v\bar{b}_3$$

$$\bar{b}_0 + t\bar{s} - \bar{b}_1 + u\bar{b}_1 + v\bar{b}_1 - u\bar{b}_2 - v\bar{b}_3 = 0$$

$$u(\bar{b}_1 - \bar{b}_2) + v(\bar{b}_1 - \bar{b}_3) + t\bar{s} + (\bar{b}_0 - \bar{b}_1) = 0$$

$$u(\bar{b}_1 - \bar{b}_2) + v(\bar{b}_1 - \bar{b}_3) + t\bar{s} = \bar{b}_1 - \bar{b}_0 \quad (20)$$

$$u\bar{a}_1 + v\bar{a}_2 + t\bar{a}_3 = \bar{a}_4 \quad (21)$$

$$ua_{1x} + va_{2x} + ta_{3x} = a_{4x}$$

$$ua_{1y} + va_{2y} + ta_{3y} = a_{4y} \quad (22)$$

$$ua_{1z} + va_{2z} + ta_{3z} = a_{4z}$$

## 5.2 Závislost kolizí na rychlosti výpočtů

Běžný cyklus programu provede výpočet kolizí, pohyb objektů podle výsledků kolizí a vykreslení snímku. Rychlost provádění takového cyklu je závislá na výkonu a vytížení hardwaru. Protože je třeba, aby se objekty pohybovaly stále stejnou rychlostí, je vzdálenost pohybu za snímek závislá na rychlosti vykreslování<sup>3</sup>.

<sup>3</sup>rychlost vykreslování se většinou udává ve snímcích za sekundu anglicky frames per second - FPS



Na pomalých nebo vytížených strojích se budou objekty pohybovat o příliš velké vzdálenosti. Při špatně navrhnutém kolizním řešení to může vest k tomu, že pohybující se objekty projdou jinými objekty bez toho aby byla zaznamenána kolize (obr. 6).

Tomuto problému lze předejít například tak, že se použije kolize přímka-rovina, kde přímka vychází z objektu ve směru pohybu.

## 6 Řešení soustavy rovnic pomocí determinantů

Při řešení soustavy rovnic pomocí determinantů se využívá Cramerovo pravidlo.

**Algoritmus řešení** Je zadána soustava rovnic pomocí matice (23). Vypočte se determinant pro matici na levé straně rovnice (24). Sloupec náležící proměnné, která se vypočítává zaměníme z maticí pravé strany (25). Pro výslednou matici se také vypočte determinant. Výsledná proměnná je pak rovna podílu determinantu z prohozené matice a matice levé strany (26). Ostatní proměnné se vypočítají obdobně (27, 28, 29, 30).

Pokud determinant levé strany vyjde roven nule, není možné zjistit jedno řešení. To znamená že řešení neexistuje nebo je řešení více. Při výpočtu kolizí to znamená že objekty, pro které se kolize počítá, jsou rovnoběžné.

$$\begin{aligned}ua_{1x} + va_{2x} + ta_{3x} &= a_{4x} \\ua_{1y} + va_{2y} + ta_{3y} &= a_{4y} \\ua_{1z} + va_{2z} + ta_{3z} &= a_{4z}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc|c}a_{1x} & a_{2x} & a_{3x} & a_{4x} \\a_{1y} & a_{2y} & a_{3y} & a_{4y} \\a_{1z} & a_{2z} & a_{3z} & a_{4z}\end{array} \quad (23)$$

$$D = \begin{bmatrix} a_{1x} & a_{2x} & a_{3x} \\ a_{1y} & a_{2y} & a_{3y} \\ a_{1z} & a_{2z} & a_{3z} \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$u_d = \begin{bmatrix} a_{4x} & a_{2x} & a_{3x} \\ a_{4y} & a_{2y} & a_{3y} \\ a_{4z} & a_{2z} & a_{3z} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$u = \frac{u_d}{D} \quad (26)$$

$$v_d = \begin{bmatrix} a_{1x} & a_{4x} & a_{3x} \\ a_{1y} & a_{4y} & a_{3y} \\ a_{1z} & a_{4z} & a_{3z} \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$v = \frac{v_d}{D} \quad (28)$$

$$t_d = \begin{bmatrix} a_{1x} & a_{2x} & a_{4x} \\ a_{1y} & a_{2y} & a_{4y} \\ a_{1z} & a_{2z} & a_{4z} \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$t = \frac{t_d}{D} \quad (30)$$

## 7 Lineární transformace

V prostorové grafice je často potřeba provést změnu umístění jednotlivých objektů nebo kamery. Aby se nemuselo zasahovat do struktury objektů (měnit souřadnice jednotlivých bodů), tak se pro každý bod před vykreslením provede lineární transformace.

Lineární transformace spočívá ve vynásobení bodu (nebo vektoru) transformační maticí (31). Transformační matice je číselná matice o rozměrech  $4 \times 4$ . Bod (nebo vektor) je určen čtyřmi souřadnicemi -  $x, y, z$  a váhou  $w$ . Váha je pro bod rovna jedné a pro vektor je nulová.

Souřadnice výsledného bodu se získají váženým součtem bodu původního. Váhy v tomto součtu určuje právě transformační matice (32). U bodu je váha vždy rovna jedné (33). Aby i u výsledného bodu vyšlo  $w = 1$  všechny souřadnice se vydělí  $w^4$  (34).

$$\dot{B} = B \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z + a_{14}w \\ \dot{y} &= a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z + a_{24}w \\ \dot{z} &= a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z + a_{34}w \\ \dot{w} &= a_{41}x + a_{42}y + a_{43}z + a_{44}w \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z + a_{14} \\ \dot{y} &= a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z + a_{24} \\ \dot{z} &= a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z + a_{34} \\ \dot{w} &= a_{41}x + a_{42}y + a_{43}z + a_{44} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \frac{a_{11}x+a_{12}y+a_{13}z+a_{14}}{a_{41}x+a_{42}y+a_{43}z+a_{44}} \\ \dot{y} &= \frac{a_{21}x+a_{22}y+a_{23}z+a_{24}}{a_{41}x+a_{42}y+a_{43}z+a_{44}} \\ \dot{z} &= \frac{a_{31}x+a_{32}y+a_{33}z+a_{34}}{a_{41}x+a_{42}y+a_{43}z+a_{44}} \\ \dot{w} &= 1 \end{aligned} \quad (34)$$

Tímto způsobem je možné dosáhnout základních transformací jako je posunutí, otočení, zvětšení a zkosení. Výhodou tohoto řešení je, že při použití více transformací najednou (např. otočení a posunutí) stačí nejdříve vynásobit (kapitola 7.1) jednotlivé matice a bod násobit až výslednou.

<sup>4</sup>Někdy se tato operace nazývá perspektivní korekce

Tabulka 1: Provedení lineární transformace

```
//vynásobení transformační maticí
ubod[0] = matice[0] * bod[0] + matice[0+4]*bod[1]
          + matice[0+8] * bod[2] + matice[0+12];
ubod[1] = matice[1] * bod[0] + matice[1+4]*bod[1]
          + matice[1+8] * bod[2] + matice[1+12];
ubod[2] = matice[2] * bod[0] + matice[2+4] * bod[1]
          + matice[2+8] * bod[2] + matice[2+12];
w = matice[3] * bod[0] + matice[3+4] * bod[1]
    + matice[3+8] * bod[2] + matice[3+12];
//provedení "perspektivní korekce"
w=1/w;
ubod[0]*=w;
ubod[1]*=w;
ubod[2]*=w;
```

Pokud se souřadnice bodů zachovávají použije se tzv. identická matice (35). Pro posun stačí nastavit poslední sloupec matice (36) který se násobí  $w$ , tedy 1 pro bod a nezapočítává se u vektoru (vektor má pouze směr, nemá pozici). Zvětšení je dáno čísly v úhlopříčce matice (37). Matice pro rotaci a zkosení jsou složitější, záleží na tom podél jaké osy se objekt rotuje (kosi).

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (35)$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (36)$$

$$\begin{pmatrix} x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (37)$$

## 7.1 Násobení matic

Při provádění několika lineárních transformací je vhodnější mezi sebou matice vynásobit a potom provést transformaci výslednou maticí.

Hodnota výsledné buňky je součet násobků buněk ze stejné řádky jedné matice a sloupce druhé matice (38).

$$\begin{aligned}
AB &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \\
AB &= \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{38}$$

## 7.2 Inverzní matice

Pokud chceme provést transformaci objektu přesně opačným směrem, jednou z možností je provést lineární transformaci pomocí matice inverzní k původní. Matice jsou vzájemně inverzní jestliže jejich vynásobením dostaneme identickou matici.

**Výpočet** Inverzní matice se vypočte tak že se k původní matici např. (39) přidá identická (40). Následně se provádí řádkové úpravy celé (původní i identické) matice tak aby na levé straně vyšla identická matice.

Nejprve se matice seřadí aby řádky začínající nulami byly pod řádky začínajícími jiným číslem. Potom se provádí řádkové operace pro každý řádek. Řádek se vydělí prvním nenulovým číslem (41), první číslo bude tedy jedna. Od všech ostatních řádků se odečte aktuální řádek vynásobený tak aby se odstranily číslice pod a nad jedničkou (42). Po zopakování postupu pro všechny řádky vyjde na levé straně identická matice (43).

Matice na pravé straně (44) je k původní inverzní. Implementace tohoto výpočtu je v ukázce 2.

$$\begin{array}{cccc}
3 & 2 & 6 & 2 \\
6 & 8 & 4 & 3 \\
3 & 4 & 3 & 6 \\
3 & 6 & 8 & 8
\end{array} \tag{39}$$

$$\begin{array}{cccc|cccc}
3 & 2 & 6 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
6 & 8 & 4 & 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
3 & 4 & 3 & 6 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
3 & 6 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 1
\end{array} \tag{40}$$

$$\begin{array}{cccc|cccc}
1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\
6 & 8 & 4 & 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
3 & 4 & 3 & 6 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
3 & 6 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 1
\end{array} \tag{41}$$

$$\begin{array}{cccc|cccc}
1 & \frac{2}{3} & 2 & \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & 0 & 0 \\
0 & 4 & -8 & -1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 2 & -3 & 4 & -1 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 4 & 2 & 5 & -1 & 0 & 0 & 1
\end{array} \tag{42}$$

$$\begin{array}{cccc|cccc}
1 & 0 & 0 & 0 & \frac{71}{234} & -\frac{11}{234} & \frac{35}{117} & -\frac{85}{234} \\
0 & 1 & 0 & 0 & -\frac{43}{156} & -\frac{257}{156} & -\frac{19}{78} & \frac{35}{156} \\
0 & 0 & 1 & 0 & \frac{3}{26} & -\frac{25}{26} & -\frac{2}{13} & \frac{3}{26} \\
0 & 0 & 0 & 1 & -\frac{1}{39} & \frac{4}{39} & \frac{10}{39} & -\frac{1}{39}
\end{array} \tag{43}$$

Tabulka 2: Vytvoření inverzní matice

```

float matrixP[32]; //pomocná matice
for(i=0;i<4;i++) //zkopírování do pomocné
    for(j=0;j<4;j++)
        matrixP[i+j*8]=matrix[i+j*4];
for(i=0;i<4;i++) //doplnění pomocné o identickou
    for(j=0;j<4;j++)
        matrixP[4+i+j*8]=(i==j?1:0); //všude nuly úhlopříčka jedničky
int r;
float pomocna;
for(i=0;i<4;i++){ //pro všechny řádky
    if (matrixP[i*9]==0.0) //hlavní pole nesmí být nula
        for(r=i;r<4;r++)
            if (matrixP[i+r*8]!=0.0) //nalezení nenulového radku pod nulovým;
                for(j=0;j<8;j++){ //prohození řádků
                    pomocna=matrixP[j+i*8];
                    matrixP[j+i*8]=matrixP[j+r*8];
                    matrixP[j+r*8]=pomocna;
                };
            pomocna=matrixP[i*9];
        for(j=0;j<8;j++) //vydělení řádku hodnotou hlavního pole
            matrixP[j+i*8]/=pomocna;
        for(r=0;r<4;r++)
            if (r!=i){ //vynulování zbytku sloupce (všechny ostatní řádky)
                pomocna=matrixP[i+r*8];
                for(j=0;j<8;j++)
                    matrixP[j+r*8]-=matrixP[j+i*8]*pomocna;
            };
    };
for(i=0;i<4;i++) //zkopírování z pomocné matice
    for(j=0;j<4;j++)
        matrixI[i+j*4]=matrixP[4+i+j*8];

```

$$\begin{pmatrix}
\frac{71}{234} & -\frac{11}{43} & \frac{35}{234} & -\frac{85}{35} \\
-\frac{156}{3} & -\frac{156}{25} & -\frac{78}{2} & \frac{156}{3} \\
-\frac{1}{26} & -\frac{4}{26} & -\frac{13}{10} & \frac{26}{39} \\
-\frac{1}{39} & \frac{4}{39} & \frac{10}{39} & -\frac{1}{39}
\end{pmatrix} \quad (44)$$

### 7.3 Lineární transformace v OpenGL

OpenGL provádí lineární transformaci vždy, když vykresluje nějaký bod. Proto má uloženou aktuální matici podle které se transformace provádí. Tuto aktuální matici je možné nastavit (`glLoadMatrix`), vynásobit ji jinou pro provedení více různých transformací (`glMultMatrix`), načíst identickou (`glLoadIdentity`) a provádět základní operace jako je zvětšení posun a rotace (`glScale`, `glTranslate`, `glRotate`).

Tyto operace provádí OpenGL s podporou hardware, takže pokud to grafická karta umožňuje je tato operace prováděna přímo v ní. Takže procesor není zatěžován.

## 8 Display-listy

### 8.1 Co to je display-list

Display-listy prostředí OpenGL jsou navrženy tak, aby optimalizovali výkon při síťovém zobrazování, ale také aby nikdy nezvyšovaly nároky na výkon při běhu na lokálním počítači.

Pro optimalizaci výkonu je OpenGL display-list spíše zásobárna příkazů, než dynamická databáze. Jinými slovy, pokud jednou display-list vytvoříte, nelze jej později změnit. Pokud by byly display-listy modifikovatelné, výkon by byl velmi zredukován, protože by bylo potřeba mnohem více času na procházení display-listů a hledání změn v nich.

Spouštění display-listu netrvá déle než spouštění jednotlivých příkazů jeden po druhém. Jistě, je zde malá prodleva při skoku do display-listu a poté při skoku zpět, ale pokud display-list dobře optimalizujete a také jej použijete na vhodném místě, je velmi výhodné jej používat, protože se tím nejen zpřehlední kód, ale také zde nastává podstatné zrychlení při vykreslování složitějších scén, protože objekt je většinou již uložen v paměti grafické karty a pouze se umístí.

### 8.2 Na co lze display-listy použít

- **Maticové operace**
  - Většina maticových operací vyžaduje OpenGL pro výpočet inverze. Vypočtená matice a její inverzní matice tak mohou být uloženy každá ve svém vlastním display-listu.
- **Rastrové bitmapy a obrázky**

- Formát, kterým specifikujeme rastrová data není pravděpodobně nejpříjemnější pro hardware. Pokud je display-list jednou „vykompilován,“ OpenGL jej může transformovat do podoby, která je pro hardware nejpříjemnější. Tato skutečnost se nejradikálněji projevuje při vykreslování rastrových písem, protože jeden znak většinou obsahuje sérii malých bitmap.

- **Světla, vlastnosti materiálů a světelné modely**

- Pokud vykreslujeme scénu s komplexními světelnými podmínkami, museli bychom měnit nastavení materiálu zvlášť pro každý objekt na scéně, což může být při významějších výpočtech velmi zpomalující. Pokud však umístíme specifikaci materiálu do display-listu, tak tyto výpočty nebudeme muset provádět pokaždé, když změníme materiál, protože budeme ukládat pouze výsledek výpočtu.

- **Textury**

- Pokud budeme schopni uložit texturová data do display-listu, dosáhneme opravdu velkého zrychlení, protože formát uložení dat v hardwaru se pravděpodobně bude lišit od formátu uložení dat v OpenGL, takže konverzi bude třeba provádět jen jednou, při vytváření display-listu.

### 8.3 Jak vytvářet display-listy

Pro zahájení záznamu do display-listu se používá příkazem *void glNewList()*, pro ukončení záznamu příkaz *void glEndList()*. Do příkazu *void glNewList(GLuint list, GLenum mode)* zadáváme dva parametry. První parametr (*GLuint list*) je celočíselný a jedinečný identifikátor vytvořeného display-listu. Pomocí tohoto identifikátoru můžeme display-list provést. Druhý parametr (*GLenum mode*) určuje, zda se má display-list pouze vytvořit (hodnota *GL\_COMPILE*), nebo vytvořit a hned také provést (hodnota *GL\_COMPILE\_AND\_EXECUTE*).

Zavolání display-listu (tedy vyvolání příkazů uložených v display-listu) provádíme funkcí *void glCallList(GLuint list)*, v jejímž parametru *list* je uložen identifikátor dříve vytvořeného display-listu.

### 8.4 Příklad využití display-listu

Algoritmus ukazuje, jak lze vytvořit jednoduchý display-list, který vykreslí kružnici o 100 segmentech. Celý tento display-list se přeloží a nahraje do paměti grafické karty, takže pokud jej chceme provést, stačí zavolat funkci

```
glCallList(MUJ_KRUH);
```

## 9 Použité knihovny

Při tvorbě projektu byl kladen důraz na možnost multiplatformního použití. Použité knihovny jsou volně dostupné včetně zdrojových kódů.

Tabulka 3: Display-list

```

#define MUJ_KRUH 1
udelejKruh () {
    GLint i;
    GLfloat cosinus, sinus;
    glBegin (GL_POLYGON);
    for(i = 0; i < 100; i++){
        cosinus = cos (i * 2 * PI / 100.0);
        sinus = sin (i * 2 * PI / 100.0);
        glVertex2f (cosinus, sinus);
    }
    glEnd ();
    glEndList ();
}

```

## 9.1 OpenGL

### 9.1.1 Co je OpenGL

OpenGL je otevřená grafická knihovna (*Open Graphics Library*), která byla vytvořena firmou SGI (*Silicon Graphics Inc.*) jako API<sup>5</sup> k akcelerovaným grafickým kartám. Knihovna OpenGL byla vytvořena tak, aby se dala použít na různých typech grafických karet a aby ji bylo možno využívat také v případě, že na nějaké platformě žádný grafický akcelerační hardwar nainstalován není. V tomto případě se použije softwarová simulace. Nyní je knihovna OpenGL použitelná na různých verzích UNIXových systémů (např: Linux), OS/2 a také ji lze použít na platformách systému Microsoft Windows.

Logo a název OpenGL<sup>TM</sup> je registrovaná známka firmy Silicon Graphics Inc.

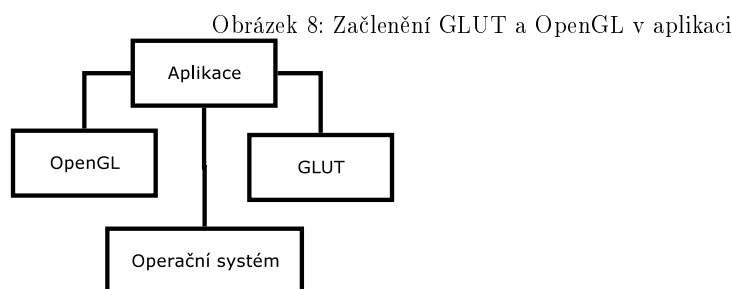
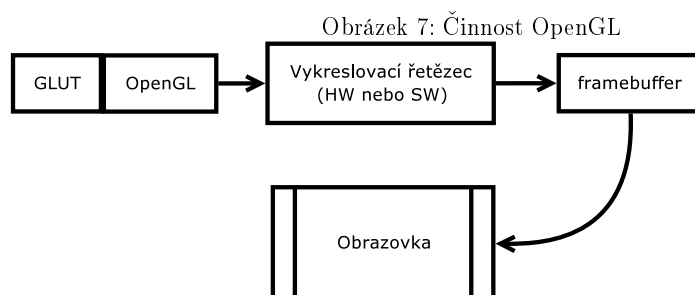
Knihovna OpenGL je vyvinuta tak, aby byla použitelná v jakémkoliv programovacím jazyce, přičemž primárně je k dispozici hlavičkový soubor pro jazyky C a C++. V tomto souboru jsou deklarovány nové datové typy, které využívá knihovna, některé konstanty a soubor také obsahuje asi 120 příkazů, které specifikují objekty a operace potřebné pro vytváření interaktivních trojrozměrných aplikací. Takovéto hlavičkové soubory samozřejmě existují i pro jiné programovací jazyky, například Object Pascal, Java nebo Fortran. Tyto soubory se většinou generují z hlavičkových souborů pro jazyk C.

OpenGL bylo vyvinuto a aby pracovalo efektivně i když počítač, který grafiku zobrazuje není počítačem, který grafiku vykresluje. Tato skutečnost může být důležitá v případě, že bychom měli náročnou grafickou aplikaci a několik počítačů vzájemně spojených do sítě. Tato aplikace tak může být zpracovávána celou sítí počítačů dohromady a zobrazována pouze ne jednom klientském stroji. Knihovna byla vyvinuta tak, aby byla naprosto nezávislá na použitých grafických ovladačích, operačním systému či na používaném Window Manageru<sup>6</sup>, což je také důvod, proč knihovna neobsahuje žádné funkce pro práci s okny.

<sup>5</sup>Application Programming Interface = Aplikační programové rozhraní neboli rozhraní pro tvorbu aplikací

<sup>6</sup>správce oken





Na podporu těchto funkcí je třeba použít buď přímo používaného správce oken (čímž ale přijdeme o naprostou kompatibilitu a nezávislost) nebo můžeme využít některou z nadstaveb. My budeme využívat nadstavbovou knihovnu GLUT, které se budeme věnovat dále.

### 9.1.2 Jak OpenGL funguje

Základní funkcí OpenGL je vykreslování do tzv. framebufferu<sup>7</sup>. Tento buffer uchovává veškeré informace, které potřebuje grafický akcelerátor pro zobrazení na obrazovce monitoru či LCD. Jsou zde uloženy informace o barvě a jasu každého pixelu na obrazovce. Činnost OpenGL programu znázorňuje obrázek .

Aby se dosáhlo ještě větší nezávislosti na využívané platformě, zavádí OpenGL vlastní datová primitiva (např: GLint nebo GLdouble).

## 9.2 GLUT

### 9.2.1 Co je to GLUT

GLUT neboli *OpenGL Utility Toolkit* tvoří doplněk grafické knihovny OpenGL. Základem této nadstavby je hlavně podpora práce s písmem, vyskakovacími menu a také podpora pro práci s okny včetně zpracovávání jejich událostí.

<sup>7</sup>obrazový rámeček

GLUT je naprogramován v jazyce C a je kompatibilní se systémy Linux, Unix, OS/2 a také Microsoft Windows. Vzhledem ke skutečnosti, že je GLUT vytvořen tak, že z volání funkcí se vrací pouze primitivní datové typy, je vcelku jednoduché vytvořit rozhraní pro další programovací jazyky, které mají podporu práce s dynamickými knihovnami. Tato ovládací rozhraní jsou již hotova pro jazyk Fortran, Object Pascal a také pro Python.

Hlavičkový soubor GLUTu se většinou vkládá přes příkaz `include`:

```
#include <GL/glut.h>
```

Podpora GLUTu se spouští přes příkaz

```
glutInit();
```

Tento příkaz inicializuje podporu knihoven GLUTu a vytvoří relaci s používaným systémem oken. Při běhu tohoto procesu může docházet k chybovým hlášením, pokud nemohl být GLUT správně inicializován. Příkladem takovéto situace může být chybějící podpora OpenGL nebo chybné volání příkazové řádky.

### 9.2.2 Jak GLUT funguje

Knihovna GLUT začleňuje mezi knihovny systému a mezi vlastní aplikaci novou funkční vrstvu, takže z aplikace je možné volat nejen knihovny GLUTu, ale také knihovny OpenGL a knihovny operačního systému, což ukazuje obrázek . K zachování co možná největší kompatibility, kterou poskytuje jak OpenGL tak i GLUT je dosti nevhodné volat přímo systémové knihovny operačního systému. Díky skutečnosti, že se knihovna GLUT implementuje do výsledné aplikace tímto způsobem, lze také samozřejmě stále využívat standardních knihoven jazyka C, jimiž jsou například *stdlib*, *stdio*, *string* nebo *math*. Funkce zahrnuté v těchto knihovnách jsou v dnešní době bez problémů podporovány prakticky na všech platformách a jsou také popsány v normě jazyka C.

Pro celkové zjednodušení programování jsou rutiny GLUTu rozděleny do několika sub-API, které se rozdělují podle jejich funkčnosti. Tyto sub-API jsou:

- *Inicializace*
  - Zpracovávání příkazové řádky
  - Systémová inicializace oken
  - Vytváření počátečních oken a jejich řízení
- *Počáteční zpracovávání událostí*
  - Tyto rutiny vstupují do zpracovávání událostí GLUTu
  - Tyto rutiny nikdy nic nevrací, pouze předávají volání návratovým funkcím GLUTu
- *Práce s okny*

- Tyto rutiny vytváří a ovládá okna
- *Práce s vrstvami*
  - Tyto rutiny zavádějí a řídí vrstvy pro okna
- *Práce s menu*
  - Tyto rutiny vytvářejí a ovládají pop-up menu
  - V těchto rutinách GLUT pouze využívá funkcionalitu použitého *Window Manageru*, takže se nemusí vždy jednat o pop-up menu (např.: pull-down) a také vzhled menu nemusí být jednotný
- *Registrace návratových funkcí*
  - Tyto rutiny zaregistrují návratové funkce pro zpětná volání GLUTu
- *Ovládání barevných map*
  - Tyto rutiny dovolují manipulaci s indexy barev v *colormapách* pro jednotlivá okna
- *Zjišťování stavu*
  - Tyto rutiny dovolují aplikaci přijímat stavové hlášení GLUTu
- *Renderování písma*
  - Tyto rutiny umožňují vykreslování čárových i bitmapových fontů
- *Renderování obrazců*
  - Tyto rutiny umožňují vykreslování 2D i 3D geometrických objektů včetně koulí, kuželů, dvacetistěnnů a „čajových konvic“<sup>8</sup>

### 9.3 LibJPEG

LibJPEG je knihovna pro práci z obrázky ve formátu JPEG. V programu se tento formát používá pro načítání textur. LibJPEG je vlastně poměrně jednoduchý kód v C. Protože nevyužívá žádných služeb systému, měl by jít přeložit takřka kdekoliv.

Knihovna LibJPEG je použita ve zvláštní funkci pro načítání obrázků, aby bylo možné jednoduše přidat podporu pro jiné obrázkové formáty.

## 10 Použitý software

Veškerý použitý software je volně dostupný včetně zdrojových kódů pod licencí GPL nebo kompatibilní.

---

<sup>8</sup>v některých 3D grafických editorech se pro reprezentaci spložitého objektu používá již předdefinovaný objekt „čajová konvice“

## 10.1 Vim

Vim (neboli Vi improved) je textový editor, který vychází z editoru Vi. Jeho autorem je Bram Moolenaar. Cílem tohoto editoru není vzhled ani uživatelská přívětivost ale efektivita práce. Proto je editor optimalizovaný tak aby uživatel při editaci textů stiskl co nejméně kláves a příliš nepřesouval ruce.

Vim je možné spouštět z textového terminálu, takže může pracovat například přes ssh nebo telnet. Další výhodou je snadná konfigurovatelnost a možnost přidávat makra pomocí konfiguračních souborů.

Vim byl použit pro editaci zdrojových kódů a jiných textových souborů.

## 10.2 CVS

Protože program byl vyvíjen ve dvou členném týmu, bylo potřeba mít k dispozici stále aktuální verzi zdrojových kódů. CVS (Concurrent Versions System) zajišťuje právě správu zdrojových kódů. CVS spravuje repozitář zdrojových kódů, ve kterém jsou uloženy všechny změny, ke kterým došlo. Vývojář si vždy stáhne aktuální (nebo jakoukoliv předešlou) verzi, upraví ji a nahraje zpět do repozitáře.

Pro účel našeho projektu byl zřízen repozitář pomocí služby cvsdude.com.

## 10.3 GCC

GCC (the GNU Compiler Collection) je sada kompilátorů patřící pod GNU. Verze pro Linux je přeložena pomocí g++ kompilátoru pro C++ z této sady.

## 10.4 GDB

GDB (the GNU project debugger) je program pro ladění programů. Umožňuje zastavit běžící program, krokovat ho po řádkách, číst a zapisovat data v paměti a zjišťovat důvody proč došlo k pádu programu. GDB se standardně ovládá pomocí své vlastní příkazové řádky. Pro některé úkony bylo použito grafické uživatelské rozhraní DDD, které umožňuje zobrazit graficky strukturu dat.

## 10.5 GNU Make

Make je program pro sestavování projektů z více částí. Sestavuje vždy soubor z jiných souborů. Make kontroluje čas změny souborů a vždy aktualizuje jen soubory, které jsou starší než soubory, na kterých závisí.

Používá se například při kompilaci programů. Jednotlivé zdrojové soubory zkompiluje na binární soubory, které následně linkuje do výsledného programu. Programátor tedy nemusí hlídat, které soubory změnil, ani se zdržovat kompilací souborů, které se nezměnily.

## 10.6 Autotools

Je sada nástrojů pro vytváření balíčků se snadno zkompileovatelnými zdrojovými kódy. Podrobnější popis v kapitole 17.1.

## 10.7 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

WYSIWYM<sup>9</sup> editor pro L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. To znamená, že jde o něco mezi WYSIWIG<sup>10</sup> editory, kde je vidět v reálném čase to samé co bude ve výsledku (např. OpenOffice Writer) a mezi přímou editací zdrojového kódu L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xu pomocí textového editoru.

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X je balík maker T<sub>E</sub>Xu napsaný Leslie Lamportem, který představuje systém pro zpracování dokumentu. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X dovoluje popsat strukturu dokumentu pomocí značkování tak, aby uživatel nebyl nucen přemýšlet o výsledném vzhledu [7].

T<sub>E</sub>X je sázeč systém vytvořený Donaldem E. Knuthem. T<sub>E</sub>X umožňuje pomocí maker popsat sazbu dokumentu.

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X byl použit pro napsání tohoto dokumentu.

## 10.8 Ostatní

**GIMP** (GNU Image Manipulation Program) je program pro práci s rastrovou grafikou. V projektu byl použit pro tvorbu textur.

**Blender** 3D modelovací program. Pro projektu byl použit na vytváření modelů objektů.

**Doxygen** Program pro tvorbu dokumentace ze zdrojových kódů

**Adobe Flash 8 Professional** IDE pro tvorbu Flash aplikací

**Dia** Program pro tvorbu diagramů

**DOT** Program pro generování diagramů (např. obr. 14)

**CodeBlocks** IDE<sup>11</sup> pro jazyk C++. Byl použit pro práci s kódy ve windows.

## Část III

# Výsledky

## 11 Struktura

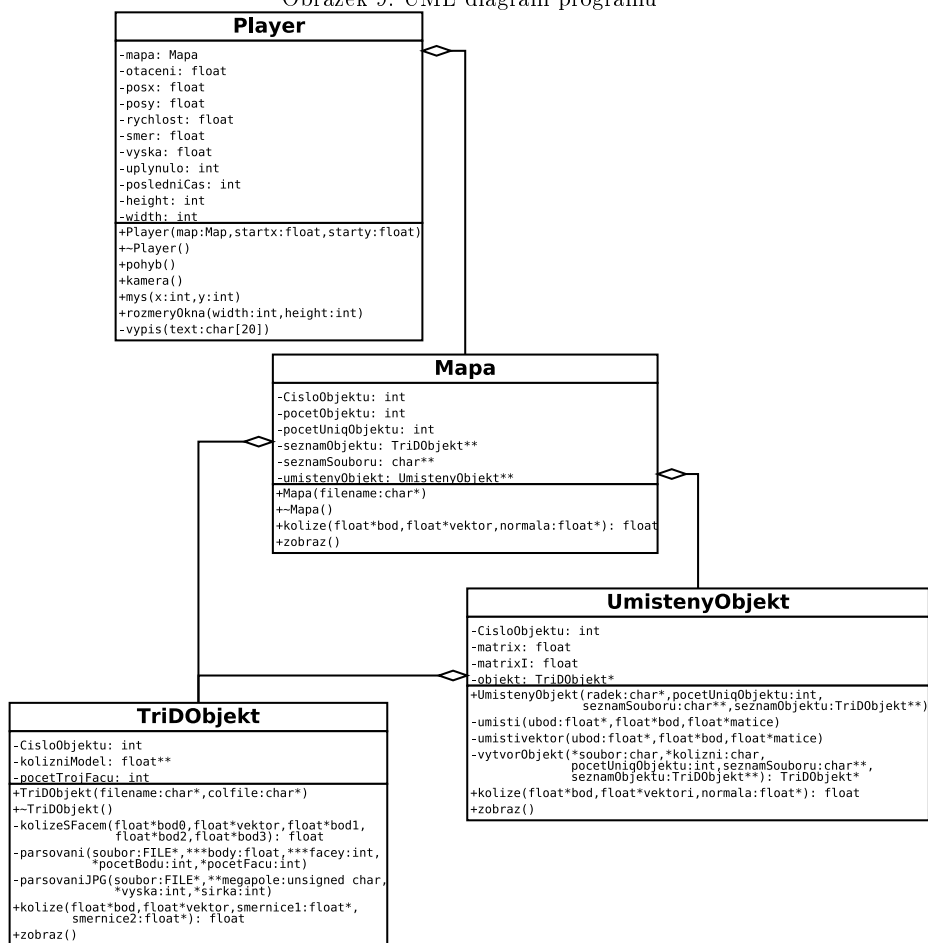
Datová struktura programu je nejlépe vidět na UML diagramu (obr. 9). Základem programu je třída Player (hráč).

<sup>9</sup>What You See Is What You Mean - vidíte to jak to myslíte

<sup>10</sup>What You See Is What You Get - vidíte to co dostanete

<sup>11</sup>Integrated Development Environment = Vývojové prostředí

Obrázek 9: UML diagram programu



## 11.1 Player

Třída Player obsahuje veřejné metody, které se volají z obsluhy událostí:

**kamera** zajistí vykreslení scény z pohledu hráče.

**pohyb** slouží k přepočtení polohy hráče.

**mys** slouží k ovládání pohybu.

**rozmetryOkna** volá se při změně rozměrů vykreslovaného prostoru, zajišťuje správné poměry zobrazení a nastavuje reakce na pohyb myši<sup>12</sup>.

Aby bylo možné zobrazovat scénu a vypočítávat kolize je součástí třídy Player třída Mapa, která obsahuje informace o geometrii prostředí ve kterém se hráč pohybuje.

## 11.2 Mapa

Třída Mapa obsahuje informace o scéně. Konstruktor třídy mapa má jediný parametr a to název souboru<sup>13</sup>, ze kterého se mapa načítá. Mapa poskytuje pouze dvě veřejné metody:

**zobraz** zobrazí scénu.

**kolize** slouží ke zjištění kolize přímky z mapou.

Informace o tvaru mapy jsou uloženy v poli umístěných objektů (třída UmistenyObjekt).

## 11.3 UmistenyObjekt

Třída UmistenyObjekt obsahuje transformační matici (i inverzní matici) a ukazatel na třídu TriDObjekt.

Díky tomu že je třída UmistenyObjekt oddělena od třídy TriDObjekt je možné, aby více instancí třídy UmistenyObjekt obsahovalo ukazatel na tu samou instanci třídy TriDObjekt. Toho lze využít v případě, že mapa obsahuje na různých místech<sup>14</sup> tvarově stejné objekty.

## 11.4 TriDObjekt

Třída TriDObjekt obsahuje informace o tvaru objektu a textuře.

Konstruktor této třídy má dva parametry. První parametr - *filename* - je název souboru, ze kterého se má načítat výsledný objekt a druhý parametr - *colfile* - je název „kolizního“ objektu (kapitola 13).

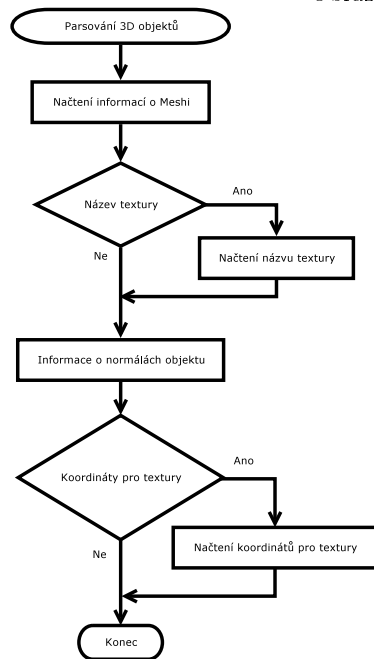
---

<sup>12</sup>Souřadnice myši se zasílají absolutně v pixelech, ovládání se ale odvíjí od relativního umístění kurzoru v okně.

<sup>13</sup>soubor je typu \*.world který vznikl speciálně pro tento projekt

<sup>14</sup>Nemusí se lišit pouze místem ale obecně transformační maticí (rotací, velikostí ...).

Obrázek 10: Parsování objektů



**parsuj** Slouží pro nalezení potřebných informací o objektu v souboru formátu DirectX a jejich následnému zapsání do struktury programu tak, aby mohly být následně využity pro kompilaci display-listů.

**parsujJPG** slouží k rozparsování \*.jpg souboru na jednotlivé barvy a jejich následné poskládání zpět do struktury programu pro další využití při texturování pomocí OpenGL .

**kolize** Počítá vlastní kolizi mezi polopřímku a jednotlivými rovinami, ze kterých se objekt skládá.

## 12 Načítání a parsování objektů

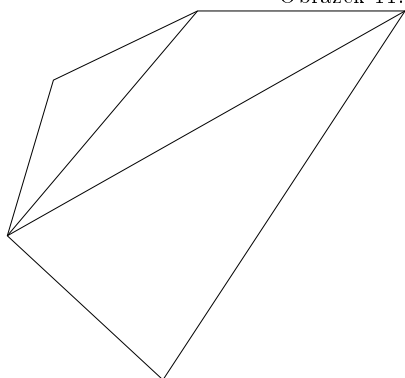
Objekty se načítají jeden po druhém, tak jak jsou napsány v souboru mapy včetně jejich transformační matice, která je důležitá nejen pro výslednou pozici objektu, ale také pro jeho natočení nebo velikost.

Postup načítání informací je dán způsobem uložení dat v souboru s modelem pro DirectX (\*.x) a nejlépe je vidět z vývojového diagramu (obr. ??).

Nejprve se tedy načítají informace o meshi, tedy globálně o tvaru celého objektu. V souboru .x jsou uloženy nejprve informace o jednotlivých vertexech, tedy o bodech, každé stěny. Nejprve je zde údaj o tom, kolik bodů bude daný objekt mít. Každý bod je pak



Obrázek 11: Převod na trojúhelníky



reprezentován trojicí souřadnic v pořadí  $x, y, z$ . Následují informace o tom kolik má objekt stěn a z jakých bodů je každá stěna spojena.

Poté, pokud se u objektu vyskytuje, se načte název souboru textury, který se předá funkci *parsujJPG* .

Následují informace o normálách objektu. Normály jsou vektory, které jsou kolmé na danou stěnu objektu. OpenGL tyto vektory využívá pro vykreslování při osvětlení a pro zaoblování objektů. Normála zpravidla bývá stejný počet jako faců.

Nakonec, opět pokud je objekt obsahuje, se načtou jednotlivé koordináty pro mapování textury. Koordinátů pro texturu je stejný počet jako počet vertexů. Každý koordinát je zde reprezentován souřadnicemi  $x$  a  $y$ . Souřadnice  $z$  se nepoužívá, protože se jedná jen o dvourozměrné textury.

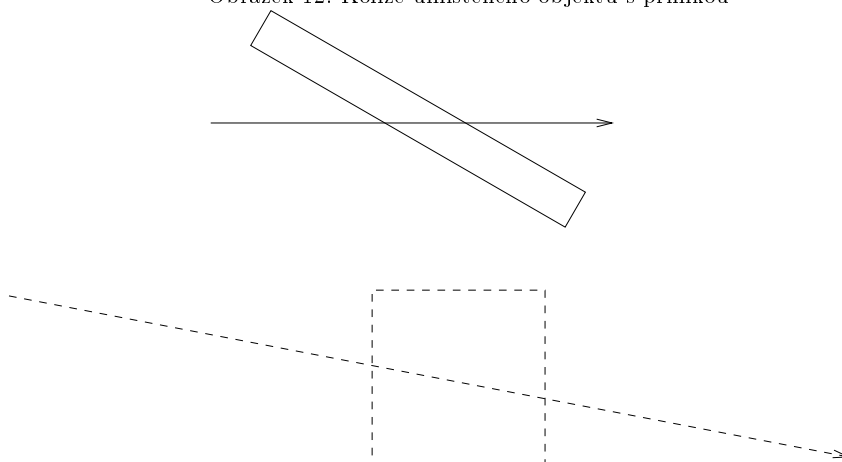
Nakonec se vytvoří display-list (kapitola 3.7), ve kterém se uloží nejprve texturová data, pokud je objekt obsahuje. Tato data se musí vkládat na začátku, protože podle validní syntaxe nesmějí být mezi *glBegin* a *glEnd*. Následují dva výše zmíněné příkazy a mezi nimi se již cyklicky vypisují veškeré body (vertexy), normály a také texturové koordináty k jednotlivým facům.

### 13 Kolizní model

Při výpočtu kolizí není potřeba model, který se skládá z velkého množství plošek (polygonů). Proto je možné použít jiný model pro výpočet kolizí než pro zobrazování. To má výhodu v rychlejším výpočtu kolizí. Nevýhoda je potřeba vytvořit zvlášť kolizní model. V případě jednoduchých objektů je možné načítat jako kolizní stejný model jako pro zobrazení.

Je možné zobrazovat polygony které mají více než tři body (například krychle složená ze čtverců). S těmito polygony je ale velmi obtížné počítat kolize. A tak se polygony pro kolizní model vždy převádí na tříbodové. To je provedeno tak, že se vybere první bod jako hlavní (je ve všech trojúhelnících) a pak se postupně přidávají další body (druhý v jednom trojúhelníku je první v dalším (obr. 11).

Obrázek 12: Kolize umístěného objektu s přímkou



## 14 Výpočet kolizí

Výpočet kolizí začíná ve třídě `Mapa`, kde se postupně volá kolize v jednotlivých umístěných objektech. Pokud se zjistí kolize porovnává se vzdálenost a vrací se nejbližší.

Třída `UmistenyObjekt` obsahuje ukazatel na třídu `TriDObjekt`, ve které je uložen tvar neumístěného objektu.

Aby bylo možné provést výpočet kolize mezi přímkou, která je určena globálními souřadnicemi a objektem, který je určen lokálními souřadnicemi, je potřeba provést lineární transformaci. Ta se však neprovádí, tak jak by to bylo na první pohled zřejmě přepočtem všech bodů objektu (stejně jako se provádí zobrazení) ale přepočtením přímky pomocí inverzní matice (kapitola 7.2). Takže ve výsledku se provádí výpočet kolize mezi přímkou a objektem v základním (neumístěném) tvaru (obr. 12).

Protože výsledek kolize, vzdálenost od počátku přímky k místu kolize, je určen v násobcích velikosti vektoru (parametr  $t$  v kapitole 5.1.4), není nutné přepočítávat výsledek zpět podle původní matice. Toto řešení má výhodu, že se provádí lineární transformace pouze pro jeden bod a vektor a ne pro desítky až stovky bodů ze kterých se skládá objekt.

Další možností by bylo ukládat souřadnice umístěných bodů. To by ale vyžadovalo více operační paměti, také by bylo mnohem složitější rozšíření o pohyblivé objekty.

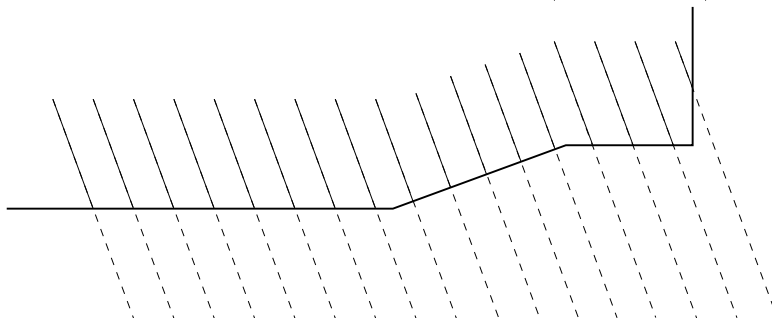
Aby bylo možné snadno odlišit zeď od podlahy zjišťuje se současně s kolizí i normála<sup>15</sup> roviny. To se provádí pomocí skalárního součinu jak je popsáno v kapitole 4.2.2.

## 15 Pohyb

Pozice hráče je určena třemi souřadnicemi (pata hráče) a číslem určujícím směr otočení. Pohyb hráče se vyhodnocuje mezi každým překreslením snímků. Nejprve se podle stavu

<sup>15</sup>kolmý vektor

Obrázek 13: Pohybující se hráč (pohled z boku)



Tabulka 4: Pohyb hráče

```

bod[0]=-posx;
bod[1]=vyska+VYSKAKROKU; //nastavení výchozího bodu přímky
bod[2]=-posy;
vektor[0]=sin(smer*PI/180)*rychlost*uplynulo/10;
vektor[1]=-VYSKAKROKU; //nastavení vektoru ve směru pohybu šikmo dolů
vektor[2]=-cos(smer*PI/180)*rychlost*uplynulo/10;
float t=mapa->kolize(bod,vektor,normala);
//zjištění vzdalenosti kolidujícího bodu
float delka=sqrt(normala[0]*normala[0]+normala[1]*normala[1]+normala[2]*
normala[2]);
normala[0]/=delka;
normala[1]/=delka; //normalizace normaly (pro snazší určení úhlu)
normala[2]/=delka;
if ((normala[1]>STRMOST)|| (normala[1]<-STRMOST)){
//jestli není stěna příliš prudká
    posx -=vektor[0]*t; //posun na místo kolize
    posy -=vektor[2]*t;
    if ((VYSKAKROKU-VYSKAKROKU*t)<(-RYCHLOSTPADU*uplynulo))
//není-li příliš vysoko
        vyska -=RYCHLOSTPADU*uplynulo; //změnit výšku na místo kolize
    else
        vyska += (VYSKAKROKU-VYSKAKROKU*t); //padat dolů
};

```

ovládání nastaví správné otočení hráče. Potom se vyhodnocuje kolize mezi přímkou a mapou.

Přímka je vedena z bodu nad místem kde hráč stojí (výška je nastavena pomocí direktivy VYSKAKROKU) šikmo dolů. Úhel pod kterým přímka směřuje k zemi závisí na aktuální rychlosti hráče a rychlosti vykreslování. Pokud nedojde ke kolizi s neschůdným povrchem (rozeznává se podle úhlu normály), hráč se přesune na místo, kde došlo ke kolizi (obr. 13).

Kamera se vykresluje nad pozicí hráče (jak vysoko je určeno direktivou VYSKAOCI).

Tímto způsobem je možné zjišťovat kolizi se stěnou a zároveň zjišťovat výšku terénu.

## 16 Ovládání

Program se ovládá pomocí dvou proporcionálních<sup>16</sup> hodnot. Kvůli co největší kompatibilitě je nastaveno ovládání na myš. Jednou osou (zleva doprava) se ovládá rychlost otáčení a druhou osou rychlost pohybu vpřed (vzad). Protože jde v základu o závodní hru neovládá se přímo směr ale rychlost otáčení. Díky tomu je možné provádět veškeré pohyby bez zvednutí myši z podložky.

## 17 Multiplatformnost

Program je možné přeložit na různých platformách beze změn ve zdrojovém kódu. Toho je docíleno použitím co nejmenšího počtu knihoven. Program používá pouze tři knihovny (kapitola 9), které všechny fungují na mnoha platformách.

Pro univerzální distribuci programu jsou nejvhodnější zdrojové kódy. Aby nebylo pro uživatele složité si zdrojové kódy přeložit používá se balíček vytvořený pomocí Autotools. Tento způsob distribuce je obvyklý hlavně v Unix-like<sup>17</sup> systémech. Ve Windows je potřeba pro přeložení balíčku potřeba funkční unixový shell<sup>18</sup>. Ten je možno získat v balíčku CYGWIN nebo MSYS. Proto je verze pro Windows přeložena zvlášť a pro distribuci je určena binární verze pomocí překladače ze sady Mingw.

Program byl testován na platformách Windows XP (home i professional) a Gentoo Linux.

### 17.1 Autotools

Instalace ze zdrojových kódů v Linuxu (případně jiných Unixových systémech) se provádí pomocí takzvané „svaté trojice“ což je posloupnost příkazů:

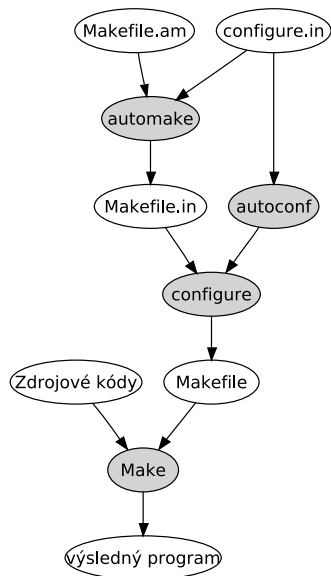
```
./configure
make
make install
```

<sup>16</sup>mají více možných stavů (z ovladačů např. myš, joystick, volant...)

<sup>17</sup>systémy vycházející z Unixu

<sup>18</sup>Prostředí příkazové řádky. Umožňuje používat jednoduché programovací příkazy a tak psát skripty.

Obrázek 14: Tvorba balíčku pomocí Autotools



Nejprve skript `configure` zjistí jestli je v systému vše potřebné pro kompilaci, poté vytvoří soubor `Makefile` obsahující informace pro program `make`. `Make` (kapitola 10.5) potom provede nejdříve vlastní kompilaci a následně i instalaci programu.

Skript `configure` musí zjistit jestli je v systému nějaký kompilátor, co lze použít, jestli zde jsou všechny potřebné knihovny a kde, jaké jsou systémové cesty a kam se program bude instalovat. Skriptu je možno předávat parametrem upřesňující informace. Dále musí skript podle zjištěných informací vytvořit `Makefile` srozumitelný pro `make`. Dále může generovat i hlavičkový soubor, který umožní automatické upravení zdrojového kódu podle systému.

Protože skript `configure` není jednoduchý ale bývá většinou pro různé projekty podobný, je vhodné tento skript generovat. To se provádí pomocí programu `autoconf`, který skript generuje podle souboru `configure.in`. Ten obsahuje už jednoduše formulovaná data o tom co má skript zjišťovat. Výsledný skript potom vyplní zjištěné informace do šablony `Makefile.in`.

Šablonu `Makefile.in` lze podobně jako skript `configure` generovat programem `autoconf` podle souboru `Makefile.am`. Soubor `Makefile.am` obsahuje pouze informace o názvu programu a seznam zdrojových kódů případně i seznam dalších souborů které je třeba distribuovat. Celý postup je vidět na obrázku 14.

`Make` nemusí vytvářet pouze výsledný program případně jej instalovat. Například příkazem „`make dist`“ se vytvoří archiv se vši potřebným pro kompilaci.

## Část IV

# Závěr

## 18 Využití

Ačkoliv hlavním záměrem byla hlavně vizualizace architektury, umožňuje program mnohem širší využití. Protože hlavní myšlenkou je procházení prostředím, které lze snadno vytvářet, je možné použít program například jako základ pro počítačovou hru.

## 19 Rozšířitelnost

Program je tvořen objektově s ohledem na možnosti budoucího rozšíření. Například je možné poměrně snadno přidat podporu pro pohybující se objekty ve scéně nebo podporu jiných obrazových formátů.

Jednoduchým způsobem je také možné měnit základní účel projektu jak je popsáno výše.

## Reference

- [1] NEIDER, Jackie, DAVIS, Tom, WOO, Mason. OpenGL Programming Guide [online]. Release 1. 1994 [cit. 2007-01-05]. Eng. Dostupný z WWW: <<http://www.rush3d.com/reference/opengl-redbook-1.1>>. ISBN 0-201-63274-8.
- [2] OpenGL Reference Manual [online]. 1994 [cit. 2007-01-05]. Eng. Dostupný z WWW: <<http://www.rush3d.com/reference/opengl-bluebook-1.0>>. ISBN 0-201-63276-4.
- [3] KILGARD, Mark J.. The OpenGL Utility Toolkit (GLUT) Programming Interface API [online]. Version 3. c1994-1996 [cit. 2007-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.opengl.org/resources/libraries/glut/spec3/spec3.html>>.
- [4] FERNANDES, António Ramires. 3D Maths for CG. Lighthouse3d.com [online]. 2005 [cit. 2007-02-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.lighthouse3d.com/opengl/math3>>.
- [5] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Grafická knihovna OpenGL. Root.cz [online]. 2003 [cit. 2007-02-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/serialy/graficka-knihovna-opengl>>.
- [6] KAŠPÁREK, Tomáš. GNU - pomoc při tvorbě programů [online]. 2001 [cit. 2007-02-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/serialy/gnu-pomoc-pri-tvorbe-programu>>.
- [7] HUDEC, Tomáš, ŠKARVADA, Libor. často kladené otázky o T<sub>E</sub>Xu a odpovědi na ně [online]. c1997-2003, Poslední aktualizace: 26.07.2006 [cit. 2007-03-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/cstug/csfaq>>.

- [8] OLŠÁK, Petr. Lineární algebra [online]. 2000-2006 [cit. 2007-03-05]. Dostupný z WWW: <<http://math.feld.cvut.cz/olsak/linal.html>>.
- [9] VYTERNA, Štěpán. Maturitní práce. [s.l.], 2007. 26 s. Maturitní práce.
- [10] ČERNÝ, Vladimír. Maturitní práce. [s.l.], 2007. 29 s. Maturitní práce.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

**Vytvoření propojení programu EAGLE s CNC frézkou FC16 pro  
vrtání děr desek plošných spojů**

**David Kratina**

SPŠ a VOŠ Písek  
Karla Čapka 402, 397 11 Písek



## **1.Anotace**

Cílem je vytvoření postprocesoru pro přechod z EAGLE na FC16 CNC. CNC kód pro frézku FC16 slouží pro vrtání v plošném spoji pro zasunutí drátových vývodů elektronických spoučástek.

Možnosti využití:

Zjednodušení práce při vrtání do plošného spoje

Urychlení výroby většího počtu stejných plošných spojů

## **2.Obsah**

<b>1. Anotace .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Obsah .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Úvod .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Metodika .....</b>	<b>5</b>
a) Přes obrázek.....	5
I) Základ postprocesoru .....	5
II) Vytvoření 3D modelu .....	6
III) Vytvoření drah nástroje .....	8
IV) Vytvoření postprocesuru.....	10
b) Přes dxf soubor.....	11
I) Základ postprocesoru.....	11
II) Vrtání.....	12
III) Vytvoření postprocesoru.....	14
c) EAGCNC.....	16
I) Základ postprocesoru.....	16
II) Generování posprocesoru.....	16
<b>5. Závěr.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Použité programy.....</b>	<b>18</b>
<b>7. Použitá literatura.....</b>	<b>18</b>

### **3.Úvod**

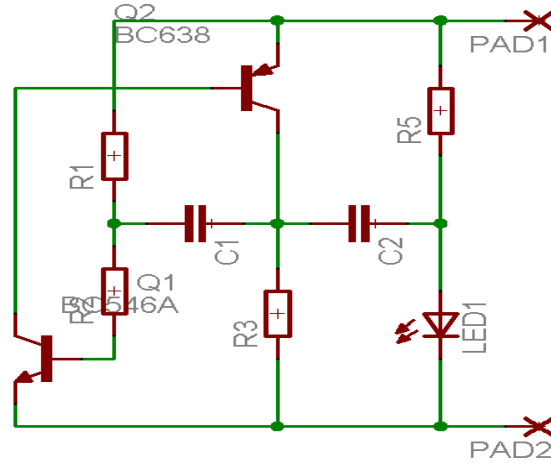
Vytvoření postprocesoru z EAGLU pro CNC frézku FC16, slouží pro usnadnění výrobního procesu výroby desek plošných spojů(dále již jen desek). Tyto postup najde uplatnění především při výrobě většího počtu desek, při zrychlení a usnadnění výrobydesek.

První postup řešen propojením programů EAGLE 4.13, Autodesk Inventor Professional 8 a SURFCAM VELOCITY II. Druhý je řešen pomocí programů EAGLE 4.13, AutoCAD Mechanical 2004 DX a SURFCAM VELOCITY II. Třetí postup byl řešen pomocí proramu EAGLE 4.13 a programu EAGCNC.

## 4. Metodika

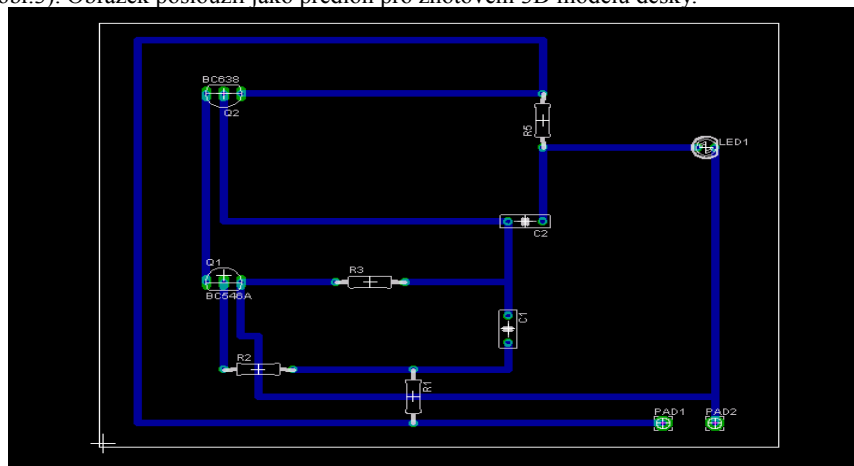
### a) Přes obrázek

#### 1) Základ postprocesoru

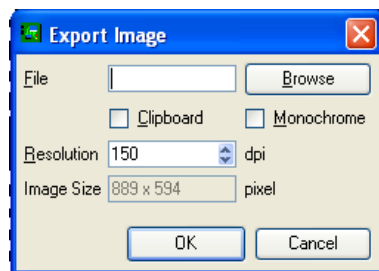


obr. 1-schema zapojení

Jako vzor pro vytváření postprocesoru bylo vzato schéma zapojení pro „LED na 1,5 V bez cívky“ (obr. 1) (toto schéma zapojení bylo převzato od Jaroslava Belzy). Ze schématu jsem vytvořil návrh tištěného spoje (obr. 2), ponechal jsem rozměry rámečku pro názornost převou. Rámeček v základním nastavení má rozměry 100x80 milimetrů. Poté byl vyexportován obrázek ve formátu bmp (obr. 3). Obrázek posloužil jako předloh pro zhotovení 3D modelu desky.



obr. 2- návrh plošného spoje

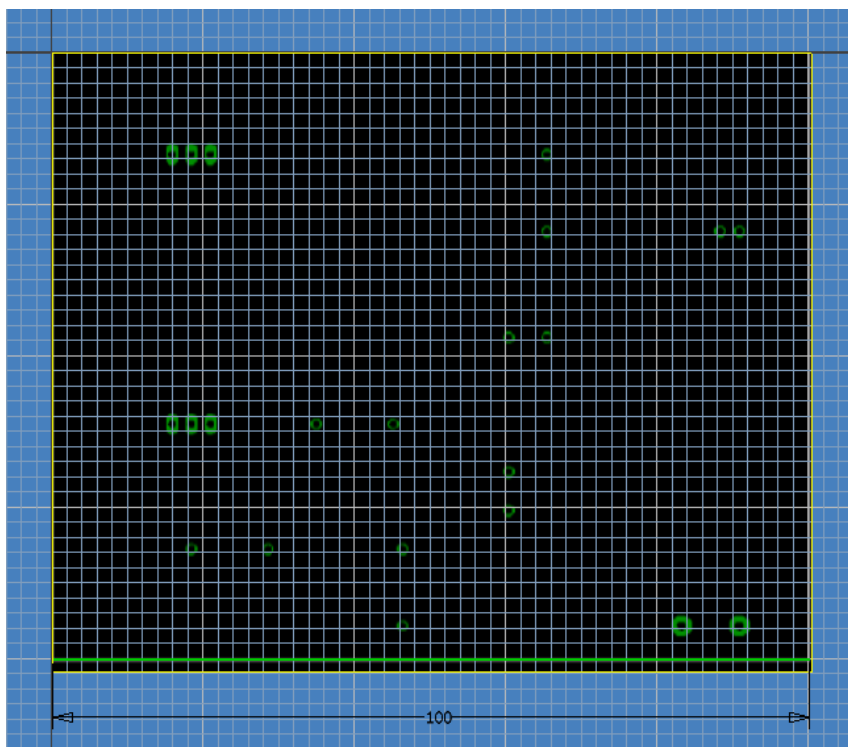


*obr. 3-exportování obrázku*

## **II) Vytvoření 3D modelu**

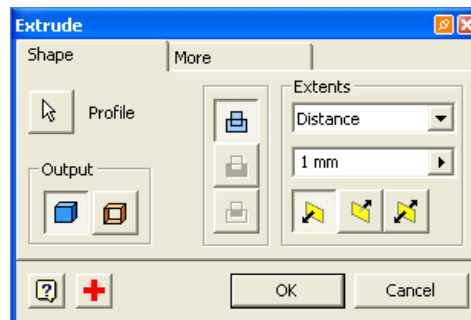
Bylo použito programy Autodesk Inventor Professional 8 z důvodu jeho lepší ovladatelnosti a funkčnosti při tvorbě 3D modelu na rozdíl od programu SURFCAM VELOCITY II.

Nejprve je třeba upravit obrázek do rozměrů odpovídajícím skutečnosti. Rozměry obrázku se upravují v 2D náčrtu (obr.4). Stačí upravit jen jeden rozměr, protože poměr obrázku je stále stejný.



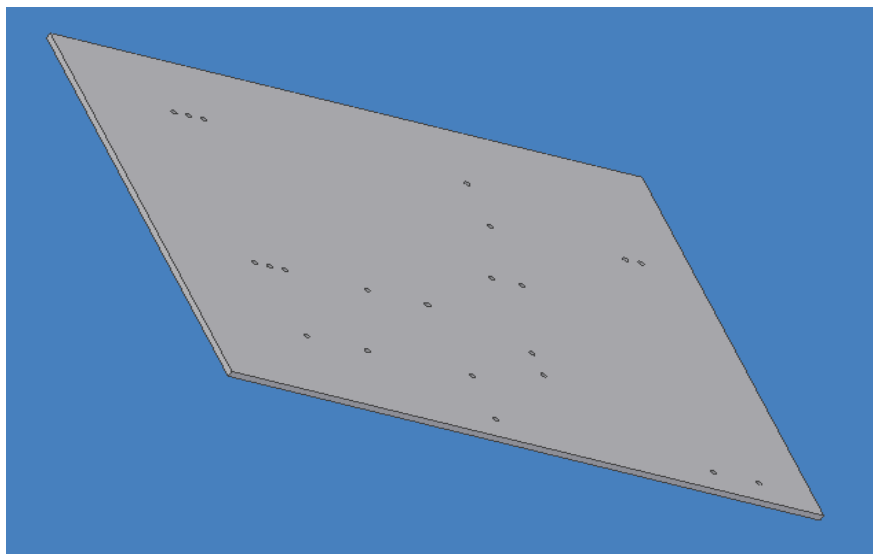
*obr. 4-2D náčrt*

Po uravě rozměrů byly vytvořeny okraje desky podle rámečku lemujícího vodivé cesty na obrázku. Poté bylo třeba onačit každý otvor pro vrtání. Ostatní díry bylo nutno označit ručně. Velké přiblížení pohledu umožnilo zpřesnění umístění děr. Velikosti děr musely být nastaveny jednotlivě na 1 milimetr. Díky zavazbení se nemusí při změně rozměru díry již tento postup opkovat.



*obr. 5-vysunutí*

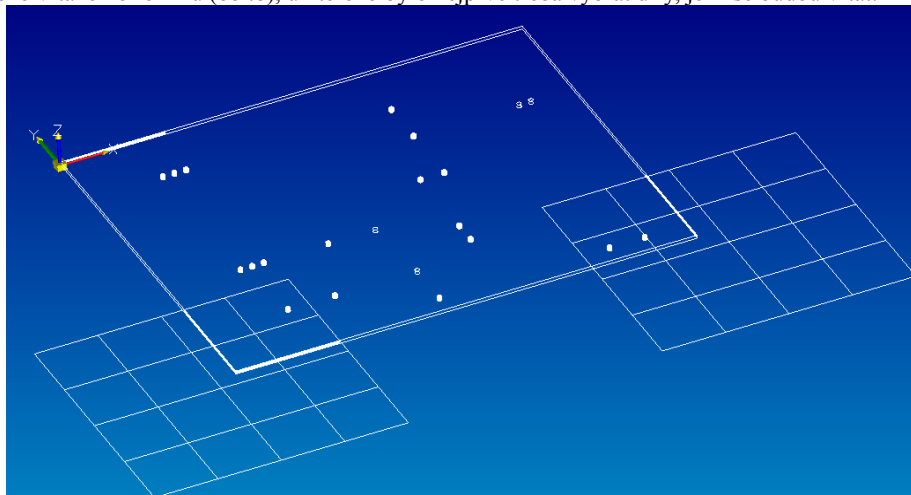
K vytvoření 3D (obr.6) modelu bylo použito vysunutí 2D náčrtu na výšku 1 milimetry(obr.5). Uložení 3D modelu ve formátu .igs umožní, díky kompatibilitě systémů Autodesk Inventor Professional 8 a SURFCAM VELOCITY II, načtení modelu v programu SURFCAM VELOCITY II.



*obr. 6-3D deska*

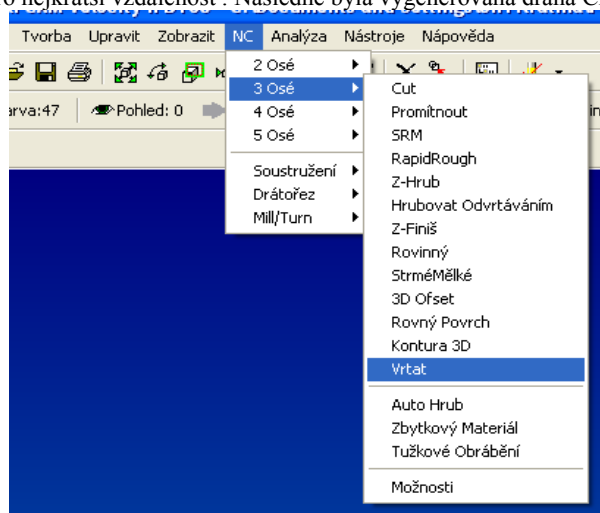
### III) Vytvoření drah nástroje

Zdrojový soubor 3D modelu ve formátu igs je drátový model (obr.7), se kterým můžeme dále pracovat. Dalším krokem je vytvoření dráhy pro CNC frézku. Dráha byla vytvořena pomocí 3-osého vrtacího režimu (obr.8), u kterého bylo nejprve třeba vybrat díry, jenž se budou vrtat.

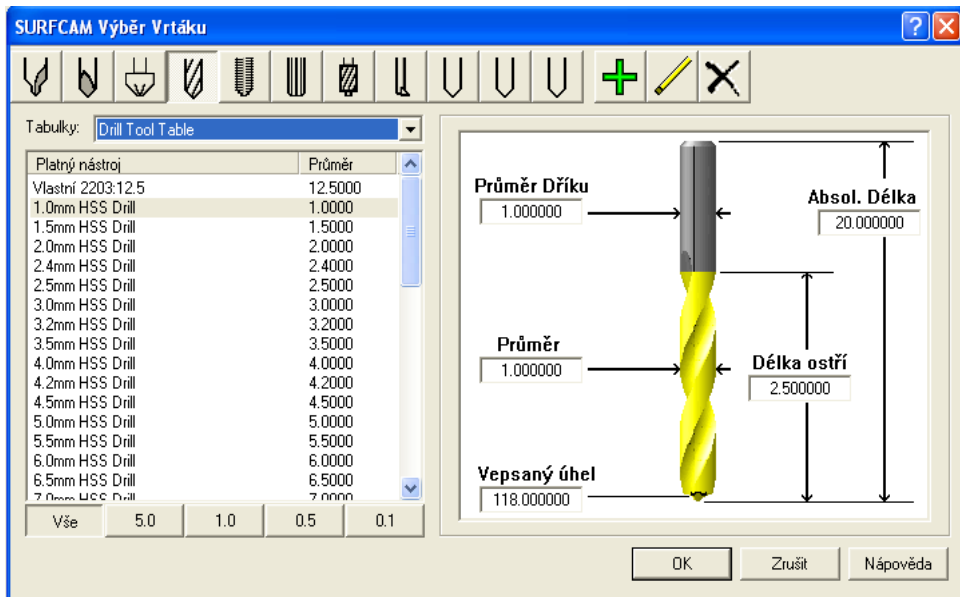


obr. 7-drátový model

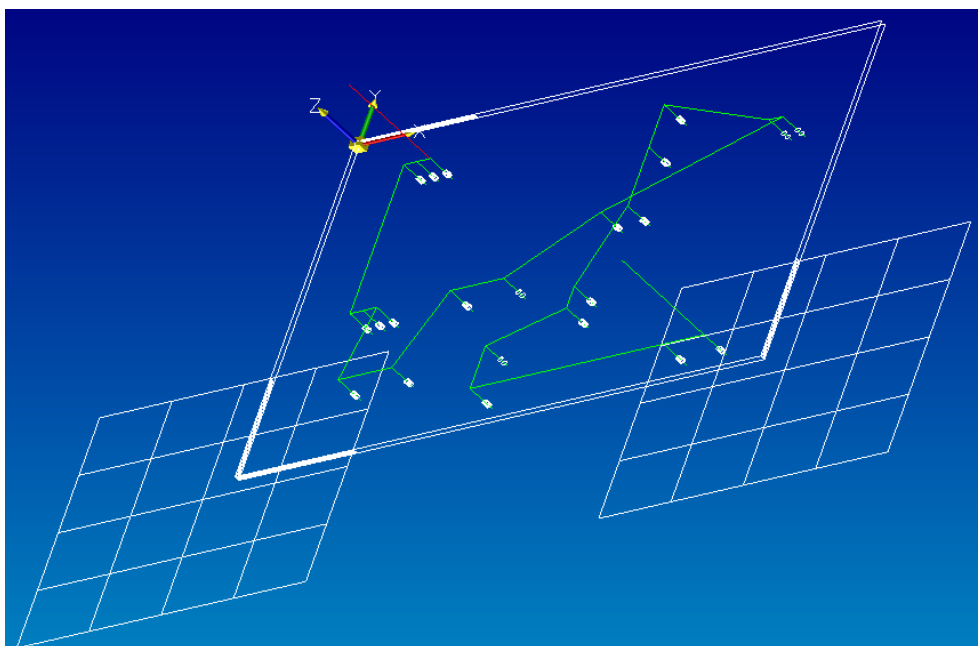
Výběr byl proveden na datovém modelu pomocí okna. Po dokončení výběru je nutno vybrat nástroj pro vrtání, tím je v tomto případě vrták o průměru 1 milimetr (obr.9). Následuje nastavení otáček a posuvu. V panelu „Řízení Cyklu“ byla nastavena bezpečná vzdálenost na 5 milimetrů, vracení se k bezpečné vzdálenosti, hloubka díry na 1 milimetry. V panelu „Nastavení třídění“ byla nastavena dráha pro nejkratší vzdálenost. Následně byla vygenerována dráha CNC frézky (obr.10).



obr. 8- 3osé vrtání



obr. 9-vrták



obr. 10-Dráha frézky




#### **IV) Vytvoření postprocesoru**

Postprocessor byl vytvořen v SURFCAM NC Manažeru operací.  
Postprocessor pro CNC frezku:

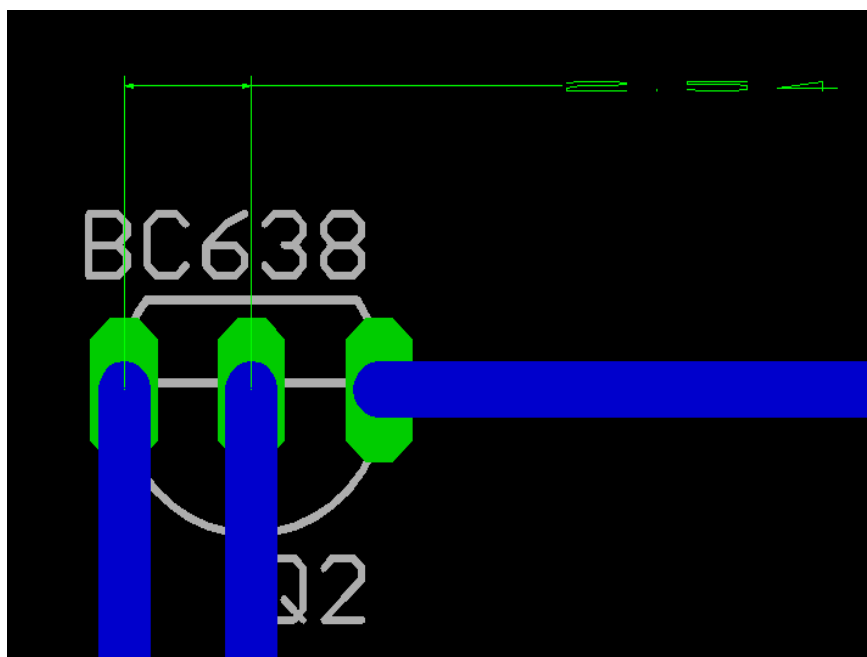
```
(0)$  
N2(9)T1E1$  
N4(9)M9$  
N6(9)M3S9549$  
N8(0)X90.907Y-75.682$  
N10(0)Z27.$  
N12(0)X90.907Y-75.682Z-1.W5.F0.0G1$  
N14(0)X83.269Y-75.713$  
N16(0)X46.414Y-75.679$  
N18(0)X46.419Y-65.486$  
N20(0)X60.365Y-60.469$  
N22(0)X60.38Y-55.321$  
N24(0)X65.465Y-37.568$  
N26(0)X65.466Y-23.569$  
N28(0)Y-13.417$  
N30(0)X88.342Y-23.569$  
N32(0)X90.938$  
N34(0)X60.348Y-37.616$  
N36(0)X45.139Y-49.001$  
N38(0)X34.993Y-48.973$  
N40(0)X28.605Y-65.499$  
N42(0)X18.425$  
N44(0)X21.009Y-48.969$  
N46(0)X18.429Y-48.992$  
N48(0)X15.908Y-48.986$  
N50(0)X15.949Y-13.408$  
N52(0)X18.435Y-13.39$  
N54(0)X20.967Y-13.399$  
N56(0)G0$  
N58(9)M30$  
END$
```

## **b) Přes dxf soubor**

### **1) Základ postprocesoru**

Základ jsem použil stejný jako v předchozím postupu. Při exportování bylo použito ikonky postprocesoru  a vygenerován soubor s příponou dxf. Soubor s příponou dxf je kompatibilní s

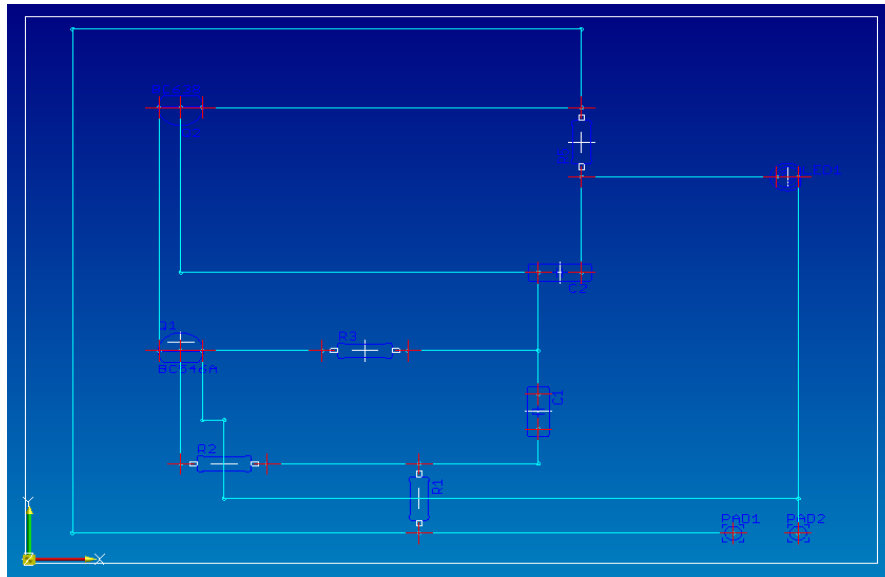
programem AutoCAD Mechanical 2004 DX, ve kterém se nechají zakótování ověřit skutečné rozměry (obr.11). Soubor dxf je generován v poměru 1:1. Program AutoCAD Mechanical 2004 DX ukládá standardně soubor s příponou dwg, který je kompatibilní s programem SURFCAM VELOCITY II.



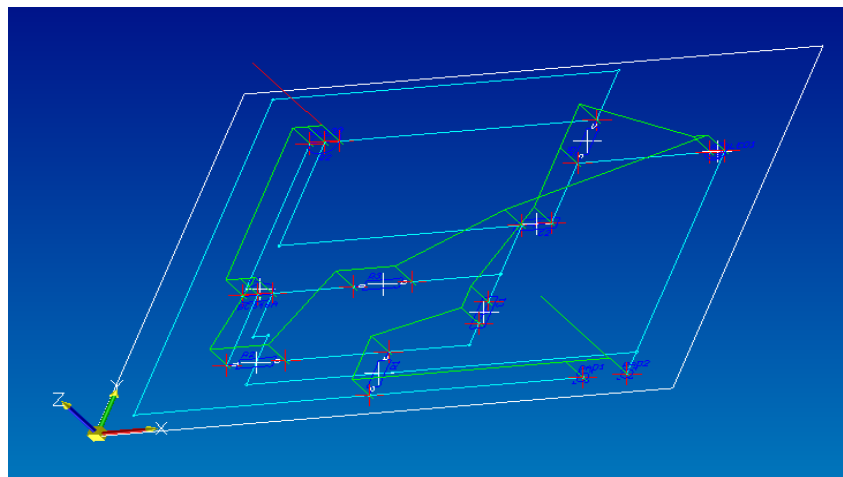
*obr. 11- kótování*

### **II) Vrtání**

Dxf je také kompatibilní s programem SURFCAM VELOCITY II. Po přenesení souboru dxf do SURFCAM VELOCITY II je třeba oznažit body pro vrání (obr.12). Dále je pomocí 3 osého vrtání vytvoříme dahu pro CNC frézku (obr.13).



obr. 12- označení bodů



obr. 13- dráha pro CNC frézku

### **III) Vytvoření postprocesoru**

Postprocessor byl vytvořen v SURFCAM NC Manažeru operací.

Postprocessor pro CNC frezku:

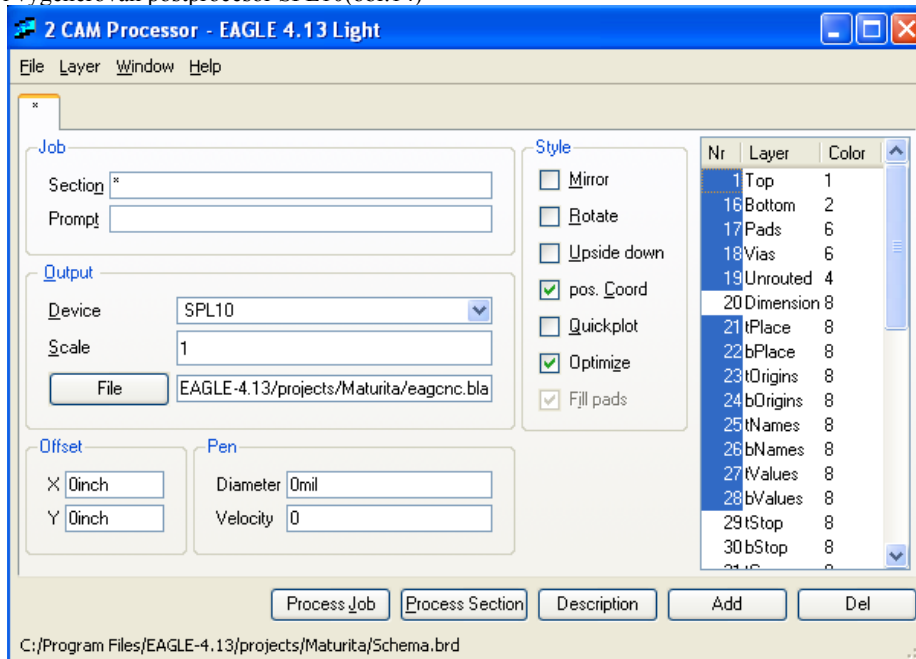
```
(0)$  
N2(9)T1E1$  
N4(9)M9$  
N6(9)M3S9549$  
N8(0)X90.17Y3.81$  
N10(0)Z25.$  
N12(0)X90.17Y3.81Z-1.W5.F0.0G1$  
N14(0)X82.55$  
N16(0)X45.72$  
N18(0)Y13.97$  
N20(0)X59.69Y19.05$  
N22(0)Y24.13$  
N24(0)X64.77Y41.91$  
N26(0)Y55.88$  
N28(0)Y66.04$  
N30(0)X87.63Y55.88$  
N32(0)X90.17$  
N34(0)X59.69Y41.91$  
N36(0)X44.45Y30.48$  
N38(0)X34.29$  
N40(0)X27.94Y13.97$  
N42(0)X17.78$  
N44(0)X20.32Y30.48$  
N46(0)X17.78$  
N48(0)X15.24$  
N50(0)Y66.04$  
N52(0)X17.78$  
N54(0)X20.32$  
N56(0)G0$  
N58(9)M30$  
END$
```

## c) EAGCNC

### I) Základ postprocesoru

EAGCNC je program, který přetváří postprocesor vygenerovaný programem EAGLE 4.13 na postprocesor pro CNC frézku

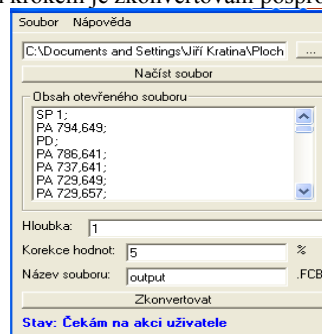
Základ je stejný jako v prvním postupu „LED na 1,5 V bez cívky“. Z programu EAGLE 4.13 byl vygenerován postprocesor SPL10(obr.14)



obr. 14- posprocesor SPL10

### II) Generování posprocesoru

Do programu EAGCNC načteme námi vygenerovaný posprocesor SPL10 z programu EAGLE 4.13(obr.15). Posledním krokem je zkonvertování posprocesoru.



obr. 15- EAGCNC

Postprocessor:

M3 S100	G1 X120.35 Y51.65 F100	G1 X30.65 Y67.45 F100
G1 X38.35 Y32.15 F100	G1 X119.55 Y52.45 F100	G1 X31.45 Y68.25 F100
G1 Z-1	G1 X119.55 Y53.45 F100	G1 X32.45 Y68.25 F100
G1 X37.55 Y31.35 F100	G1 X120.35 Y54.25 F100	G1 Z20
G1 X36.55 Y31.35 F100	G1 X121.35 Y54.25 F100	G1 X31.45 Y134.2 F100
G1 X35.75 Y32.15 F100	G1 X122.15 Y53.45 F100	G1 Z-1
G1 X35.75 Y33.15 F100	G1 X122.15 Y52.45 F100	G1 X30.65 Y135 F100
G1 X36.55 Y33.95 F100	G1 Z20	G1 X30.65 Y138.6 F100
G1 X37.55 Y33.95 F100	G1 X91.7 Y65.15 F100	G1 X31.45 Y139.4 F100
G1 X38.35 Y33.15 F100	G1 Z-1	G1 X32.45 Y139.4 F100
G1 X38.35 Y32.15 F100	G1 X90.9 Y64.35 F100	G1 X33.25 Y138.6 F100
G1 Z20	G1 X89.9 Y64.35 F100	G1 X33.25 Y135 F100
G1 X58.65 Y32.15 F100	G1 X89.1 Y65.15 F100	G1 X32.45 Y134.2 F100
G1 Z-1	G1 X89.1 Y66.15 F100	G1 X31.45 Y134.2 F100
G1 X57.85 Y31.35 F100	G1 X89.9 Y66.95 F100	G1 Z20
G1 X56.85 Y31.35 F100	G1 X90.9 Y66.95 F100	G1 X36.55 Y134.2 F100
G1 X56.05 Y32.15 F100	G1 X91.7 Y66.15 F100	G1 Z-1
G1 X56.05 Y33.15 F100	G1 X91.7 Y65.15 F100	G1 X35.75 Y135 F100
G1 X56.85 Y33.95 F100	G1 Z20	G1 X35.75 Y138.6 F100
G1 X57.85 Y33.95 F100	G1 X71.35 Y65.15 F100	G1 X36.55 Y139.4 F100
G1 X58.65 Y33.15 F100	G1 Z-1	G1 X37.55 Y139.4 F100
G1 X58.65 Y32.15 F100	G1 X70.55 Y64.35 F100	G1 X38.35 Y138.6 F100
G1 Z20	G1 X69.55 Y64.35 F100	G1 X38.35 Y135 F100
G1 X94.2 Y32.15 F100	G1 X68.75 Y65.15 F100	G1 X37.55 Y134.2 F100
G1 Z-1	G1 X68.75 Y66.15 F100	G1 X36.55 Y134.2 F100
G1 X93.4 Y31.35 F100	G1 X69.55 Y66.95 F100	G1 Z20
G1 X92.4 Y31.35 F100	G1 X70.55 Y66.95 F100	G1 X41.6 Y134.2 F100
G1 X91.6 Y32.15 F100	G1 X71.35 Y66.15 F100	G1 Z-1
G1 X91.6 Y33.15 F100	G1 X71.35 Y65.15 F100	G1 X40.8 Y135 F100
G1 X92.4 Y33.95 F100	G1 Z20	G1 X40.8 Y138.6 F100
G1 X93.4 Y33.95 F100	G1 X42.6 Y68.25 F100	G1 X41.6 Y139.4 F100
G1 X94.2 Y33.15 F100	G1 Z-1	G1 X42.6 Y139.4 F100
G1 X94.2 Y32.15 F100	G1 X43.4 Y67.45 F100	G1 X43.4 Y138.6 F100
G1 Z20	G1 X43.4 Y63.85 F100	G1 X43.4 Y135 F100
G1 X94.2 Y11.85 F100	G1 X42.6 Y63.05 F100	G1 X42.6 Y134.2 F100
G1 Z-1	G1 X41.6 Y63.05 F100	G1 X41.6 Y134.2 F100
G1 X93.4 Y11.05 F100	G1 X40.8 Y63.85 F100	G1 Z20
G1 X92.4 Y11.05 F100	G1 X40.8 Y67.45 F100	G1 X122.15 Y88.05 F100
G1 X91.6 Y11.85 F100	G1 X41.6 Y68.25 F100	G1 Z-1
G1 X91.6 Y12.85 F100	G1 X42.6 Y68.25 F100	G1 X121.35 Y87.25 F100
G1 X92.4 Y13.65 F100	G1 Z20	G1 X120.35 Y87.25 F100
G1 X93.4 Y13.65 F100	G1 X37.55 Y68.25 F100	G1 X119.55 Y88.05 F100
G1 X94.2 Y12.85 F100	G1 Z-1	G1 X119.55 Y89.05 F100
G1 X94.2 Y11.85 F100	G1 X38.35 Y67.45 F100	G1 X120.35 Y89.85 F100
G1 Z20	G1 X38.35 Y63.85 F100	G1 X121.35 Y89.85 F100
G1 X122.15 Y42.3 F100	G1 X37.55 Y63.05 F100	G1 X122.15 Y89.05 F100
G1 Z-1	G1 X36.55 Y63.05 F100	G1 X122.15 Y88.05 F100
G1 X121.35 Y41.5 F100	G1 X35.75 Y63.85 F100	G1 Z20
G1 X120.35 Y41.5 F100	G1 X35.75 Y67.45 F100	G1 X132.3 Y88.05 F100
G1 X119.55 Y42.3 F100	G1 X36.55 Y68.25 F100	G1 Z-1
G1 X119.55 Y43.3 F100	G1 X37.55 Y68.25 F100	G1 X131.5 Y87.25 F100
G1 X120.35 Y44.1 F100	G1 Z20	G1 X130.5 Y87.25 F100
G1 X121.35 Y44.1 F100	G1 X32.45 Y68.25 F100	G1 X129.7 Y88.05 F100
G1 X122.15 Y43.3 F100	G1 Z-1	G1 X129.7 Y89.05 F100
G1 X122.15 Y42.3 F100	G1 X33.25 Y67.45 F100	G1 X130.5 Y89.85 F100
G1 Z20	G1 X33.25 Y63.85 F100	G1 X131.5 Y89.85 F100
G1 X122.15 Y52.45 F100	G1 X32.45 Y63.05 F100	G1 X132.3 Y89.05 F100
G1 Z-1	G1 X31.45 Y63.05 F100	G1 X132.3 Y88.05 F100
G1 X121.35 Y51.65 F100	G1 X30.65 Y63.85 F100	G1 Z20

G1 X132.3 Y115.95 F100	G1 X175.45 Y115.95 F100	G1 X184.35 Y13.4 F100
G1 Z-1	G1 X175.45 Y116.95 F100	G1 X184.35 Y11.3 F100
G1 X131.5 Y115.15 F100	G1 X176.25 Y117.75 F100	G1 Z20
G1 X130.5 Y115.15 F100	G1 X177.25 Y117.75 F100	G1 X169.15 Y11.3 F100
G1 X129.7 Y115.95 F100	G1 X178.05 Y116.95 F100	G1 Z-1
G1 X129.7 Y116.95 F100	G1 X178.05 Y115.95 F100	G1 X167.65 Y9.8 F100
G1 X130.5 Y117.75 F100	G1 Z20	G1 X165.55 Y9.8 F100
G1 X131.5 Y117.75 F100	G1 X183.1 Y115.95 F100	G1 X164.05 Y11.3 F100
G1 X132.3 Y116.95 F100	G1 Z-1	G1 X164.05 Y13.4 F100
G1 X132.3 Y115.95 F100	G1 X182.3 Y115.15 F100	G1 X165.55 Y14.9 F100
G1 Z20	G1 X181.3 Y115.15 F100	G1 X167.65 Y14.9 F100
G1 X132.3 Y136.3 F100	G1 X180.5 Y115.95 F100	G1 X169.15 Y13.4 F100
G1 Z-1	G1 X180.5 Y116.95 F100	G1 X169.15 Y11.3 F100
G1 X131.5 Y135.5 F100	G1 X181.3 Y117.75 F100	G1 Z20
G1 X130.5 Y135.5 F100	G1 X182.3 Y117.75 F100	G1 X0.55 Y3.45 F100
G1 X129.7 Y136.3 F100	G1 X183.1 Y116.95 F100	G1 Z-1
G1 X129.7 Y137.3 F100	G1 X183.1 Y115.95 F100	G1 X0.55 Y163.45 F100
G1 X130.5 Y138.1 F100	G1 Z20	G1 X200.55 Y163.45 F100
G1 X131.5 Y138.1 F100	G1 X184.35 Y11.3 F100	G1 X200.55 Y3.45 F100
G1 X132.3 Y137.3 F100	G1 Z-1	G1 X0.55 Y3.45 F100
G1 X132.3 Y136.3 F100	G1 X182.85 Y9.8 F100	G1 Z20
G1 Z20	G1 X180.75 Y9.8 F100	M5
G1 X178.05 Y115.95 F100	G1 X179.25 Y11.3 F100	G0 X0 Y0 F100
G1 Z-1	G1 X179.25 Y13.4 F100	M30
G1 X177.25 Y115.15 F100	G1 X180.75 Y14.9 F100	
G1 X176.25 Y115.15 F100	G1 X182.85 Y14.9 F100	

## **5. Závěr**

Výsled této práce jsou tři postupy jak vytvořit z návrhu desky plošného spoje postprocesor CNC frézku. Pro názornost je podle mě nejlepší druhý postup s dxf. Nejnáročnější na čas a na práci je první postup s obrázkem, je i méně přesný.

Postupy lze využít pro urychlení a zjednodušení výroby desk plošných spojů na SPŠ a VOŠ v Písku. Lze je také využít pro seriovou výrobu desek a také využít pro výuku a ověření znalostí v programech EAGLE 4.13, Autodesk Inventor Professional 8, SURFCAM VELOCITY II a AutoCAD Mechanical 2004 DX studentů SPS a VOS Písek.

## **6. Použité programy**

EAGLE 4.13  
Autodesk Inventor Professional 8  
SURFCAM VELOCITY II  
AutoCAD Mechanical 2004 DX  
EAGCNC

## **7. Použitá literatura**

Shéma zapojení bylo převzato od Jaroslava Belzy. Dále jsem čerpal z internetových stránek <http://www.cadforum.cz/cadforum/default.asp> , dále pak <http://www.elektronikacz.borec.cz>



Prohlašuji tímto, že jsem maturotní práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ivana Fořta a uvedl v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Písku dne 31.3.2007

---

Vlastnoruční podpis autora



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **VÝVOJOVÁ DESKA PIC 16F84, 16F627**

**Libor Nouzák**

**SPŠ a VOŠ Písek**  
**Karla Čapka 402, Písek**



*Konzultant práce:*  
**Mgr. Milan Janoušek**  
SPŠ a VOŠ Písek  
Písek 397 11

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Janouška a uvedl v seznamu použité literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Písku dne .....

.....  
podpis

**Písek, 2007**  
**Jihočeský kraj**

## Anotace:

Cílem práce je seznámit posluchače s univerzální vývojovou deskou pro procesory PIC řady 16F84 a 16F627 ( 628 ), s využitím a možnostmi této desky pro simulaci jednoduchých softwarových aplikací určených pro procesory této řady. Vývojová deska umožňuje simulovat aplikace pracující s následující perifériemi:

- a) tlačítka
- b) 7 - segmentovým displejem
- c) LED diodami
- d) jinými periférií - lze je připojit pomocí extenčních modulů

## Poděkování

Dovolte mi abych poděkoval všem učitelům, kteří mi s problematikou pomáhali, především Ing. Šindelářovi za zasvěcení do problematiky mikrokontrolérů PIC, dále Mgr. Janouškovi za pomoc v oblasti návrhu a vývoje hardwaru a také RNDr. Procházkovi za působnost v oblasti softwaru a podpory mé vytrvalosti.

Libor Nouzák

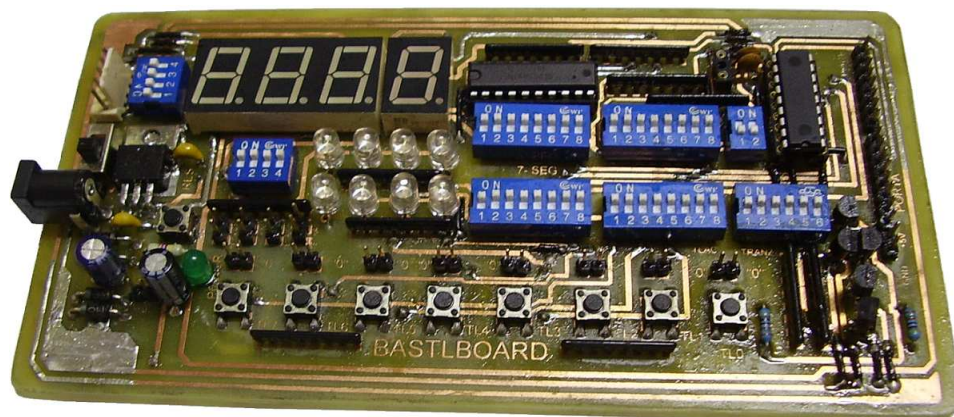
e- mail: [lnouzak@seznam.cz](mailto:lnouzak@seznam.cz)

tel. mobil: 723 647 074

ICQ: 338263177

# BASTLBOARD

Vývojová deska pro mikrokontroléry PIC 16F84 , PIC 16F627 ( 628 )



# 1 Úvod:

## 1.1 Bastlboard - obecné informace

Bastlboard je univerzální vývojová deska pro procesory PIC řady: PIC16F84, PIC16F627 ( 628 ). Deska je především vhodná pro simulaci jednodušších programů ( jednotlivých částí programů, které pak tvoří složitější program).

Deska je napájena pomocí externího napájecího adaptéru, který lze vyrobit nebo i zakoupit. K programování je potřeba programátor, který si můžete vyrobit viz. část **Programátor**. Kromě programátoru potřebujeme také program pro zavedení softwaru a ovládání programátoru.

Výhodou této desky je především její univerzálnost ( s ohledem na možnosti použitého mikroprocesoru ), což nám ušetří čas, který by byl potřeba pro odsimulování softwaru v programovacím prostředí ( sledování zaplnění jednotlivých registrů ). Ale někdy se bohužel i této zdlouhavé činnosti nevyhneme.

Další výhodou je také to, že na jedné desce máme umístěny periférie, které bychom např. pomocí nepájivého pole museli pracně připojovat k procesoru, čímž se snadno v zapojení vytvoří chyba, která se pak hledá velmi obtížně. Navíc k desce lze připojit moduly s dalšími perifériemi, kterými můžeme desku libovolně rozšířit o další části ( např. o modul s LCD zobrazovačem ).

Věřím, že tento vývojový prostředek najde uplatnění nejen u začínajících konstruktérů, kteří se zabývají navrhováním aplikací s procesory PIC, ale i programátorů, kteří aplikace pro hardwarové konstrukce programují.

## 1.2 Periférie na desce

Jak už bylo zmíněno na desce jsou umístěny některé periférie napevno a některé lze k desce dodatečně připojit externě.

### Na desce jsou umístěny tyto periférie:

#### 1) výstupní:

- a) čtyřmístný sedmissegmentový displej
- b) osm LED diod – červené

#### 2) vstupní:

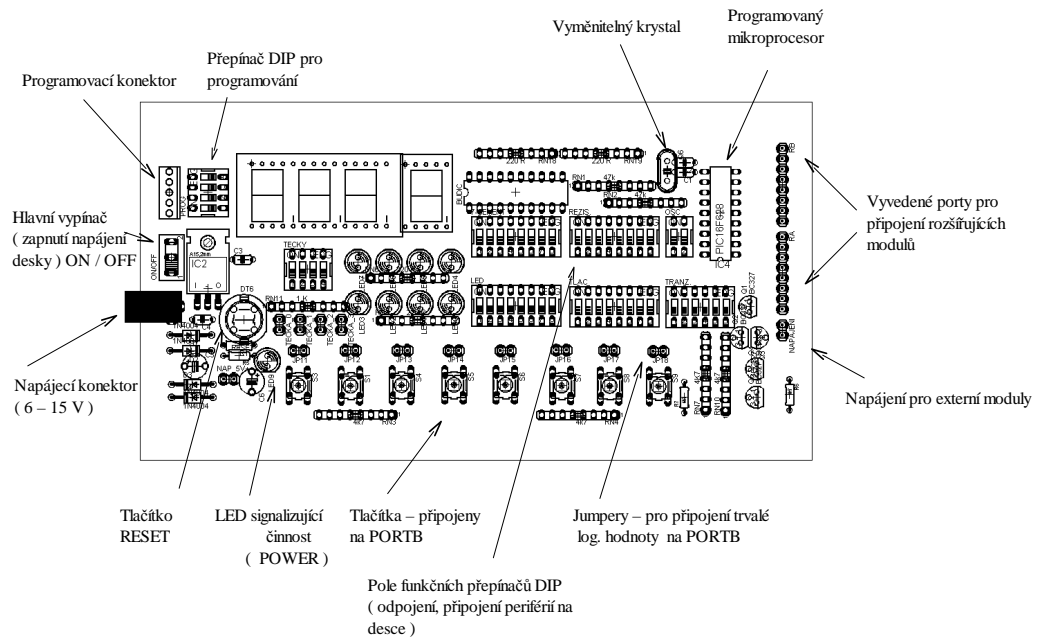
- a) osm tlačítek
- b) osm jumperů pro nastavení trvalé logické hodnoty
- c) resetovací tlačítko
- d) vyměnitelný krystalový oscilátor

#### 3) rozšiřitelné periférie ( vstupně – výstupní ):

- formou přídatných modulů – připojují se na vyvedené piny portu A a portu B

Kromě těchto uvedených částí jsou na desce umístěny obvody pro napájení desky, programovací konektor s programovacím DIP přepínačem, DIP přepínač pro trvalé připojení teček sedmisseg. displejů a mnoho funkčních DIP přepínačů, které slouží především pro připojení jednotlivých periférií k portům mikrokontroléru, ale také pro připojení jen některých jejích částí. Našli bychom zde i DIP přepínač pro odpojení nebo připojení krystalového oscilátoru.

## Rozmístění jednotlivých prvků na desce:





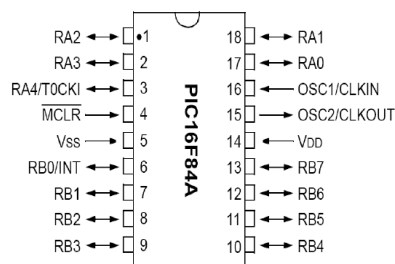
## 2 Metodika:

### 2.1 Základní informace k mikrokontrolérům PIC 16F84 a PIC 16F627(628)

#### 2.1.1 Mikrokontrolér PIC 16F84

Jedná se o osmi bitový mikrokontrolér instrukční sadou RISC to má především výhody v tom, že vykonání instrukcí je mnohem rychlejší než u mikrokontrolérů instrukční sadou CISC, instrukcí je malý počet a mají kratší délku ve srovnání s mikrokontroléry s instrukční sadou CISC.

Nevýhodou této koncepce je, že instrukce jsou sice jednodušší, ale provádění složitějších operací jako násobení, dělení aj. se musí provádět pomocí několika instrukcí, kdežto u mikrokontrolérů s CISC nám pro tyto operace stačí jedna instrukce.



Obr. 1: Rozmístění vývodů u PIC16F84 ( pouzdro PDIP )

Tento mikrokontrolér obsahuje paměť programu typu Flash o velikosti 1k. Proto můžeme zapsat do této paměti až 1024 instrukcí. Instrukce mají délku 14 bitů. Dále bychom u něho našli paměť dat typu RAM o velikosti 68 bytů, která je určena především pro uložení pomocných proměnných a registrů. V této paměti najdeme také registry typu SFR, které jsou již předdefinovány výrobcem mikrokontroléru. Těchto registrů je u tohoto typu mikrokontroléru 15 (např. registry STATUS, OPTION, TRISA, TMR0 ...). Kromě paměti RAM můžeme v mikrokontroléru také najít paměť EEPROM, která slouží především pro uložení konstant. Obvod obsahuje osmi-bitový čítač TMR0, ke kterému lze připojit osmi-bitovou předděličku (nastavení dělicího poměru se provádí v registru OPTION). Dále můžeme u mikrokontroléru najít osmiúrovňový zásobník, který slouží k uložení návratových adres při volání podprogramů. Jelikož je zásobník osmiúrovňový umožňuje až osminásobné vnoření. Určitě bychom neměli zapomenout také na možnost přivedení mikrokontroléru do stavu SLEEP, kterým se sníží odběr mikrokontroléru až na několik  $\mu\text{A}$ . Do tohoto stavu se uvede mikrokontrolér instrukcí SLEEP. Rozmístění jednotlivých vývodů mikrokontroléru v pouzdře PDIP je naznačeno na obr. 1.

##### 2.1.1.1 Přehled nejdůležitějších parametrů

###### Vlastnosti architektury RISC:

- instrukční soubor má jen 35 instrukcí
- všechny instrukce jeden strojový cyklus, kromě instrukcí cyklů - dva strojové cykly
- maximální rychlost hodinového kmitočtu je 20MHz
- 1024 slov paměti programu
- 68 bytů paměti RAM



- 64 bytů paměti EEPROM
- délka instrukce 14 bitů
- 8 bitová šířka dat
- 15 speciálních funkčních registrů - SFR
- osmiúrovňový zásobník
- možnost přímého nebo nepřímého adresování dat
- čtyři zdroje přerušení:
  - a) externí - vývod RB0/INT
  - b) od čítače TMR0
  - c) změnou stavu na vývodech RB7 až RB4 portu B
  - d) dokončením zápisu do EEPROM

#### Periférie mikrokontroléru:

- 13 vývodů nastavitelných jako V/V
- maximální zatžitelnost vývodů:
  - a) při log. 1 - 20mA na jeden vývod
  - b) při log. 0 - 25mA na jeden vývod
 ( zatžitelnost vývodů při zatžení celého portu je mnohem nižší )
- TMR0: 8 bitový čítač / časovač s osmibitovou předděličkou

#### Speciální funkce mikrokontroléru:

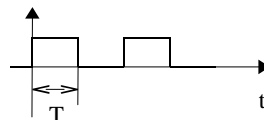
- paměť programu typu Flash až 10 000 přepsání
- paměť EEPROM pro data až 10 milionů přepsání, doba uchování dat více jak 40 let
- ICSP programování - pomocí vývodů RB6 a RB7
- PWRT ( Power Up Timer ) - časovač pro náběh napětí
- zajišťuje reset po dobu ustálení napájecího napětí
- OST ( Oscillator Start - up Timer ) - časovač pro ustálení kmitů oscilátoru
- WDT ( Watchdog Timer ) - běží nezávisle na vnějším oscilátoru, má svůj RC článek
- časovač, který po přeplnění generuje signál reset
- při programování ho lze zakázat při volbě konfig. slova
- SLEEP ( Power Down Mode )
- volba druhu oscilátoru ( XT, HS, LP nebo RC )

### 2.1.1.2 Časování mikrokontroléru

Činnost mikrokontroléru je taktována pomocí oscilátoru, jehož kmitočet je totožný s frekvencí připojeného krystalu na vývody OSC1 a OSC2 mikrokontroléru, nebo RC článek, ale ten nemá příliš velkou stabilitu, proto se příliš moc nepoužívá ( jen pro aplikace, kde není potřeba tak přesný hodinový kmitočet ).

Taktovací kmitočet lze tedy snadno změnit, připojením krystalu s jinou frekvencí kmitání. U této vývojové desky lze krystal snadno vyměnit, protože se zasouvá do vyvedených dutinek.

Perioda hodinových impulzů určuje tzv. **takt** mikroprocesoru ( viz. obr.1 ).



Obr.2: Průběh doby jednoho taktu

Jeden **strojový cyklus** trvá čtyři takty, proto pro dobu strojového cyklu platí vztah:

$$T_s = 4 * T = 4 * \frac{1}{f_{osc}} = \frac{4}{f_{osc}}$$

$T_s$  – doba strojového cyklu

$T$  – perioda jednoho taktu

$f_{osc}$  - frekvence oscilátoru

V každém strojovém cyklu je načtena nová instrukce a provedena současná instrukce. Každý strojový cyklus je vykonána právě jedna instrukce. Výjimkou jsou instrukce skoků. Běžné instrukce ( instrukce čtení, logické instrukce ) jsou vykonány za jeden strojový cyklus, ale instrukce, které pracují se zásobníkem trvají dva strojové cykly ( instrukce volání podprogramů aj. ).

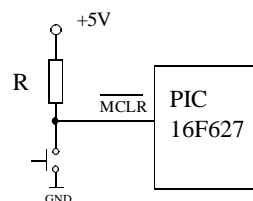
Nastavení druhu oscilátoru se provádí v tzv. *konfiguračním slově* mikrokontroléru při tvorbě programu nebo při jeho programování v programu pro zavedení softwaru.

### 2.1.1.3 Reset mikrokontroléru

Reset se provádí buď vypnutím a opětovným zapnutím napájení mikrokontroléru nebo připojením log. nuly na vývod MCLR ( viz. obr.2 ).

#### Reset pomocí MCLR ( Master Clear )

Za normálního provozu je tento vývod mikrokontroléru připojen přes pull – up odpor na + 5V. Tento odpor udržuje na tomto vývodu stav log.1, proto tedy nedochází k resetu mikrokontroléru. Ale pokud tento vývod přivedeme na GND ( uzemníme ho ) např. pomocí tlačítka, je na tomto vývodu stav log. nuly a dojde k resetu mikrokontroléru. Při programování mikrokontroléru je na vývodu MCLR připojeno programovací napětí ( + 13V ).



Obr. 3: Připojení resetovacího tlačítka k vývodu MCLR mikrokontroléru

### 2.1.1.4 Porty mikrokontroléru

Porty mikrokontroléru jsou obousměrné, lze je nastavit jako vstupní nebo výstupní. O tom zda je daný vývod portu nastaven jako vstupní nebo výstupní rozhoduje log. hodnota odpovídajícího bitu v registru TRIS ( TRISA – pro portA , TRISB- pro portB ). Pokud je na odpovídajícím místě portu log. 1 ( input ) je daný vývod nastaven jako vstupní. Pokud je na odpovídajícím místě portu log. 0 ( output ) je daný vývod nastaven jako výstupní. Ale nesmíme zapomenout, že při práci s registry TRIS je potřeba přepnout stránku v paměti dat ( RWM ). To se provádí pomocí bitů RP0 a RP1 v reg. STATUS.

*Tato řada má dva porty ( **PORTA**, **PORTB** ):*

#### **PORTA**

Tento port je pětibitový (vývody RA0 až RA4).

Vývody RA0 až RA3 jsou využity ke spínání tranzistorů, které připojují napájení pro anody sedmissegmentových displejů. Tranzistory jsou typu PNP tzn., že jsou spínány log. 0.

Pin RA4 je využit k připojení napájení pro LED. Tento vývod je opět připojen k tranzistoru typu PNP. K připojení napájení je tedy nutné na odpovídající vývod poslat log. 0.

Pokud chceme daný vývod nastavit do log. 0 nebo log. 1, musíme do registru PORTA zapsat na žádané místo odpovídající log. hodnotu.

#### **PORTB**

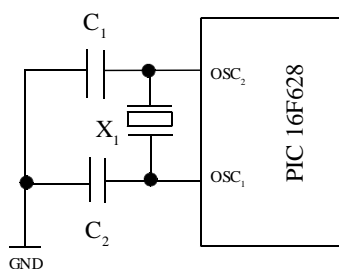
Tento port ( brána ) je osmibitový, vývody jsou označeny RB0 až RB7.

Na tuto bránu máme připojená přes odpory tlačítka, vývody jednotlivých segmentů displejů a také katody LED diod opět přes předřadné odpory. Na jednotlivé vývody brány lze připojit pull – up odpory, které nám udržují na portu log.1, ale jen pokud není na port zapsána log. 0.

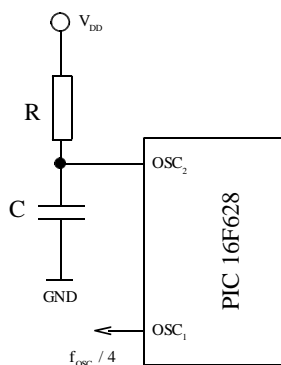
### **2.1.1.5 Umístění jednotlivých registrů v paměti dat - RAM**

Paměť dat je rozdělena do dvou stránek ( bank ), které obsahují speciální funkční registry a univerzální uživatelské registry. Přepínání mezi stránkami se při přímém adresování provádí pomocí bitů RP0 a RP1 v registru STATUS. Při přímém adresování je použito pro adresaci dat 7 bitů, tzn. lze adresovat 128 bytů. Pro doplnění na 8 bitů se použije bit RP0. Při nepřímém adresování není třeba stránky přepínat, protože při nepřímém adresování je na adresu vyhrazeno 8 bitů, takže lze adresovat 256 bytů.

Stránkování paměti je naznačeno na obr. 4. Ukázka přepnutí stránek pro práci s potřebnými registry viz. část **Příklady programování**.



Obr. 5: Připojení krystalu k vývodům mikrokontroléru



Obr. 6: Připojení RC článku k mikrokontroléru

	Stránka 0	Stránka 1	
00	NEPŘÍMÁ ADRESA	NEPŘÍMÁ ADRESA	80
01	TMRO	OPTION	81
02	PCL	PCL	82
03	STATUS	STATUS	83
04	FSR	FSR	84
05	PORT A	TRISA	85
06	PORT B	TRIS B	86
07			87
08	EEDATA	EECON1	88
09	EEADR	EECON2	89
0A	PCLATH	PCLATH	8A
0B	INTCON	INTCON	8B
0C			8C
	68 UNIVERZÁLNÍCH REGISTRŮ SRAM	MAPOVÁNO DO STRÁNKY 0	
4F			AF
RP0, RP1	0 0	1 0	

Obr. 4: Umístění speciálních funkčních registrů v paměti RAM

### 2.1.1.6 Konfigurace oscilátoru

Oscilátor se připojuje k vývodům OSC1 a OSC2 mikrokontroléru. Jako oscilátor lze použít externí krystal nebo RC článek, které určují frekvenci generátoru hodinových impulzů mikrokontroléru. Připojení oscilátoru k mikrokontroléru znázorňuje obr. 5, 6. Po připojení oscilátoru k mikrokontroléru je ještě třeba při programování mikrokontroléru nastavit správný typ oscilátoru v konfiguračním slově.

#### Typy oscilátorů:

LP ( Low Power Crystal ) - do 200 kHz

XT ( Crystal / Resonator ) - do 4 MHz

HS ( High Speed Crystal / Resonator ) - do 20 MHz

RC ( External Resistor / Capacitor ) - vnější RC článek do 4 MHz

## 2.1.2 Mikrokontrolér PIC 16F 627 ( 628 )

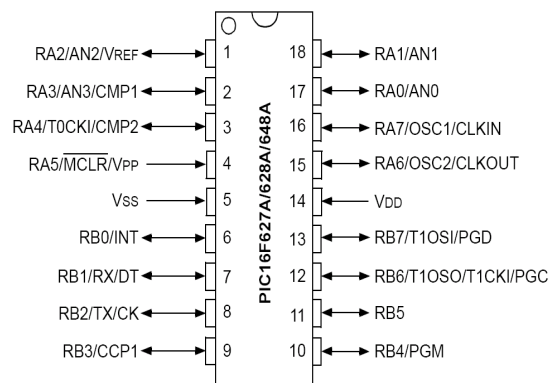
Jedná se opět o osmibitový mikrokontrolér s instrukčním souborem RISC. Tento mikrokontrolér má stejné parametry jako mikrokontrolér PIC 16F84, ale kromě toho má ještě spoustu dalších výhod, které u klasického PIC 16F84 nenajdeme:

a) mikrokontrolér má na čipu integrován RC oscilátor tzn., že mikrokontrolér nepotřebuje pro pomalejší aplikace externí oscilátor (tento RC oscilátor se používá pro frekvenci taktu 4MHz )

b) pokud u některých aplikací nepotřebujeme resetovací vstup MCLR a použijeme-li vnitřní oscilátor, můžeme tyto vývody využít jako univerzální vstupně – výstupní ( vývod MCLR jen jako vstupní ).

Využití vývodů se nastavuje v konfiguračním slově při programování mikrokontroléru.

Rozmístění vývodů v pouzdře PDIP znázorňuje obrázek ( obr. 7 ).



Obr.7 : Rozmístění vývodů PIC 16F628 v pouzdře PDIP

## 2.1.3 Odlišnosti PIC16F628 oproti PIC16F84

- možnost využití vývodu MCLR jako vstupního vývodu
- 16 V / V univerzálních vývodů
- analogový komparační modul:
  - a) dva analogové komparátory
  - b) externí zdroj referenčního napětí (  $V_{REF}$  )
  - c) výběr mezi externím nebo vnitřním zdrojem referenčního napětí
- TIMER0 - 8 bitový čítač / časovač s osmibitovou předděličkou
- TIMER1 - 16 bitový čítač / časovač s funkcí čítání externího signálu tzn. v asynchronním módu

- TIMER2 - 8 bitový čítač / časovač s registrem pro uložení předvolby, předděličkou a postděličkou
- moduly pro porovnávání ( Capture / Compare ) a PWM - využívají časovačů TIMER1a TIMER2
- USART ( Universal Synchronous / Asynchronous / Receiver / Transmitter ) - pro komunikaci s dalšími externími perifériemi nebo jinými zařízeními např s PC přes RS-232 za využití převodníku MAX 232.

Podrobnější informace k těmto mikrokontrolérům najdete v datasheetu výrobce, který si můžete stáhnout na html stránkách [ 1 ].

Informace týkající se např. využití přerušování, práce s čítači a časovači, A/D převodníky, práce s EEPROM... můžete čerpat v publikacích [ 5 ], [ 4 ].

### 3 Výsledky práce:

#### 3.1 Využití jednotlivých portů mikrokontroléru pro periférie

Při práci s porty A a B přepínáme porty do výstupního nebo vstupního režimu, proto nesmíme při práci s reg. TRIS zapomenout přepnou stránku v paměti dat. Při prvním zapnutí mikrořadiče jsou všechny vývody nastaveny implicitně jako vstupní. Využití jednotlivých bitů portů pro periférie znázorňuje tab. 1 a tab. 2.

##### 3.1.1 PORTA

registr PORTA

RA4	RA3	RA2	RA1	RA0
-----	-----	-----	-----	-----

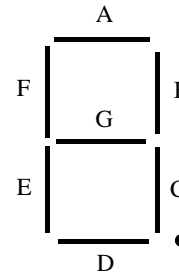
bit RA0	výstup – log. 0 zapneme napájení pro 1. sedmissegmentovku
bit RA1	výstup – log. 0 zapneme napájení pro 2. sedmissegmentovku
bit RA2	výstup – log. 0 zapneme napájení pro 3. sedmissegmentovku
bit RA3	výstup – log. 0 zapneme napájení pro 4. sedmissegmentovku
bit RA4	výstup – log. 0 zapneme napájení pro anody diod

Tabulka 1: Využití portu A pro ovládání napájení periférií

### 3.1.2 PORTB

registr PORTB

RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



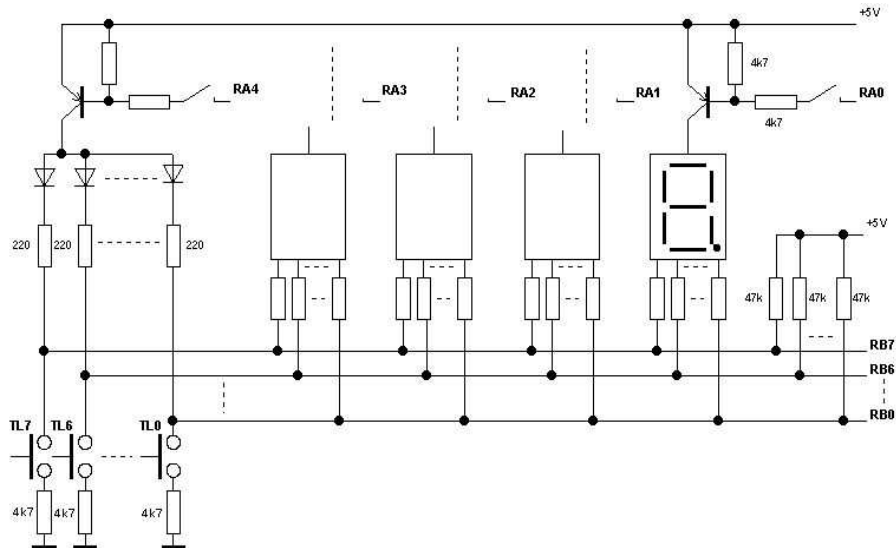
Obr.8: Rozmístění jednotlivých segmentů

bit RB0	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment A u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB1	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment B u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB2	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment C u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB3	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment D u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB4	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment E u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB5	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment F u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB6	výstup:	logickou 0 rozsvítíme segment G u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto
bit RB7	výstup:	logickou 0 rozsvítíme desetinou tečku u sedmised. displeje, který má zapnuté napájení
	vstup:	sejmutí stavu tlačítka – pokud načtena log. 0 tlačítko sepnuto

Tabulka 2: Využití portu B pro čtení a zápis dat ( rozmístění jednotlivých segmentů displeje viz. obr. 3 )

### 3.2 Popis periferních obvodů na desce

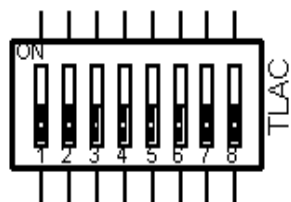
#### 3.2.1 Připojení jednotlivých periférií na desce ke sběrnici a jejich ovládání:



Obr. 9: Připojení jednotlivých periférií na desce k portu B a jejich ovládání pomocí portu A

#### 3.2.2 Význam jednotlivých DIP přepínačů:

##### 3.2.2.1 Tlačítka:



číslo vývodu::	ON / OFF	bit PORTB
8	TL0	RB0
7	TL1	RB1
6	TL2	RB2
5	TL3	RB3
4	TL4	RB4
3	TL5	RB5
2	TL6	RB6
1	TL7	RB7

Tabulka 3: Připojení tlačítek k jednotlivým vývodům DIP přepínače



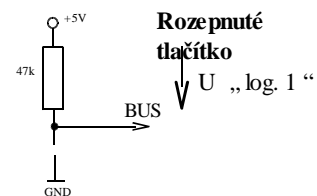
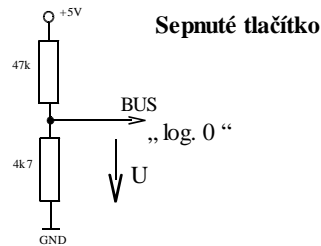
Tlačítka jsou připojena přes odpory na zem, proto při sepnutí tlačítka přivedeme na sběrnici ( PORTB ) log. nulu. Pomocí DIP přepínače TLAC můžeme ke sběrnici připojit jen některá tlačítka, která budeme potřebovat, nebo můžeme všechna tlačítka odpojit, pokud budeme chtít připojit k mikrokontroléru externí modul s perifériemi a nebudeme tlačítka potřebovat ( viz. tab.3 ). Hodnota odporu 4k7 je dána tím, že ke sběrnici máme připojeny pull – up odpory s hodnotou 47k, které na sběrnici udržují log.1 ( viz. obr. 5 ).

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{5}{47 * 10^3 + 4,7 * 10^3} = 9,67 * 10^{-2} \text{ mA}$$

$$U = 9,67 * 10^{-5} * 4,7 * 10^3 = 0,45 \text{ V}$$

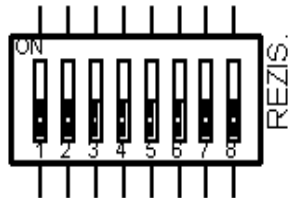
Rozsah log. hodnot:  
 log. 1 .... 2,6 - 5 V  
 log. 0 .... 0 - 0,4 V

napěťový dělič



Obr. 10: Logické úrovně na sběrnici ( portuB ) při sepnutém a tlačítku

### 3.2.2.2 Pull – up odpory:



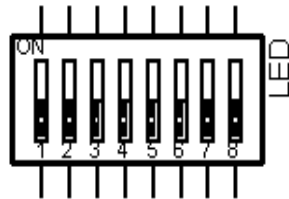
číslo vývodu:	ON / OFF
8	RB0
7	RB1
6	RB2
5	RB3
4	RB4
3	RB5
2	RB6
1	RB7

Tabulka 4: Přiřazení pull - up odporů k vývodům DIP přepínače

Pull – up odpory jsou připojeny ke sběrnici ( PORTB ) a zajišťují nám přivedení min. proudu ( několik desítek  $\mu\text{A}$  ) na odpovídající vývod portu a tím na něm udržují log. 1. ( viz. tab.4 a obr.5 ) Zajišťují také, že jednotlivé vývody nereagují na vnější rušivé vlivy, a že nekomitají.

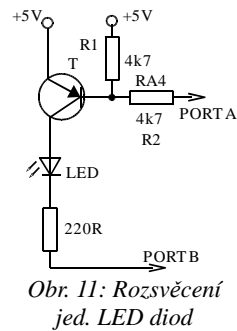
### 3.2.2.3 LED diody:

Pomocí DIP přepínače lze připojit ke sběrnici pouze vybrané LED. Při práci s LED diodami zapneme jejich napájení přivedením log.0 na vývod RA4. Po zapnutí napájení již můžeme rozsvěcet odpovídající LED přivedením log. 0 na odpovídající vývod portu B ( viz. tab. 5 ).



číslo vývodu	ON / OFF	bit PORT B
8	LED0	RB0
7	LED1	RB1
6	LED2	RB2
5	LED3	RB3
4	LED4	RB4
3	LED5	RB5
2	LED6	RB6
1	LED7	RB7

Jednotlivé LED jsou spínány log. 0

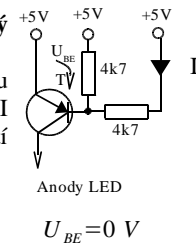


Obr. 11: Rozsvěcení jed. LED diod

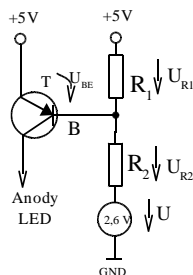
Tabulka 5: Připojení jednotlivých LED diod k číslům vývodů DIP přepínače

Na RA4 je přivedena log. 1

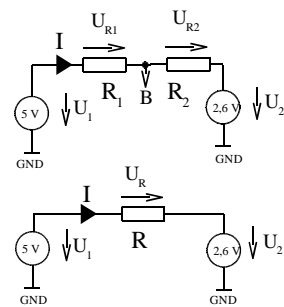
B a E tranzistoru připojeny na stejný potenciál - tranzistor uzavřen. Rezistory jsou připojeny na stejný potenciál, proud I je nulový, na bázi tranzistoru je napětí 5V proti zemi.



Na RA4 připojena dolní hranice log. 1 ( 2,6 V )



Obr. 12: Princip ovládání napájení LED a jejich jednotlivé rozsvěcení pomocí vývodů portu B



Podle 2. Kirchhofova zákona platí :  $U_{BE} = U_{RI}$

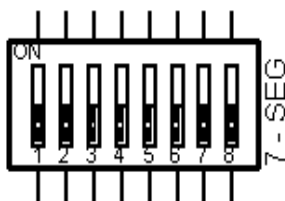
$$R = R_1 + R_2 = 2 * 4700 = 9400 \Omega$$

$$U_R = R * I = \frac{R * (U_1 - U_2)}{R} = \frac{4700 * (5 - 2,6)}{2 * 4700} = 1,2 V$$

$$U_{BE} = U_{RI} = I * R_1 = R_1 * \frac{U_R}{R} = 4700 * \left(\frac{1,2}{9400}\right) = 0,6 V$$

Napětí mezi B a E je při nejnižší hodnotě log. 1 přibližně 0,6 V => tranzistor je na hranici sepnutí. Při nižších napěťových úrovních jak 2,6 V je tranzistor sepnut.

### 3.2.2.4 Čtyřmístný sedmsegmentový displej

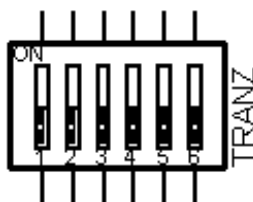


Tímto DIP přepínačem lze připojit potřebné segmenty sedmseg. displeje ke sběrnici, ale většinou je lépe nechat všechny přepínače v poloze ON. Jen pokud chceme sedmseg. displeje odpojit od sběrnice.

Ovládání napájení jednotlivých segmentů se provádí pomocí tranzistorů podobně jako u LED diod.

### 3.2.2.5 Další funkční DIP přepínače:

Tranzistory:



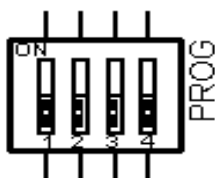
číslo vývodu:	ON / OFF	bit PORTA
6	nevyužito	-
5	1 seg.	RA0
4	2 seg.	RA2
3	3 seg.	RA3
2	4 seg.	RA4
1	LED	RA5

Tabulka 6: Přiřazení vývodů DIP přepínače k vývodům portu A

Pomocí jednotlivých přepínačů můžeme připojit napájení jen pro potřebnou periférii. Využití jednotlivých přepínačů pro periférie ( viz. tab.6 ).

Nesmíme zapomenout, že pokud chceme zapnout napájení dané periférie a máme všechny DIP přepínače v poloze ON, musíme zapsat na odpovídající bit portu A log. 0 .

#### Programovací DIP:

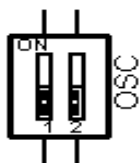


číslo vývodu:	ON / OFF
4	V <sub>DD</sub>
3	RB7
2	RB6
1	MCLR

Tabulka 7: Připojení programovacích vývodů k DIP přepínači

Připojení jednotlivých vývodů k programovacímu DIP přepínači potřebných pro naprogramování mikrokontroléru znázorňuje tabulka 7. Při programování mikrokontroléru přepneme všechny DIP přepínače do polohy OFF, tím odpojíme vývody RB6 a RB7 od periférií. Vývod MCLR a V<sub>DD</sub> odpojíme od napájení. Mikrokontrolér je napájen z programátoru.

#### DIP OSC

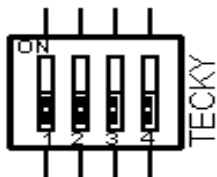


číslo vývodu:	ON / OFF
2	OSC1
1	OSC2

Tabulka 8: Přirazení vývodů pro připojení oscilátoru k DIP přepínači

Tento DIP přepínač se hodí pokud chceme u řady PIC 16F 628 ( 627 ) využít vývody OSC1 a OSC2 jako standardní V/ V vývody. Potom odpojíme vývody mikrokontroléru od krystalu a můžeme je využívat pro práci, samozřejmě že lze pak využívat jen vnitřní RC oscilátor integrovaný na čipu.

#### DIP přepínač TEČKY

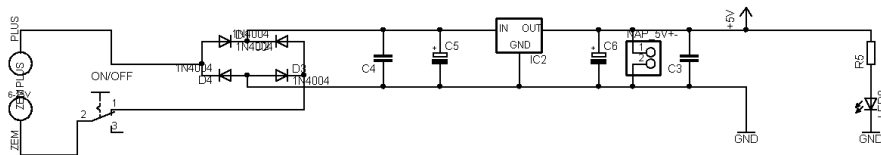


Tato funkce se hodí, pokud se nechceme programově starat o desetinné tečky u sedmissegmentového displeje. Pokud chceme této možnosti využít, přepneme DIP přepínače do polohy OFF, tím odpojíme tečky sedmissegmentových displejů od sběrnice a požadovanou tečku rozsvítíme pomocí propojky ( jumperu ).

### 3.3 Napájení

Deska je napájena z externího adaptéru, který se připojuje k napájecímu konektoru. Vývojová deska obsahuje usměrňovač tvořený Graetzovým můstkem, 5 voltový stabilizátor 7805 a filtrační kondenzátory. Proto lze připojit k desce zdroj střídavého napájecího napětí v rozsahu 6 – 15 V (dáno rozsahem napětí, který je schopen stabilizátor stabilizovat).

Na desce najdeme hlavní vypínač, kterým zapneme napájení pro desku, zapnuté napájení je signalizované zelenou LED.

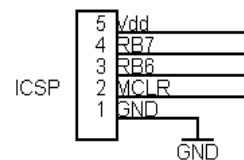


Obr. 13: Napájecí část vývojové desky

### 3.4 Programování mikrokontroléru

#### 3.4.1 ICSP programování

Jedná se o sériové programování mikrokontroléru. U tohoto programování využíváme vývody RB6, RB7 a MCLR. Důležité je, že při programování mikrokontroléru nesmí být RB6 a RB7 k ničemu připojeny, proto je dobré tyto vývody odpojit, k tomu nám slouží programovací DIP, pomocí kterého tyto vývody snadno odpojíme od periférií. Při programování mikrokontroléru je na vývod MCLR připojeno napětí 13V a mikrokontrolér je napájen 5V. O tato napětí se stará programátor. Programátor připojujeme k programovacímu ICSP konektoru na desce. Rozmístění vývodů u programovacího konektoru znázorňuje obr. 9.

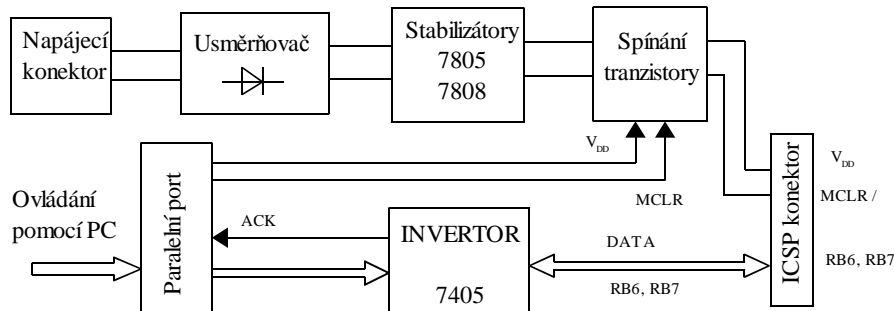


Obr. 14: Rozmístění vývodů ICSP konektoru

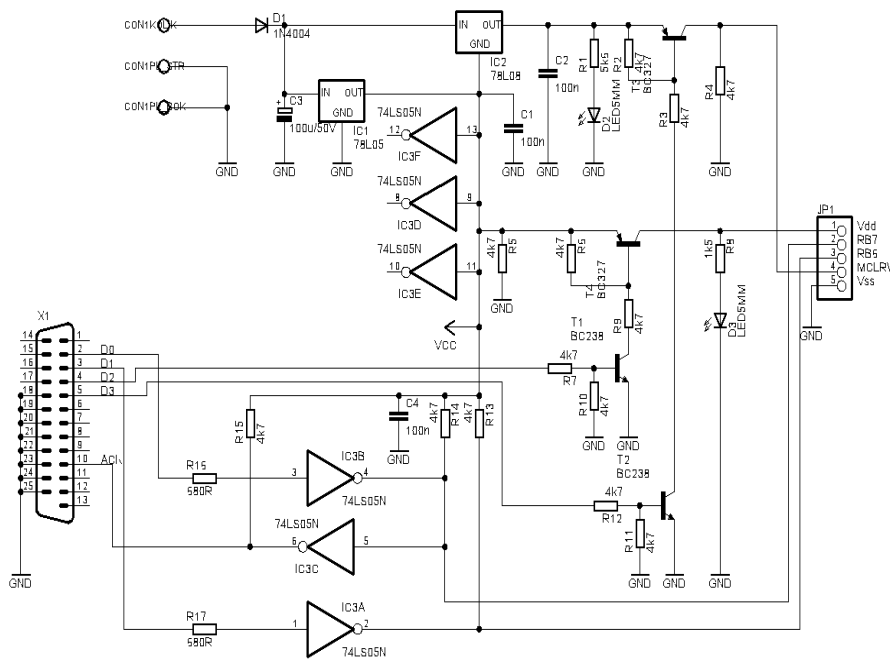
#### 3.4.2 Programátor

K tomu abychom zavedli naprogramovanou aplikaci do mikrokontroléru pro její odsimulování je třeba programátor. Námí zhotovený programátor se připojuje do paralelního portu PC. Ale k naprogramování lze použít jiných programátorů procesorů PIC, ale musí podporovat ICSP programování. Programátor zajistí přivedení programovacího napětí na vývod MCLR, na vývod RB6 přivádí CLOCK pro sériová data, která vysílá na vývod RB7. Tok dat je řízen přes paralelní port počítače pomocí ovládacího programu,

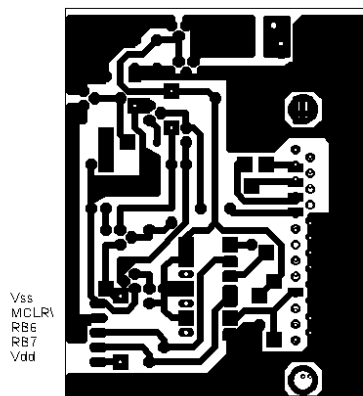
do kterého stačí otevřít vygenerovaný HEX soubor z programovacího jazyku ( program musí být přeložen ). Pro popisovanou vývojovou desku jsem si zhotovil programátor jehož schéma zapojení a klišé plošného spoje jsem zhotovil podle materiálů Mgr. Janouška, který našel potřebné materiály na internetu. Pokud byste si chtěli tento programátor také zhotovit, můžete využít těchto podkladů.



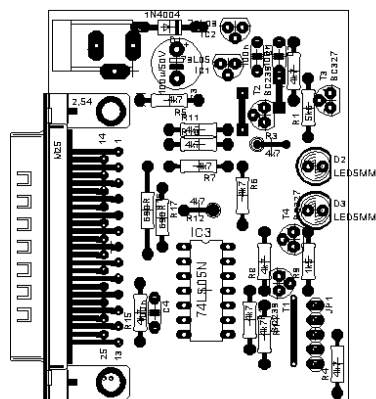
Obr.15: Blokové schéma programátoru



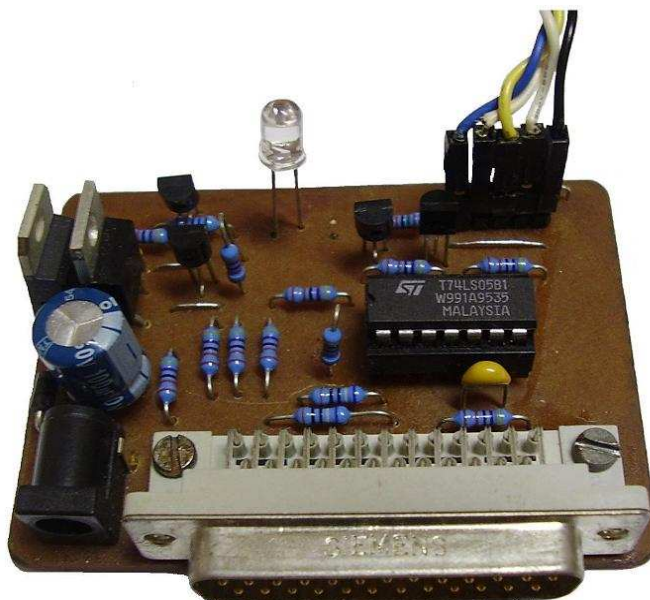
Obr. 16: Schéma zapojení programátoru:



Obr. 17: Klišé plošného spoje (velikost 1: 1):



Obr. 18: Rozmístění součástek:



Obr. 19 : Pohled na hotový programátor:

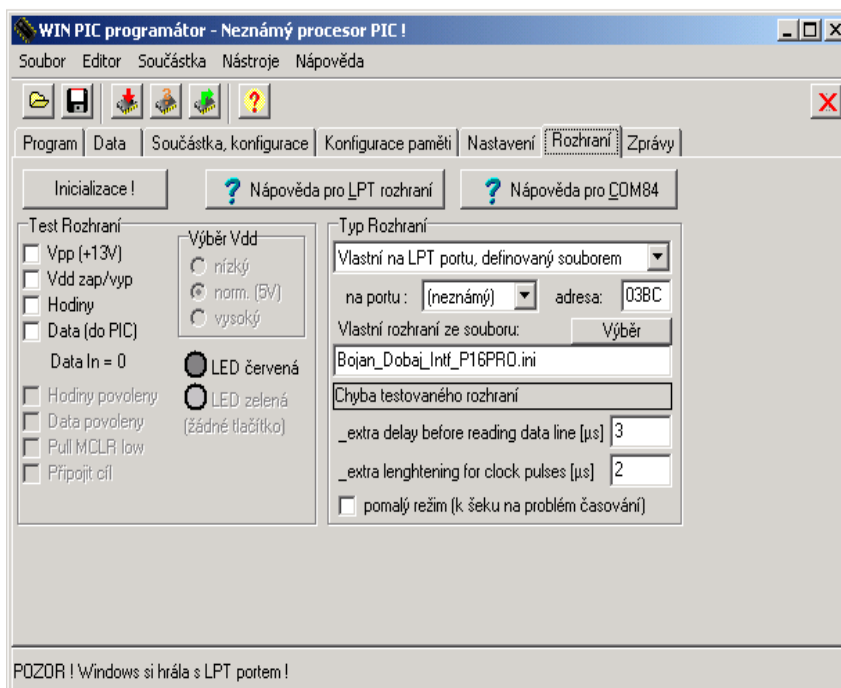
Myslím si, že i začínající elektronik nebudeme mít se stavbou žádný problém. Samozřejmě s ohledem na kvalitu pájení a tepelnou výdrž tranzistorů. K programátoru je třeba si ještě zhotovit kabel na připojení programátoru k vývojové desce. Jedná se o pětivodičový kabel, který lze vyrobit stočením pěti vodičů, na jejichž konce se připájí konektory viz. katalog GME. ( Já jsem tento kabel zhotovil stočením vodičů, ze starého počítače, které vedly z LED diod do základní desky, vodiče byly již nakonektorované. )

### 3.4.3 Program pro zavedení softwaru

Pro zavedení softwaru do procesoru používám program WinPIC, který si můžete stáhnout na síťovém disku Mgr. Janouška nebo i na internetu. Výhodou je, že si v programu můžete nastavit češtinu a pokud tak učiníte, tak se naučíte v programu snadno orientovat. Pak je třeba ještě nastavit správný port pro komunikaci s programátorem a otevřít soubor, který udává správný typ programátoru. Pokud bude vše v programu správně nastaveno a programátor bude připojen k nastavenému portu PC, měl by program programátor sám najít.

Poté si můžete pomoci zaškrtnutím políček zaškrtnout jednotlivá napětí ( napájecí 5V, programovací 13V ), funkčnost si můžeme zkontrolovat pomocí multimetru. Po zaškrtnutí políčka by se mělo na daném pinu ICSP konektoru objevit dané napětí.

Poté lze už načíst vygenerovaný HEX soubor z překladače, nastavit daný typ mikrokontroléru, typ oscilátoru, WATCHDOG, ... a můžeme se pustit do vlastního programování mikrokontroléru. Samozřejmě můžete zde ještě dodatečně nastavit konfigurační slovo mikrokontroléru, ale lepší je raději provést toto nastavení již v překladači.



Obr. 20 : Nastavení komunikačního rozhraní, ovládání napájení :



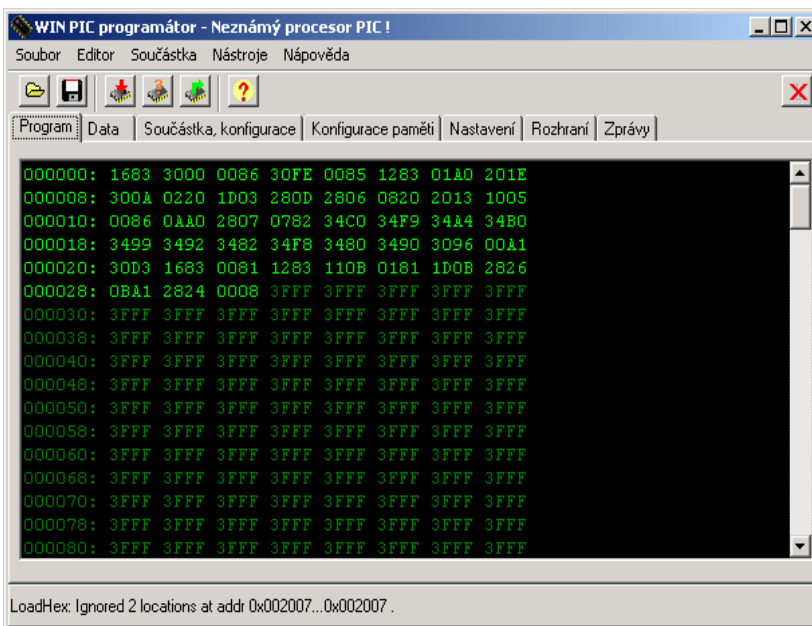
### 3.4.4 Vlastní postup při programování mikrokontroléru

Pokud tedy již máme program WinPIC spuštěný a programátor připojený k PC, tak zapneme napájecí adaptér programátoru. Mělo by se nám ve WinPIC objevit hlášení, že program programátor rozpoznal. Samozřejmě, že musíme mít správně nastavený typ programátoru a typ komunikačního portu. Můžeme zkusit zaškrtnout políčka napájení, pokud zaškrtneme políčko 5V měla by se rozsvítit jedna z LED, pokud zaškrtneme i druhé políčko rozsvítí se druhá LED.

Pak tedy nezbývá než otevřít HEX soubor programu, který chceme nahrát do mikrokontroléru. Poté nastavíme druh oscilátoru, typ mikrokontroléru, WATCHDOG aj. Pokud máme tyto parametry nastavené. Tak na vývojové desce přepneme všechny kolíčky programovacího DIP přepínače do polohy OFF.

Pak už nezbývá nic jiného než stisknout tlačítko nahrát program. V průběhu programování vidíme přenos jednotlivých hexadecimálních slov. Po skončení programování se objeví hlášení se stavem programování. Pokud bylo programování úspěšné všechna hexadecimální slova jsou zelená, bylo – li programování špatné označí se červeně chybně přenesená slova. Doporučuji ještě využít další funkce programu WinPIC pro ověření mikroprocesoru a čtení dat z mikroprocesoru, aby bylo programování opravdu úspěšné. **U řady mikrokontrolérů PIC 16F627 (628) doporučuje výrobce připojit vývod RB4 přes rezistor 10kΩ na zem. U naší vývojové desky lze tento rezistor připojit dodatečně na vyvedené brány mikrokontroléru.**

Pokud programování proběhlo úspěšně můžeme programátor odpojit od sítě a vývojové desky. Přepneme zase všechny kolíčky programovacího DIP přepínače do polohy ON. Připojíme napájecí adaptér k vývojové desce a přepneme hlavní vypínač do polohy ON. Dále nezbývá nic jiného než odsimulovat vytvořený program, nesmíme zapomenout správně nastavit všechny funkční DIP přepínače.



Obr. 21 : Program WinPIC ukázka prostředí s již nahaným HEX souborem:

### 3.4.5 Příklady programování

#### 3.4.5.1 Práce s porty mikrokontroléru

```
bsf      STATUS, RP0 ; přepnutí na stránku 1 pro práci s reg. TRIS
movlw   b'00000000' ; načtení masky pro vývody portu B
movwf   TRISB
movlw   b'00000000' ; načtení masky pro vývody portu A
movwf   TRISA
bcf     STATUS, RP0 ; přepnutí zpět na stránku 0
```

#### 3.4.5.2 Dekódování znaku pro zobrazení

; před voláním tohoto podprogramu je třeba zapsat do pracovního reg. číslo v BCD kódu  
; po návratu z podprogramu máme v pracovním registru číslo, které lze už zobrazit na displeji

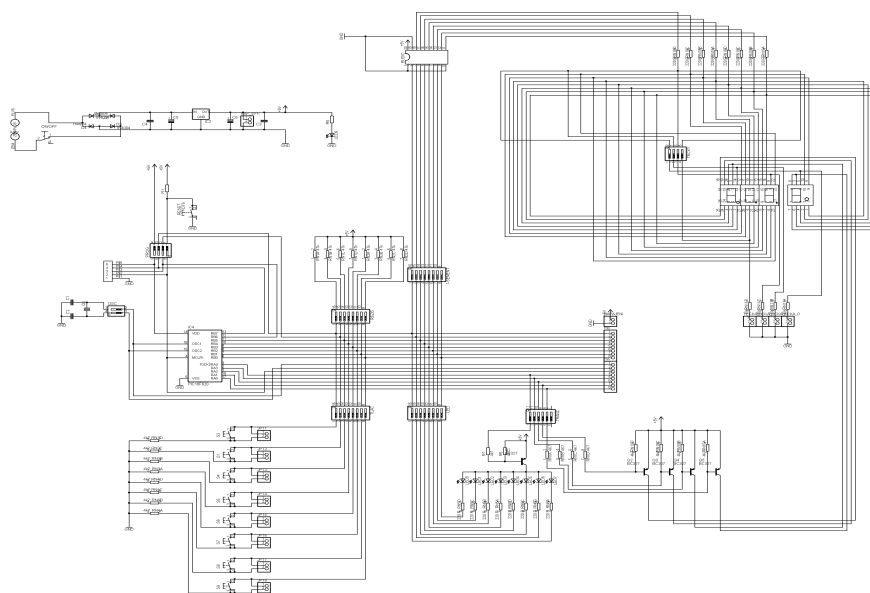
```
TABULKA:    addwf PCL,1           ; k čítači instrukcí přičte pořadí znaku
            retlw b'11000000' ; 0 do W
            retlw b'11111001' ; 1 do W
            retlw b'10100100' ; 2 do W
            retlw b'10110000' ; 3 do W
            retlw b'10011001' ; 4 do W
            retlw b'10010010' ; 5 do W
            retlw b'10000010' ; 6 do W
            retlw b'11111000' ; 7 do W
            retlw b'10000000' ; 8 do W
            retlw b'10010000' ; 9 do W
```

#### 3.4.5.3 Multiplexování displeje

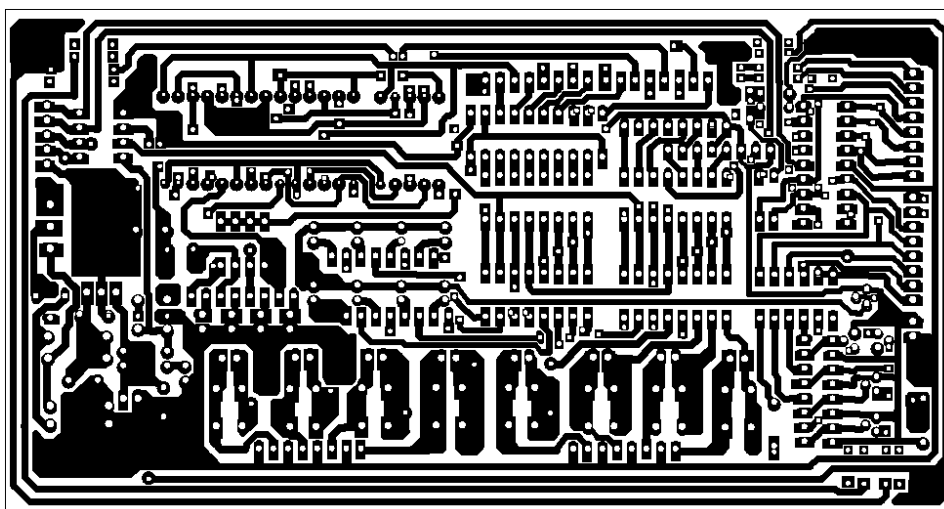
```
movlw b'11111110' ; zapnutí napájení
movwf PORTA
movf SEG1,0
call TABULKA ; zobrazení 1 seg.
movwf PORTB
call ZPOZD ; volání zpoždění
movlw b'11111111'
movwf PORTA

movlw b'11111101' ; zapnutí napájení
movwf PORTA
movf SEG2,0
call TABULKA ; zobrazení 2 seg.
movwf PORTB
call ZPOZD ; volání zpoždění
movlw b'11111111'
movwf PORTA
```

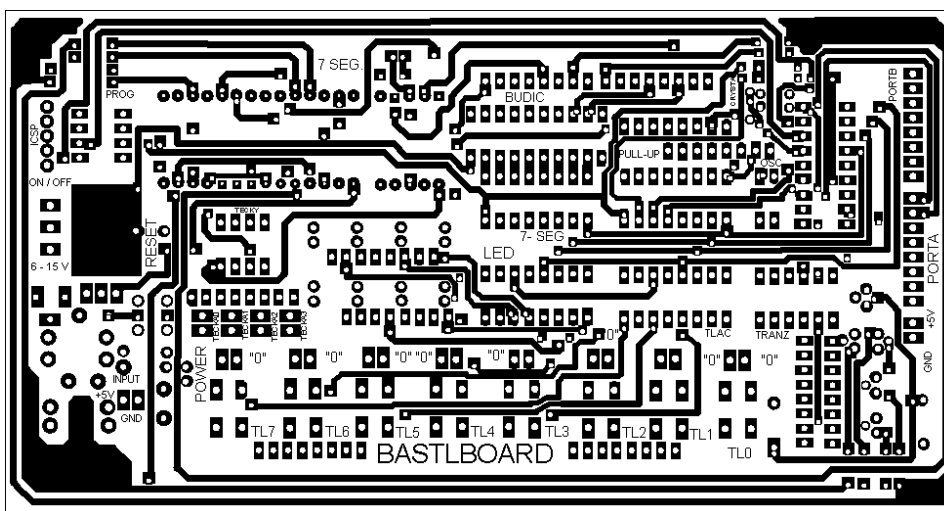
### 3.5 Schéma zapojení, plošný spoj



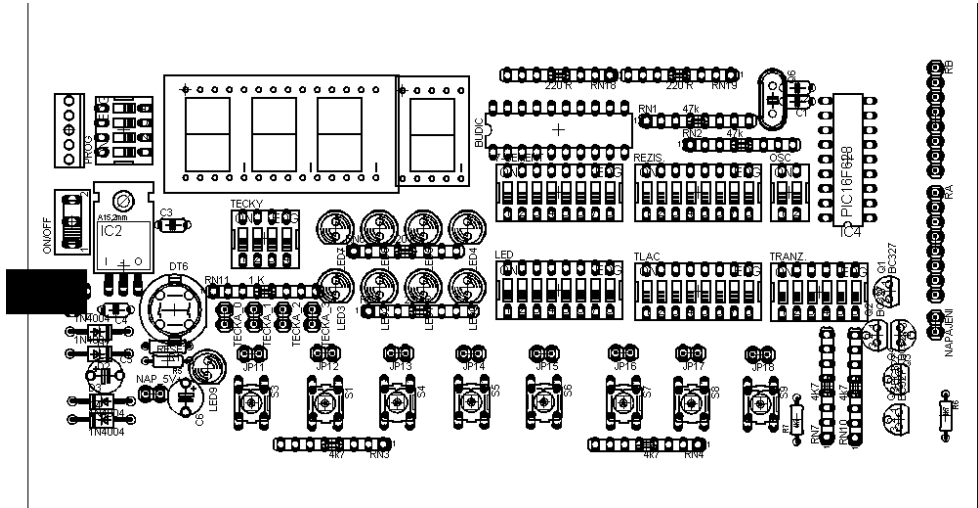
Obr.22: Schéma zapojení vývojové desky



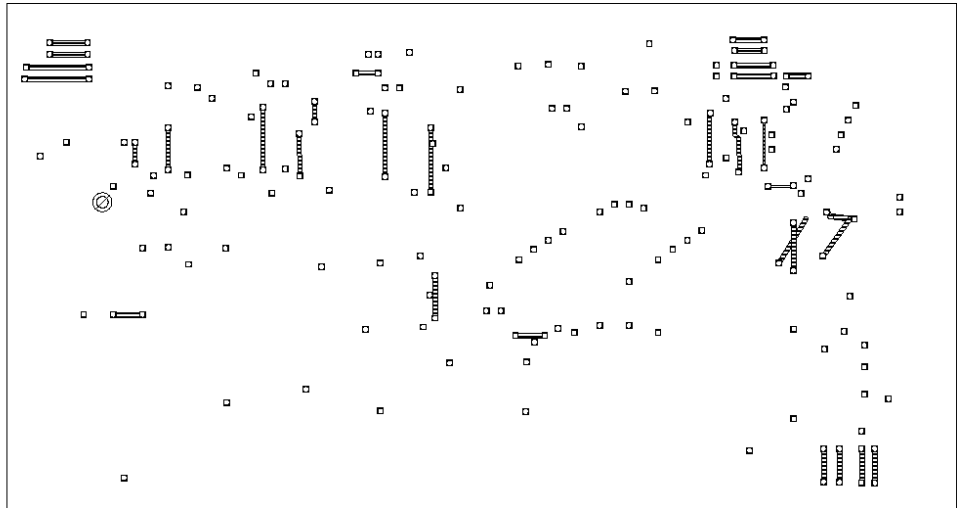
Obr. 23 : Obrázec plošného spoje ze strany BOTTOM (měř. 1 : 1) :



Obr. 24: Obrázec plošného spoje ze strany TOP ( měř. 1 : 1 ) :



Obr. 25: Rozmístění součástek na desce:



Obr. 26: Rozmístění prokovených děr a drátových propojek na desce:

## 4 Seznam použité literatury

### 4.1 Internet:

- [ 1 ] [www.microchip.com](http://www.microchip.com) – výrobce mikroprocesorů PIC
- datasheety k jednotlivým procesorům
  - programovací jazyk MPLAB, programování v assembleru
- [ 2 ] <http://www.sourceboost.com/Products/C2C-plus/Download.html>
- zde si můžete stáhnout programovací jazyk C , který Vám
  - vygeneruje kód pro mikrokontrolér v assembleru
  - důležitá znalost prog. jazyka C
- [ 3 ] <http://pandatron.info/index.php>
- zde najdete technický popis a stavbu programátoru PIC a také
  - ovládací program pro programátor WinPIC

### 4.2 Odborná literatura:

- [ 4 ] Jiří Hrbáček - *Komunikace mikrokontroléru s okolím I, II* , BEN Praha 1999
- zde najdeme vysvětlení činnosti testovací desky PVKpro
  - v knize jsou popsány jednodušší aplikace na použití čítačů, časovačů, práce s externí pamětí EEPROM aj.

- [ 5 ] *Skripta pro výuku na SPŠ a VOŠ Písek - Ing. Šindelář:*  
( disk N )

MIT 01  
MIT 02 ( formát pdf. )  
MIT 03  
  
PVKpro ( formát doc. )

## 5 Závěr

Doufám, že tato vývojová deska přinese přínos především v oblasti praktického vyučování mikroprocesorové techniky. Věřím, že vývojová deska bude mít uplatnění u všech zájemců o mikroprocesorovou techniku, a to jak z řad studentů, kteří si pomoci ní mohou ověřit své teoretické znalosti, ale také i u učitelů, kteří ji mohou využít pro lepší názornost při programování těchto mikrokontrolérů během výuky.



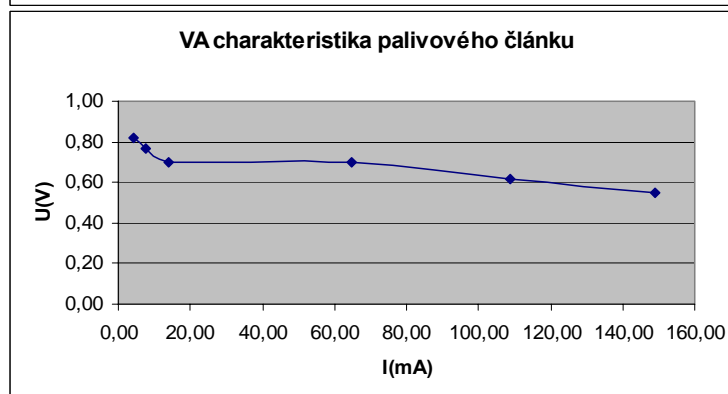
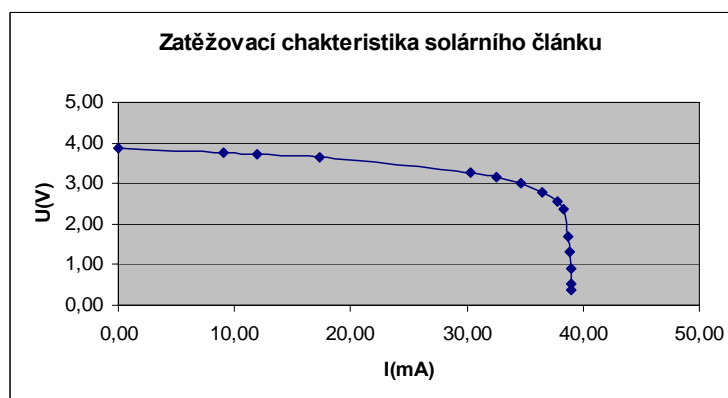
**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## SOLÁRNÍ VOZÍTKA A VOZÍTKO POHÁNĚNÉ VODÍKEM

Střední škola technická hl.m.Prahy,  
Radlická 115, 158 00 Praha 5

Naši studenti se pravidelně zúčastňují soutěže Napájení Sluncem se solárními vozítky. Jeden typ vozítka je přímo poháněn energií, získanou ze solárních panelů, motorek je se solárními panely spojen přímo. To vyžaduje vyšší intenzitu osvětlení a při slabším osvětlení již je energie nedostatečná pro trvalý chod motorku.

Druhý typ vozítka je vybaven jednoduchou elektronickou regulací. Energie se akumuluje v kondenzátoru a motorek je zapnut až při určité úrovni napětí a při poklesu napětí opět odpojen. Na obrázku je uvedena naměřená zatěžovací charakteristika solárního článku.



V letošním roce studenti realizovali stavebnici vozítka s palivovým článkem. Vodík pro palivový článek se získává rozkladem vody. Palivový článek dodává napětí cca 500mV a proud maximálně 500mA. Pro napájení motorku je vozítko vybaveno elektronickým měničem. Vzhledem k nízkému napětí palivového článku, musí být pro napájení elektroniky použit ještě pomocný měnič. Voltampérová charakteristika palivového článku je uvedena na obrázku.





**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMKU SOLÁRNÍM KOLEKTOREM**

**Provazník Jaroslav, Slavík Zdeněk**

Střední průmyslová škola  
Na Třebešíně 2299, Praha 10

Neustále se zmenšující zdroje primárních energií zejména ropy, uhlí, zemního plynu a jejich postupně rostoucí ceny změnilly situaci na energetickém trhu. Jednou z cest jak snížit roční náklady na energii představuje kromě zateplení i využití možností, které nám poskytuje sama příroda. Obnovitelný zdroj energie představuje např. sluneční energie. V České republice jsou poměrně dobré podmínky pro využití sluneční energie, přestože množství sluneční energie je během roku kolísavé. Paradoxně nejvyšší množství sluneční energie dopadá v období, kdy je spotřeba tepla nejnižší. Využití solární energie nemá žádný negativní vliv na životní prostředí, jelikož nevznikají žádné nepříznivé látky a odpad. Solární energii lze využít nejen v oblastech s vyšším dopadem slunečního záření, ale i s vyšší nadmořskou výškou.

Ohřátá voda z kolektoru se dá využít pro otopné soustavy, ohřev teplé vody do domácností, nebo pro ohřev teplé vody do bazénu. Solární systém se skládá ze slunečního kolektoru (ten zachycuje sluneční záření a předává absorbované teplo cirkulujícímu médiu v uzavřeném okruhu viz obr.1), nosné konstrukce kolektoru, potrubí s tepelnou izolací, elektronickým regulátorem, solárním zásobníkovým ohříváčem a expanzní nádobou.

obr.1: SOLÁRNÍ KOLEKTOR



První sluneční kolektor byl uveden do provozu r. 1976 v Kojetíně. Prototyp zařízení pro ohřev teplé vody poprvé vyzkoušeli v Třebíči. Historicky první budovou vytápěnou pomocí solárního kolektoru byla horská chata v Krkonoších.



**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **TŘÍDÍCÍ ALGORITMY**

Programovací jazyk C#, vytvořeno ve Visual Studiu 2005

**Petr Újezdský**

Střední průmyslová škola elektrotechnická  
V Úžlabině 320, Praha 10

Program může sloužit jako velmi názorná učební pomůcka při výuce třídících algoritmů. Jsou vysvětleny principy fungování šesti různých třídících algoritmů (BUBBLESORT, BUBBLESORT ADVANCED, SHAKESORT, DIRECT INSERT, DIRECT MIN, QUICKSORT).

Aplikace se skládá ze dvou částí.

V první části je možné testovat časovou náročnost jednotlivých třídících algoritmů. Uživatel si vybere jednotlivé algoritmy a typ testu (jestli chce sledovat čas nebo počet iterací potřebných k setřídění), počet tříděných prvků a krok, případně stupeň předtříděnosti dat. Po dokončení testu se otevře Microsoft Excel s grafem a vynesenými daty. Excel je plně funkční, je možné výsledek testu uložit či jakkoliv editovat. V nastavení lze zvolit i jakousi „předpověď“ průběhu algoritmu. Na základě dat získaných z testu (časů nebo iterací) program dopočítá křivku průběhu algoritmu bez nutnosti tyto počty prvků doopravdy třídít. Přesnost roste s množstvím testovacích kroků.

V druhé části je možné spustit animaci třídění a díky ní má uživatel možnost lépe pochopit, jak jednotlivé algoritmy fungují. Jednotlivé číselné hodnoty jsou reprezentovány různě vysokými sloupci, právě porovnávané hodnoty jsou barevně odlišeny a uživatel přesně vidí, jak jsou jednotlivé prvky „prohazovány“ a jak je postupně pole prvků tříděno. Rychlost animace může uživatel měnit, stejně tak jako mód – buď bude animace běžet bez přerušení, nebo se po každé iteraci zastaví (tzv. krokování).

Velikost okna aplikace je přizpůsobena rozlišení monitoru, čím větší má uživatel nastaveno horizontální rozlišení monitoru, tím více prvků bude použito v animaci.

Nastavení programu je možné uložit nebo otevřít jako projekt (vlastní formát souboru). Program je ošetřen proti špatným vstupním hodnotám, veškeré výjimky se uživateli zobrazí v informačním okně.

Do programu je zakomponována i možnost změnit jazyk prostředí (anglický, český). Každý jazyk je uložen ve svém vlastním souboru. Pro nejjednodušší případnou editaci byl zvolen formát souboru jako textový.

Součástí aplikace je zabudovaná nápověda, k aplikaci je vygenerována dokumentace typu \*.chm.

Tato práce byla mojí dlouhodobou maturitní prací z odborných předmětů, kterou jsem úspěšně obhájil ve školním roce 2006/2007.

# ŘEZ VYSOKOTLAKÝM ČERPADLEM COMMON RAIL

Rostislav Dlouhý

VOŠ a SOŠT Litomyšl  
T. G. Masaryka 659

S ohledem na stále se zpřísňující normy emisí u vznětových motorů, se hledá jejich splnění v konstrukčním řešení. Na množství emisí má vliv jednak konstrukce motoru, jednak příprava směsi. Ve své práci se zabývám druhou z těchto možností, přípravou směsi. Palivo vstříknuté do válce musí být rozprášeno na co nejmenší částičky. Tím je dosaženo téměř dokonalého spalování a vzniká minimum nežádoucích látek. Rozprášení paliva je závislé na tlaku paliva, velikosti a množství otvorů ve vstříkovací trysce. Čím je vyšší tlak paliva a menší otvory trysky, tím je palivo lépe rozprášeno.

Z tohoto důvodu vznikají stále nové systémy vstříkování pod vysokými tlaky. Mezi neznámější a nejpoužívanější patří sdružené vstříkovací jednotky (PDE), samostatné vstříkovací jednotky (PLD) a (UPEC), hydraulické vstříkování (HEUI), mechanický otevřený vstříkovač (HPI) nebo systém common rail. Tyto systémy se vyznačují vysokou přesností řízení počátku vstříku i samotné dávky paliva. Přesným vstříkem, který řídí elektronika, se dá ovlivnit průběh spalování a tím do jisté míry množství emisí ve výfukových plynech, výkon, hlučnost, klepání či spotřeba motoru.

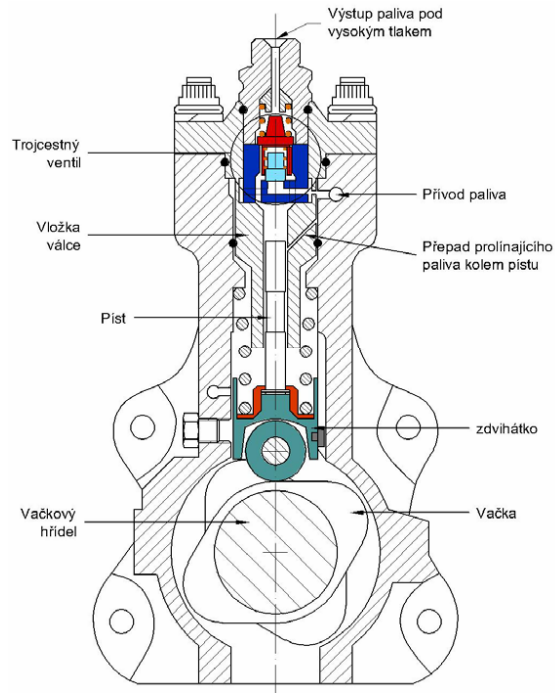
Mým cílem bylo provést řez vysokotlakým čerpadlem common rail s regulací paliva v nízkotlakém okruhu tak, abych odkryl důležité pracovní a ovládací části. A zároveň tak, aby byly zachovány funkční pohyby, především otáčení vačkové hřídele, pohyb pístu čerpadla a pohyby ovládacích a přepouštěcích pístků a ventilů. V teoretické části je činnost tohoto čerpadla podrobně rozkreslena a popsána. Součástí je také řez vstříkovačem, který jsem sice neprováděl já, ale vytvořil jsem k němu nákresy činnosti a animaci.

Ve své prezentaci se budu podrobněji zabývat činností systému common rail s regulací paliva v nízkotlakém okruhu a proto zde uvádím pouze příklad mé práce. Je zde částečně popsána činnost dávkovací komory a vstříkovače, ale ve své prezentaci se zabývám celým vysokotlakým okruhem.

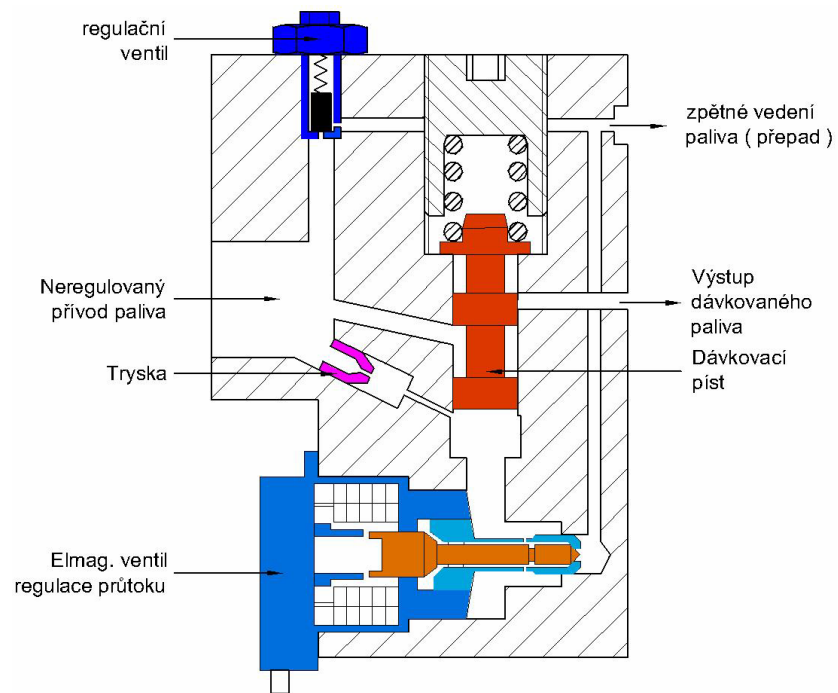
**Vysokotlaké čerpadlo** je namontované na motoru namísto klasického vstříkovacího čerpadla. Jeho hlavní části jsou dva válce a vačkový hřídel. V obou válcích se nachází pístek (plunžr) a trojcestný ventil. Oba válce jsou napájeny samostatně přes dávkovací komoru. Vačkový hřídel je poháněn mechanicky. Jsou na něm umístěny dvě vačky, z nichž každá má dva výstupky. Vačkový hřídel i hnací kolo palivového čerpadla jsou zaklínovány, protože na nich jsou umístěny ukazatele nastavení polohy válců. Účelem vysokotlakého čerpadla je dodat do zásobníku palivo pod tlakem 180 MPa v potřebném množství, odpovídajícímu zatížení motoru.

**Dávkovací komora** je upevněna na tělese vysokotlakého čerpadla. Její nejdůležitější části jsou 2 elektromagnetické regulační ventily. Každý z nich reguluje přívod paliva pro jeden válec vysokotlakého čerpadla. Na jejich ovládní a správné funkci závisí tlak v akumulaci rampě. Jsou ovládní elektronicky z EECU a řízeny s frekvencemi s proměnlivou střídou (mírou impulsu). Další důležitou částí je dávkovací píst s regulační hranou a regulační ventil, který stabilizuje tlak v dávkovací komoře.

Vysokotlaké čerpadlo:



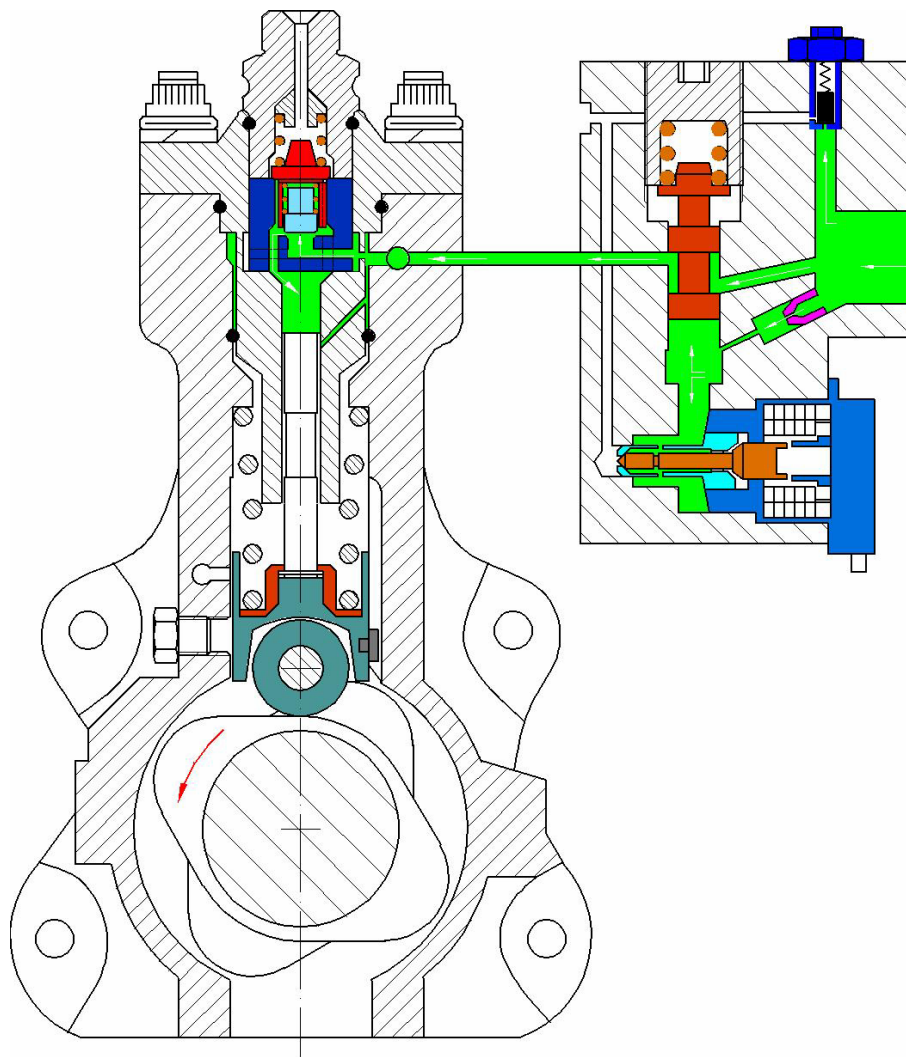
Dávkovací komora:



### Činnost dávkovací komory:

#### **Plnění při maximální dávce paliva:**

Od napájecího čerpadla je do dávkovací komory přiváděno palivo, které je rozděleno na dvě větve, ovládací a plnicí. Regulační ventil udržuje jeho tlak na hodnotě 0,18 – 0,28 MPa. Elektromagnetický ventil není napájen, tlak v ovládací části se zvýší a nadzvedne dávkovací pístek, který svou regulační hranou otevře přívod paliva k vysokotlakému čerpadlu. Plnicím kanálkem prochází maximální dávka paliva. Trojcestný ventil propustí palivo, které naplní celý prostor nad pístem.

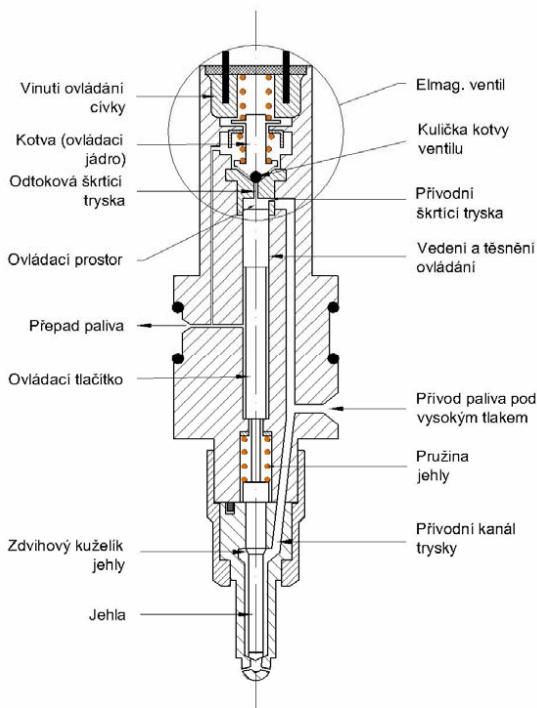


## Vstřikovač:

Vstřikovač se skládá ze tří částí. Z otvorové vstřikovací trysky, která má osm otvorů o průměru 0,1 mm. Z hydraulického ovládacího systému a z elektromagnetického ventilu. Vstřikovače jsou elektronicky řízeny řídicí jednotkou motoru a dodávají palivo pod tlakem do spalovacího prostoru.

Účelem je vstříknout přesně určené množství paliva v určitém okamžiku do spalovacího prostoru. Okamžik a průběh napájení elektromagnetického ventilu určuje předvstřík vstřikování, průtočné množství a rozdělení vstřiku na více částí.

Předvstřík předchází několik milisekund před hlavním vstřikem. Tím se uskuteční „předehřátí“ spalovacího prostoru. To přispívá k tiššímu a měkčímu chodu motoru. Nárůst tlaku ve spalovacím prostoru není tak prudký a snižují se hodnoty emisí ve výfukových plynech.



## Činnost vstřikovače:

**Klidová poloha:** Elektromagnetický ventil není napájen, a tím je kulička kotvy ventilu stlačena vinutou pružinou a uzavírá odtokovou škrťací trysku. Tlak přivedený vysokotlakým potrubím je v ovládacím prostoru stejný jako tlak působící na zdvihový kuželík jehly trysky. Tlaková síla působící na čelní plochu ovládacího tlačítka a síla přitlačné pružiny vstřikovače drží jehlu trysky v uzavřené poloze proti otevírací tlakové síle, která působí na její zdvihový kuželík.

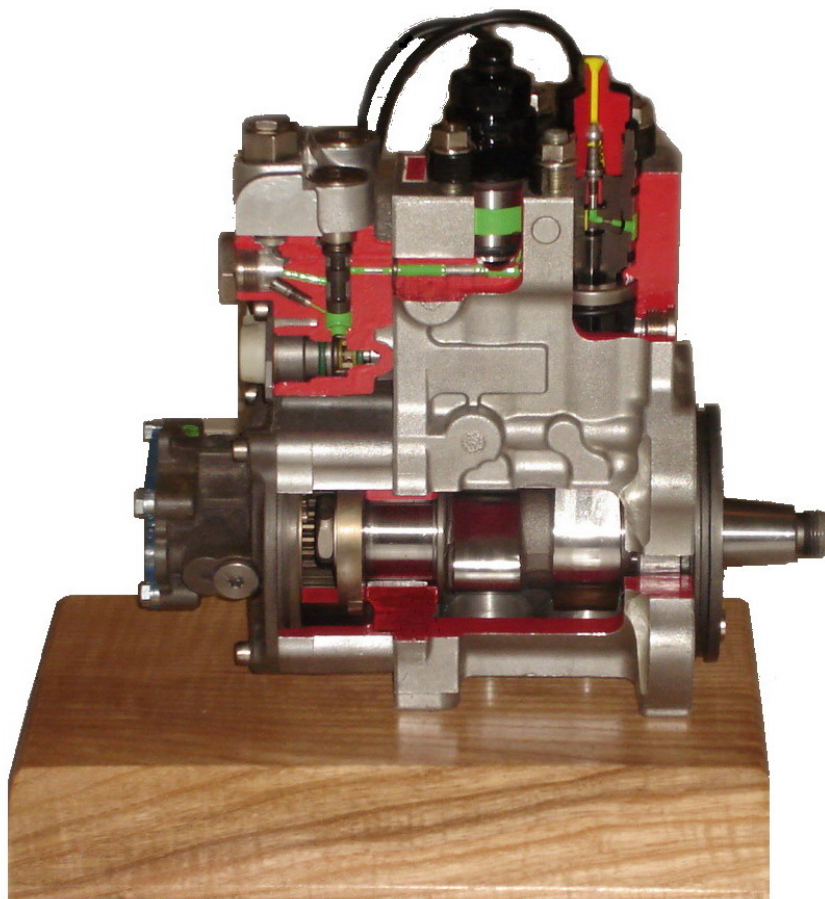
**Poloha při vstřikování:** K elektromagnetickému ventilu je přiveden otevírací proud 18A, který slouží k rychlému otevření ovládacího jádra. Když elektromagnet překoná sílu pružiny, kotva s kuličkou otevře odtokovou škrťací trysku. V co nejkratší době je proud elektromagnetu snížen na přidržovací proud o hodnotě 12A, protože se zmenší vzdálenost kotvy od elektromagnetu, tak není potřeba vyššího proudu. Otevřením odtokové škrťací trysky může palivo odtékat z ovládacího prostoru nad tlačítkem zpět do nádrže. Přes přívodní škrťací trysku proudí palivo pomaleji, a tím dojde k poklesu tlaku v ovládacím prostoru a sníží se přitlačná síla na ovládací tlačítko. Jakmile tlaková síla působící na zdvihový kuželík jehly trysky překoná přitlačnou sílu, dojde k nadzvednutí jehly trysky, a tím začíná vstřikování.

## Řez vstřikovačem



# Vysokotlaké čerpadlo

*Pohled zepředu*







**Středoškolská technika 2007**  
**Setkání a prezentace prací**  
**středoškolských studentů na ČVUT**

## **ODEČÍTÁNÍ ČASU ŠKOLNÍCH HODIN A PŘESTÁVEK**

**Burda Ladislav, Pik Ivan**

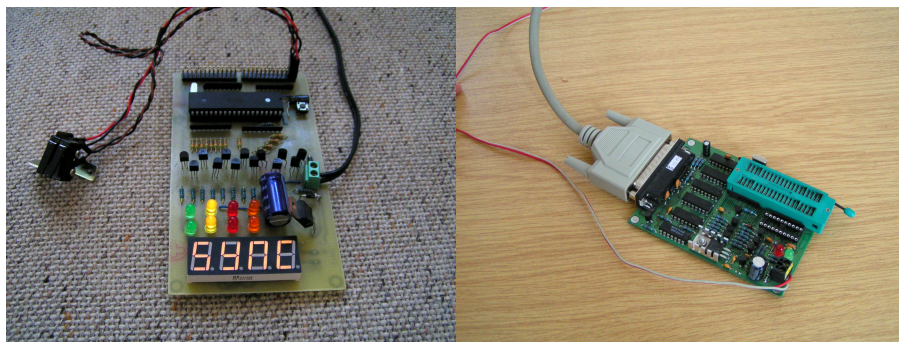
SOU a SOŠ Praha 10 - Hostivař  
Weilova 1270/4, Praha 10 - Hostivař, 102 00

Projekt je proveden pomocí školního přípravku pro mikroprocesor Atmel 8052. Aplikace odečítá po sekundách čas, který zbývá do konce vyučovací hodiny trvající 45 minut. Během přestávky se počítá její uplynulý čas. Probíhající hodina je signalizována svitem čtveřice červených LED diod a přestávka zelenými a oranžovými diodami.

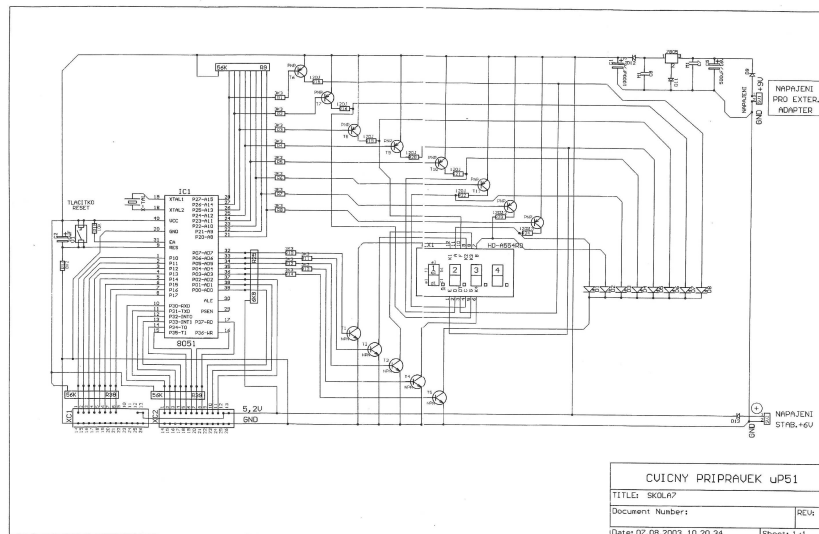
Aplikace je synchronizována signálem ze školního zvonku, na jehož cívice je navinuto další vinutí, které při zvonění indukuje napětí. Poté je zpracováno jako vstupní signál pro procesor, který se přepne do režimu odečítání vyučovací hodiny, či přičítání přestávky. Při zapojení aplikace nebo při výpadku proudu se nejprve zobrazuje nápis „SYNC“ a čeká se na signál ze školního zvonku, který zahájí odpočet. Aplikace je také připravená pro zapojení dalšího synchronizačního pulzu, například z hodin, které každý den v určitý čas vydají signál přípravku a každý den ráno je takto přípravek resetován. Aplikace je univerzální, nezávislá na počtu hodin, přestávek a jejich délce.

Úloha byla řešena pomocí časovače procesoru 8052 a přerušení. To zajišťuje vysokou přesnost času, s ohledem na použitý krystal.

Aplikace je zhotovena z učební pomůcky. Tento přípravek se používá při výuce v předmětu MPT (Mikroprocesorová technika). Zde se využily časovače, přerušení a speciální funkční registry procesoru 8052.



Obr. 1,2: Školní přípravek a programátor



Obr. 3: Schéma školního přípravku



Obr. 4, 5: Školní zvonek, který je zdrojem signálu pro aplikaci | Umístění aplikace

Studenti zde mohou pracovat přímo s „nulami a jedničkami“ a vyzkoušet si praktické úlohy.

V předmětu Mikroprocesorová technika se vyučuje tzv. nižší programovací jazyk, jazyk symbolických adres (Assembler). Vyšší programovací jazyk se učí v jiných předmětech. Výuka je tak vzájemně doplňena s ohledem na pochopení celkové funkce počítače. Pokud někdo má zájem o programování procesoru ve vyšším jazyce a ovládá např. C++ (který se zde vyučuje), snadno si doplní vědomosti. Mikroprocesorová výuka MPT je tedy nejnižším programovacím jazykem na této škole. Studenti tím získají dokonalý průřez programovacích metod.



## **GRAFICKÉ ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ SOUSTAVY SIL**

**Karel Jedlička**

SPŠ Sdělovací techniky  
Panská 3, Praha 1

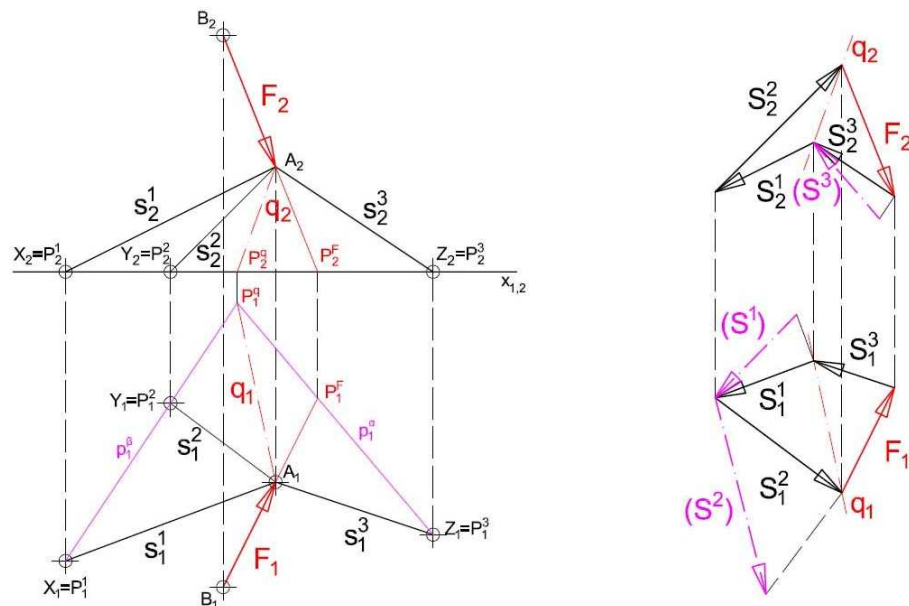
Tato práce se zabývá grafickým řešením prostorových prutových soustav z hlediska výpočtu osových sil v prutech a výpočtu reakcí v podporách. Práce má teoretickou a praktickou - grafickou část.

V teoretické části jsem se zabýval základními vlastnostmi a stavbou prostorových prutových soustav, početním a grafickým řešením prostorové soustavy sil a řešením prostorových prutových soustav pomocí prostorového svazku sil a momentové osy.

Grafická část se skládá z celkem deseti výkresů. První polovina rysů zobrazuje základní metody pro grafické řešení prostorového svazku sil v Mongeově promítání. Druhá polovina potom zobrazuje celkem pět prutových konstrukcí, které se řeší pomocí kombinací předešlých základních úloh a pomocí momentové osy. Všechny rysy mají uveden postup v teoretické části.

V této práci jsem vycházel z elementárních znalostí deskriptivní geometrie - zobrazování bodů, stopy rovin a stopníky přímek a ze základních znalostí mechaniky z oblasti rovinných prutových soustav.

Práce by se dala využít jako dobrovolná nástavbu v předmětech deskriptivní geometrie nebo technická mechanika



Základní úloha na Culmannovu přímku



## **Solární energie a vliv naklonění solárních panelů na jejich účinnost**

**Michal Reiter, Pavel Hořava**

Cyriometodějské gymnázium v Prostějově  
Komenského 17,796 01 Prostějov

### **1. Úvod**

Veškerá energie na Zemi pochází ze slunce ( jeho výkon je  $1,744 \cdot 10^{14}$  kW na celou ozářenou polokouli). Pro naše potřeby by stačilo využít jen malý zlomek této energie. Lidstvo se během staletí naučilo využívat jen část této energie, a to ve formě organického materiálu (např. dřeva) a jeho přeměn (ropa, zemní plyn). Tímto však pokryjeme pouze 75 % své spotřeby. Tento zdroj se ale při stávajícím tempu spotřeby co nevidět stane nedostatkovým a navíc při spalování dochází ke vzniku oxidů uhlíku, síry a dusíku, prach, popílek a odpadní teplo. Dalším často využívaným zdrojem je jádro atomů. Zde však vystává problém, kam s jaderným odpadem. Naděje lidstva se teď upírají na využití ostatní energie Slunce – Obnovitelné zdroje energie tj. energie slunečního záření, vody, větru, biomasy, geotermální a další.

Cílem naší práce je tedy informovat veřejnost o možnostech využití **sluneční energie**, naše návrhy jsou podpořeny vyhodnocením údajů získaných z praktického provozu systému na naší škole. Naší snahou je i případné vylepšení naší školou provozovaného systému **EZS-1200Wp a fototermického systému Megasun ST160ŠK**.

#### **Shrnutí:**

Tato práce se zabývá dvěma zařízeními na výrobu zelené energie, a to:

- fotovoltaickým systémem EZS-1200 Wp.
- fototermickým systémem Megasun ST160ŠK

Cílem práce je:

- popsat využití sluneční energie v podmínkách naší školy
- vyčíslit ekonomický přínos obou systémů na základě údajů získaných z praktického provozu solárních systémů
- navrhnout optimální parametry nastavení systému ( výpočet „ideálního“ naklonění panelů).

### **2. Zapojení teplé vody ze slunečního kolektoru do oběhu teplé vody na naší škole**

Toto zapojení má velkou výhodu v tom, že do qadriky, která ohřívá studenou vodu na určitou teplotu (např.: 50 °C), přichází již kolektorem přehřátá voda. Tedy i při velmi malém slunečním svitu, kdy se voda v kolektoru ohřeje i o nepatrných pár stupňů (např.: o 3 °C), tento systém využívá sluneční svit maximálně. Tím, že do qadriky nepřitéká voda rovnou z vodovodního řadu (např.: 7 °C), ale o ony 3 °C teplejší, šetří nám tento systém zemní plyn, protože qadrika ohřívá vodu o méně stupňů Celsia. Teplotní čidla u kolektoru a u místa, kde voda z kolektoru přitéká do qadriky, řídicí jednotka, čerpadlo a zpětné potrubí tvoří ucelený okruh. Řídicí jednotka ( model STX041Y00, výrobce Campini Corel, [www.campinicorel.it](http://www.campinicorel.it) ) neustále porovnává teploty naměřené čidly. Je-li  $t_2 - t_1 \geq 3$  °C, řídicí jednotka spustí čerpadlo, a to pracuje do té doby, než se voda o teplotě  $t_2$  neposune okruhem do místa čidla  $t_1$ . Tento děj se neustále opakuje, tudíž je zaručeno, že do qadriky přiteče nejteplejší voda z celého okruhu. Náš systém má i tu výhodu, že řídicí jednotka teploty porovnává, nejde tedy de facto o jejich číselné hodnoty, ale o jejich rozdíl (z jakékoli teploty na teplotu o 3 °C vyšší). Čerpadlo je řídicí jednotkou řízeno proto, aby jeho neustálou činností nedocházelo k nechtěné cirkulaci a tím i k ochlazení vody (okruh topné vody v radiátorech).

### 3. Návratnost solárních systémů

Fotovoltaika je jedním z nejrychleji rostoucích odvětví na světě. Očekává se, že během relativně krátké doby budou fotovoltaické panely vyrábět dvacetinu až desetinu celosvětové potřeby elektřiny. Návratnost solárních systémů významně ovlivňuje cena fotovoltaických článků

#### 3.1. Slunce do škol

**Slunce do škol** je název programu 10.A Přílohy II. Směrnice MŽP o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR na opatření v rámci *Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie*.

Tento program byl vyhlášen ministrem Životního prostředí a ministrem Školství mládeže a tělovýchovy v listopadu 1999 a **platí od roku 2000**.

Na podporu alternativních zdrojů energie a na získání základních zkušeností s jejich funkcí poskytuje Státní fond životního prostředí (SFŽP) školám **90 % dotace** na jejich pořízení.

Z této dotace byl financován i fotovoltaický solární systém EZS-1200Wp, instalovaný v budově CMG v Prostějově.

#### 3.2. Návratnost fotovoltaického systému EZS-1200Wp

Celkové pořizovací náklady na fotovoltaický systém EZS-1200Wp dosáhly 441.000,- Kč, škola z této částky zaplatila 10 % tj. 44.100,- Kč.

Za předpokladu, že průměrná spotřeba elektrické energie ve škole bude odpovídat spotřebě za rok 2005, která činila 95,5 MWh a škola za ni zaplatila 178.261,- Kč, můžeme se pokusit spočítat, kdy se vrátí prostředky vložené do pořízení fotovoltaického systému.

Z dat, která jsem měl k dispozici, jsem zjistil, že dodaná energie činí 3 MWh za rok (viz tabulky v Příloze 16). Cena dodané energie vyjádřená v korunách je 12.000,- Kč (za předpoklad ceny 4 Kč za 1 kWh).

Systém ročně spotřebuje na svůj provoz cca 300 kWh, které reprezentují 1200,- Kč. Systém tedy ušetří ročně **10.800,- Kč**.

Výše uvedený výpočet demonstruje, že instalovaný systém se zaplatí za 4 až 5 roků v případě, že počítáme pouze s investicí, kterou zaplatí škola.

### 3.3. Úspornost Fototermického systému Megasun ST160ŠK

Uvedu zde demonstrační výpočet, který ukáže úspornost energie. Vezmeme - li kolektor o objemu 120 l a naplníme ho vodou o teplotě 7 °C.

- Vypočítáme množství tepelné energie potřebné k ohřátí jeho obsahu z 7 °C na 60 °C.
- Převědeme vypočítané množství vyrobeného tepla z kJ na Wh.

Hmotnost vody v zásobníku:  $m = 120 \text{ kg}$

Teplotní rozdíl:  $\Delta t = 60 - 7 = 53 \text{ °C}$

Měrná tepelná kapacita vody:  $c = 4,186 \text{ kJ / kgK} (= 1,163 \text{ Wh / kgK})$

Potřebná tepelná energie na ohřátí:

$$Q = cm\Delta t$$

$$Q = 4,186 * 120 * 53 = 26622,96 \text{ kJ} = 26,623 \text{ MJ}$$

$$Q = 1,163 * 120 * 53 = 7396,68 \text{ Wh} = 7,4 \text{ kWh}$$

Úspora tedy je 7,4 kWh, což při modelové ceně 1,4 Kč za kWh činí 10,- Kč. (cena 1 m<sup>3</sup> je 13,- Kč, 1 m<sup>3</sup> = 10,5 kWh)

## 4. Výpočet ideálního naklonění panelů

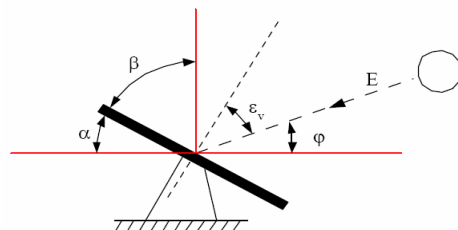
Na to, abychom spočítali ideální naklonění panelů je nutné znát koeficient atmosférické masy ( $AM$ ). Hodnota  $AM$  je určena tloušťkou atmosféry a jejím složením při průniku záření, závisí i na úhlu dopadajícího záření na povrch Země, který je vzájemnou polohou Země a Slunce. Pokud úhel nazveme jako  $\varphi$  tak existuje rovnice:

$$AM = \frac{1}{\sin \varphi}$$

a pro maximální intenzitu záření dopadající na povrch Země zhruba platí:

$$E_{\max} = 1353 * 0,7^{AM}$$

Pro kolmé záření ( $\varphi = 90^\circ$ ) je  $AM = 1$ , což představuje téměř 1000 W/m<sup>2</sup>. Takové podmínky jsou na rovníku (na úrovni mořské hladiny) v den rovnodennosti. Země obíhá okolo Slunce po



téměř kruhové dráze s dobou oběhu 365 dní a náklon její osy od normály roviny oběhu je 23,5°. Pro úhel deklinace  $\delta$  platí:

$$\delta = 23.5^\circ \times \sin\left(2\pi \frac{n-80}{365}\right)$$

kde  $n$  je pořadí dne v roce. Vezmeme – li horizontální rovinu na povrchu Země v zeměpisné šířce  $\phi$  je patrné, že maximální úhel dopadajících paprsků v  $n$ -tém dni v roce je dán vztahem:

$$\varphi_m = 90^\circ - \phi + \delta = 90^\circ - \phi + 23.5^\circ \times \sin\left(2\pi \frac{n-80}{365}\right)$$

Pro podmínky v České republice při  $\phi \approx 50^\circ$  s.š. (v červnu maximální výška Slunce  $\varphi_m = 63,5^\circ$ , v době rovnodennosti  $\varphi_m = 40^\circ$  a v prosinci pouze  $\varphi_m = 16,5^\circ$ ).

Využitelná intenzita dopadajícího záření je pak:

$$E_{\nu\mu z} = E_{\max} \cos \varepsilon_v \cos \varepsilon_h$$

kde  $\varepsilon_h$  je odchylka od optimálního horizontálního naklonění a  $\varepsilon_v$  lze vyjádřit jako:

$$\varepsilon_v = 90^\circ - \alpha - \varphi = \beta - \varphi$$

Shrnující rovnice:

$$E_{\nu\mu z} = 1353 \times 0.7^{\frac{1}{\sin \varphi}} \cos \varepsilon_v \cos \varepsilon_h \text{ W/m}^2$$

Naklonění školních panelů je  $\alpha 45^\circ$ .

Náš vzorec pro výpočet je:

$$E_{\nu\mu z} = 1353 \times 0.7^{\frac{1}{\sin \varphi}} \cos \varepsilon_v$$

$\varphi = 40^\circ$  pro jaro a podzim

$\varphi = 16,5^\circ$  pro zimu

$\varphi = 63,5^\circ$  pro léto

a)  $E = 1353 * 0,7^{(\sin 40^\circ)^{-1}} * \cos 5^\circ$  ;  $\varepsilon_v = 90^\circ - 40^\circ - \alpha = 5^\circ$

$E = 773,85 \text{ W / m}^2$  což je 77,4 % z max možného výkonu. Ideální naklonění v tomto období je  $50^\circ$

b)  $E = 1353 * 0,7^{(\sin 16,5)-1} * \cos 28,5$  ;  $\varepsilon_v = 90^\circ - 16,5^\circ - \alpha = 28,5$   
 $E = 338,68 \text{ W / m}^2$  což je 33,8 % z max možného výkonu. Ideální naklonění v tomto období je  $73,5^\circ$

c)  $E = 1353 * 0,7^{(\sin 63,5)-1} * \cos -18,5$  ;  $\varepsilon_v = 90^\circ - 63,5^\circ - \alpha = -18,5$   
 $E = 861,3 \text{ W / m}^2$  což je 86,1 % z max možného výkonu. Ideální naklonění v tomto období je  $26,5^\circ$

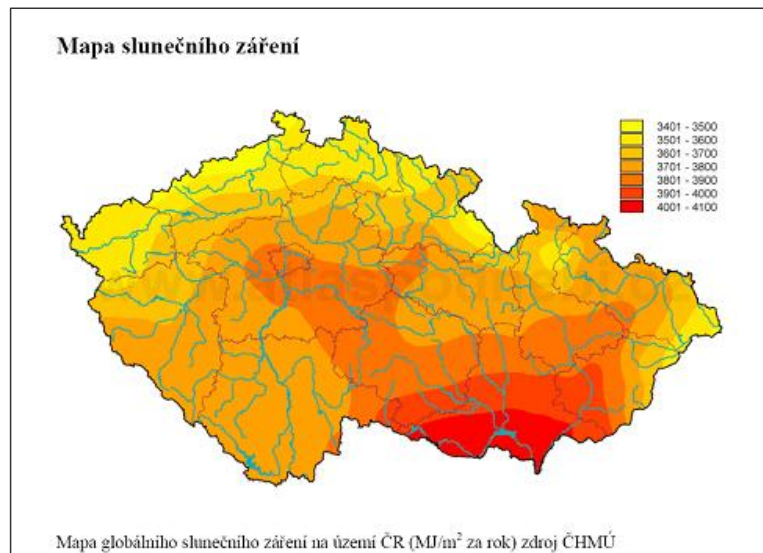
## 5. Závěr

Cílem naší práce bylo zefektivnění solárního systému na naší škole a výpočet návratnosti investic vložených do tohoto systému. Z výpočtů z oddílu 6 nám vyšlo, že fotovoltaický systém ročně ušetří 10.800,- Kč. Návratnost investice školy do tohoto zařízení je asi 4 roky, zatímco návratnost plné ceny je přibližně 44 let (Naše škola dostala dotaci na pořízení tohoto systému 90 % z plné ceny 441 000, pro soukromou osobu se běžná dotace pohybuje v rozmezí 40 – 60 %). Dalšími výpočty jsme zjistili, že je v našich silách zvýšit účinnost panelů na střeše gymnázia, pokud by se k panelům přidal jednoduchý systém na jejich horizontální manipulaci. Účinnost panelů a množství vyrobené energie by se zvedlo o 25 % v jarním a podzimním období a v zimě dokonce o 50 %. Výpočty ukazují, že ideální naklonění v našich podmínkách jsou:  $26,5^\circ$  ;  $73,5^\circ$  ;  $50^\circ$  (léto, zima, jaro viz oddíl 7). Dalším naším úsilím bude možná realizace našich teoretických poznatků v praxi.

Naše škola využívá solární systémy nejen k výrobě elektrické energie, ale také k ohřevu vody. Systém pro ohřev vody Megasun ST160ŠK nám při průměrné spotřebě 120 l ušetří 10 Kč.

Při vypracovávání této práce jsme si uvědomili, jak složitá je problematika obnovitelných zdrojů a nutnost propagovat větší využívání solárních systémů. Obnovitelné zdroje energie jsou, narozdíl od fosilních zdrojů energie, schopny pokrýt potřeby celého lidstva. Do dnešní doby neměla žádná organizace ani stát odvahu vyčíslit ekologické škody způsobené spalováním fosilních paliv. Nicméně poškození je již dnes značné: znečištěné ovzduší, kontaminace půd a vod, kyselá deště atd. Je zřejmé, že lidé tato fakta (raději) nevidí a dál pokračují v devastaci svého okolí.

### Mapa slunečního záření





**Střídač**



**Solární panely na střeše CMG**



