

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
Fakulta strojního inženýrství  
Energetický ústav

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV  
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

NÁVRH KONCEPCE INTELIGENTNÍHO RODINNÉHO DOMKU

Vypracoval: Tibor Stroh

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Štětina

Číslo diplomové práce: VUT-EU-ODDI-33021206

Celkový počet stran: 72

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval samostatně bez cizí pomoci.  
Vycházel jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury,  
uvedené v seznamu..

V Brně dne 2006

.....  
podpis

#### Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Štětinovi za trpělivost při odborných konzultacích a rady, které mi pomohly při tvorbě této diplomové práce.

### **Anotace**

Diplomová práce se zabývá návrhem a koncepcí inteligentního rodinného domku. Inteligentní domek má řízenou regulaci vytápění, ohřevu bazénu solárním systémem s kolektory a elektronické zabezpečení. Seznamuje čtenáře s možnostmi řízení osvětlení a větrání a ukazuje možnost vzájemné spolupráce se všemi systémy. Navrhuje způsob dálkového ovládání a kontroly systémů. V práci je vyhodnocená úspora a návratnost řízeného vytápění.

## Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Inteligentní dům .....	9
2.1	Popis jednotlivých systémů.....	9
3.	Vytápění rodinného domu.....	12
3.1	Výpočet tepelných ztrát.....	12
3.2	Způsob regulace .....	16
3.2.1	Princip činnosti souprav .....	16
3.2.2	Ekvitermní regulace .....	18
3.2.3	Elektronická hlavice.....	20
3.2.4	Oddělená montáž čidla .....	20
3.2.5	Řídící jednotka .....	21
3.3	Vyhodnocení .....	23
3.3.1	Potřeba tepla na ohřev TUV .....	25
3.3.2	Výsledky.....	26
3.4	Optimalizace programu .....	27
3.5	Návrh programů .....	30
3.6	Návratnost systému IRC.....	32
4.	Solární energie.....	33
4.1	Zařízení pro ohřívání vody v bazénech .....	33
4.2	Teplonosné kapaliny .....	34
4.3	Návrh jednoduchého solárního ohřevu bazénu .....	35
4.4	Výpočet .....	37
4.5	Regulace solárního systému .....	39
5.	Elektronický zabezpečovací systém.....	40
5.1	Zabezpečení rodinného domu .....	42
5.2	Požární signalizace.....	46
5.3	Přímé ovládání hlavice (okenní kontakt) .....	47
5.4	Vzdálený přístup pomocí WWW serveru .....	49
6.	Větrání rodinného domu.....	50
7.	Řízení osvětlení .....	52
8.	Závěr.....	54
9.	Seznam použité literatury.....	55

## Seznam veličin

Značka	Veličina	Značka jednotky
c	měrná tepelná kapacita	J/kg.K
$I_{stř}$	střední intenzita slunečního záření	W/m <sup>2</sup>
k	součinitel tepelné ztráty	W/m <sup>2</sup> .K
k	součinitel prostupu tepla	W/m <sup>2</sup> .K
m	hmotnost	kg
n	počet dní	-
p <sub>1</sub>	přirážka na vliv chladných stěn	-
p <sub>2</sub>	přirážka na urychlení zátopy	-
p <sub>3</sub>	přirážka na světovou stranu	-
$i_{LV}$	Součinitel spárové průvzdušnosti	m <sup>2</sup> /s.Pa <sup>-0,67</sup>
q <sub>s</sub>	tepelný tok sáláním	W/m <sup>2</sup>
r	výparné teplo	J/kg
t <sub>e</sub>	venkovní teplota	°C
t <sub>i</sub>	vnitřní teplota	°C
t <sub>w</sub>	teplota vody v bazénu	°C
t <sub>v</sub>	teplota okolního vzduchu	°C
t <sub>k</sub>	teplota vody v kolektoru	°C
t <sub>ez</sub>	teplota přilehlé zeminy	°C
Q	energie	W
Q <sub>c</sub>	celková tepelná ztráta	W
Q <sub>o</sub>	základní tepelná ztráta prostupem	W
Q <sub>p</sub>	ztráta prostupem tepla	W
Q <sub>v</sub>	větráním	W
Q <sub>z</sub>	trvalý tepelný zisk	W
Q <sub>ztr</sub>	tepelná ztráta přestupem	W
Q <sub>spotř</sub>	spotřeba tepla	W
Q <sub>s den teor</sub>	Teoretické množství energie dopadající na plochu	W
Q <sub>k měs</sub>	energie zachycená kolektory za měsíc	W
S	plocha	m <sup>2</sup>
S <sub>K</sub>	plocha kolektorů	m <sup>2</sup>
V <sub>v</sub>	objemový tok větracího vzduchu	m <sup>3</sup> /s
x <sub>w</sub>	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě t <sub>w</sub>	kg / kg <sub>s.v.</sub>
x <sub>v</sub>	měrná vlhkost okolního vzduchu	kg / kg <sub>s.v.</sub>
α	součinitel přestupu tepla	W/m <sup>2</sup> .K
α <sub>celk</sub>	celkový součinitel přestupu tepla	W/m <sup>2</sup> .K
α <sub>s</sub>	součinitel přestupu sáláním	W/m <sup>2</sup> .K
α <sub>k</sub>	součinitel přestupu konvekcí	W/m <sup>2</sup> .K
α <sub>vvp</sub>	součinitel přestupu tepla při vypařování vody	W/m <sup>2</sup> .K
η <sub>K</sub>	stupeň využití kolektoru	-
λ	součinitel tepelné vodivosti	W/m.K
ρ	hustota tekutiny	kg/m <sup>3</sup>
φ	relativní vlhkost vzduchu	-
τ <sub>skut</sub> / τ <sub>teor</sub>	Poměrná doba slunečního svitu	-

## 1. Úvod

Automatizace budov rodinných domů a bytů se v mnoha zemích Evropy zavádí z důvodů optimalizace komfortu ovládání přístrojů v domácnosti a optimalizace bezpečnosti. Dalšími přínosy jsou úspora energie, funkce centrálního ovládání a signalizace poplachu.

Automatizace budov zcela určitě není přehnaný luxus. Systém automatizace dokážou mnohem víc, než pouze otevřít garážová vrata, když přijedete domů. Zaručí vám citelné zvýšení komfortu, bezpečnosti a také úspory energie - vše při jednodušším projektování systému ovládání spotřebičů a při vysoké provozní spolehlivosti.

Je to lákavá představa vytvořit si inteligentní domácnost, která uživateli přináší, snadnou správu většiny funkcí domácnosti a zároveň zajišťuje ucelený přehled výdajů a energetických nákladů domácnosti. Zároveň se podílí na šetření energií a zajištění vysokého stupně ochrany majetku a bezpečí osob užívajících takovou domácnost.

Zajímavá otázka je, jak takového cíle dosáhnout při co nejnižších nákladech na pořízení jednotlivých komponent a jak vše proměnit v účinný funkční systém. Určitě na trhu působí firmy, které vše vytvoří na zakázku, ale pak se celková cena může vyšplhat do astronomických výšin.

Důležité je předem si rozmyslet co od takového systému budeme vlastně očekávat, dá se vytvořit dálkově ovladatelný systém, jenž jde řídit třeba prostřednictvím mobilního telefonu, nebo pomocí internetu.

Dále je třeba zvážit co vše bude naše inteligentní domácnost obsahovat a co chceme pomocí ní řídit, zde budeme limitováni asi nejvíc prostředky, které jsme ochotni do takového systému investovat. Zajímavá je i samozřejmě částka, kterou budeme schopni díky našemu systému uspořít.

Úspora takového systému spočívá v monitorování výdajů domácnosti, zejména energetických a co možná nejlepším zefektivnění využívání energetických zdrojů. Například budeme-li měřit teplotu v místnosti tepelným senzorem napojeným přes pult centrální ochrany, který je propojen s domácím počítačem, kde se v grafu budou zaznamenávat, denní a noční teploty v dané místnosti, budeme schopni určit, kdy bylo topení zapnuto zbytečně a nastavit samoregulační systém, tak aby nedocházelo k přebytečným nákladům na topení v době, kdy se v místnosti nikdo nevyskytuje.

Co vlastně všechno může naše inteligentní domácnost obsahovat? Z hlediska energií je to měření hodnot u topeních systémů, ovládání termostatů zapínání a vypínání tepelných zařízení dle potřeb a tím minimalizace nákladů při dosažení dobrého komfortu bydlení. Dále, monitorování výdajů na elektrickou energii, ovládání domácích spotřebičů zefektivnění a úspora v užívání. Neměly by chybět prvky zvyšující bezpečnost domu, požární snímače, kouřová čidla, alarm domácnosti s pohybovými čidly vně i uvnitř domu doplněno kamerovým systémem, zajišťující bezpečnost domu, který se dá využít třeba i jako **baby control**, kdy při práci u PC můžete sledovat v malém rámečku vaší malou ratolest, jak v klidu spí a nemusíte se ničím znepokojovat.

## 2. Inteligentní dům

Aplikace nazývané Inteligentní domy jsou význačným vývojovým trendem v oblasti využívání budov ve vyspělém světě. Jsou to aplikace, které s pomocí sítě měřících, akčních a komunikačních prvků, počítače a programového vybavení, dokáží rychle, předvídavě, úsporně a účelně řídit požadované činnosti v domě z jednoho centra. Navíc mohou zpracované údaje zprostředkovat na libovolně vzdálené místo.

Při realizaci dosud známých aplikací se dával důraz buď na stránku vnitřní a vnější komunikace, na koordinaci funkcí různých domácích spotřebičů, na ovládání provozních a varovných stavů v budovách nebo na ovládání technologií budov. Zde předkládaná řešení jádro činnosti inteligentního domu koncentrují do oblasti inteligentního řízení vytápění, kde přináší největší úspory. Jedním z hlavních úkolů takového systému je sladění chodu všech zdrojů energií tak, aby pracovaly v optimálním provozu a současně maximálně ekonomicky. To je důležité zejména pro provoz tepelného čerpadla a solárních kolektorů.

Neméně důležitým úkolem pro tento systém je řízení tepelné pohody v jednotlivých místnostech dle skutečné potřeby v čase. To umožňují elektronické hlavice na termostatických ventilech u radiátorů nebo v rozdělovačích podlahového vytápění. Hlavice obsahují čidlo teploty, vyhodnocovací jednotku a pohon pro ovládání ventilu. Na základě porovnání skutečné a požadované teploty provede pohon nastavení ventilu.

Inteligentní souhra zdrojů a spotřebičů, která je nepřetržitě optimalizována, se dosahuje největších úspor energie. Dalším aspektem těchto aplikací je schopnost získat data, zpracovat je a následně přenést i na vzdálené místo k uživateli. Tyto aplikace jsou pak základem pro energetickou správu budov, kdy každý nesoulad mezi předpokládanou potřebou energie a skutečnou spotřebou spustí celou řadu opatření k nápravě. Využití dat pro ekonomické potřeby, jako je rozúčtování nákladů mezi jednotlivými odběrateli, je dostatečně využíváno již nyní. Nová však je možnost využít tato data jako podklad pro projektování následných cílených opatření v oblasti snižování energetické náročnosti budov. Množství možností využití je tedy natolik široké, že není omezeno ani velikostí či typem aplikace. Jedno z mnoha řešení inteligentní elektroinstalace domu je od firmy Moeller na obrázku 2.1.

### 2.1 Popis jednotlivých systémů

#### Regulace tepla a klimatizace

Systémy regulace teploty zabraňují neekonomickému vytápění, jako je přetápění místností či vytápění nepoužívaných prostor. V každé místnosti je termostat, který spíná v nastavených časových okamžicích a tím řídí přívod tepla. Tím odpadá manuální otvírání a zavírání ventilů topení. Navíc může být systém nastaven tak, že pokud jsou otevřena okna, dojde k okamžitému uzavření ventilů topných těles. Obdobně jako vytápění lze ovládat klimatizaci. Na vytápění a ohřívání vody lze použít alternativní zdroje energie (sluneční kolektory, tepelná čerpadla).

#### Žaluzie a markýzy

Pokud jsou v systému zapojeny žaluzie, elektronicky se natáčí podle intenzity slunečního záření či podle teploty v místnosti. Tím pomáhají regulovat osvětlení v místnosti a především teplotu. Např. v létě v prostorách, které slunce příliš oteplí, pomáhají snížit náklady za klimatizaci. Při silném větru nebo bouři zajistí snímač rychlosti větru včasné stažení žaluzií a markýz a tím je ochrání před poškozením. Pokud „nebezpečí“ pomine, vrátí se ihned do normálního stavu.

## Osvětlení

Regulací osvětlení je možno vytvářet světelné kulisy, stmívat nebo jen spínat světlo či skupiny světel, a to v závislosti na denní době, využitelnosti místnosti v daném čase. Tím se opět šetří značná část energie.

## Zabezpečovací, přístupový, požární a kamerový systém

Součástí inteligentního domu jsou samozřejmě zabezpečovací, přístupový a požární zařízení, včetně kamerového systému. Jsou zapojeny na společnou sběrnici s ostatními přístroji a umožňují hlídání jak centrálně, tak pouze určitých prostor. Pokud je dům navštíven „nezvanou návštěvou“ nebo vypukne požár, systém automaticky uvědomí nejen hasiče či polici, ale i majitele, a to např. SMS zprávou.

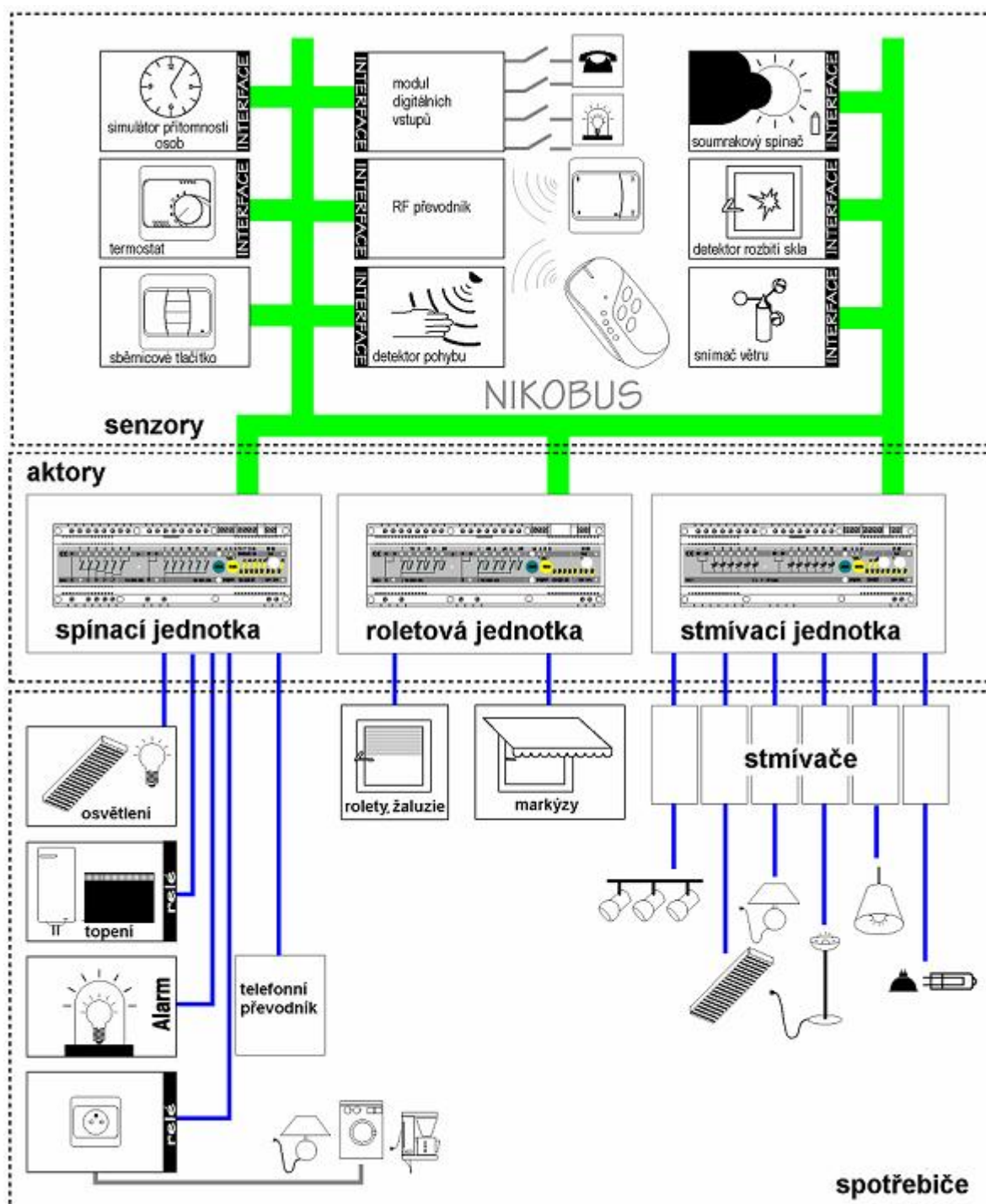
Elektronický zabezpečovací systém slouží k zabezpečení budov a venkovních objektů. Systém včas signalizuje narušení a tím dochází k minimalizaci škod. Skládá se z detektorů, které zaznamenají narušení objektů; ústředny, která vyhodnocuje signály z detektorů a z ovládacích panelů, pomocí nichž uživatelé systém obsluhují. Systémy umožňují přenášet hlášení o narušení objektů do vzdálených míst.

Elektronická požární signalizace (EPS) slouží k detekci vznikajícího požáru nejen v objektech, kde je EPS vyžadována, ale i v jakýchkoli jiných prostorách na přání majitele. Včasnou detekcí požáru je možno předejít ohrožení životů a zdraví osob i značným škodám na majetku. EPS je možno připojit na pult centrální ochrany.

Kamerové systémy slouží zejména k rychlému prozkoumání terénu a pohybu osob, ověřování SPZ automobilů, identifikaci předmětů. Jsou instalovány většinou jako doplněk systému elektrické zabezpečovací signalizace, případně systému kontroly přístupu a prostřednictvím řídicího softwaru jsou vzájemně propojeny v systému integrovaného zabezpečení objektu.

Pokud dojde k trestné činnosti nebo když je odhalena až následně po spáchání trestného činu, stává se kamerový systém významným prvkem v systému zabezpečení, neboť s pomocí videozáznamu je možné identifikovat pachatele.

Kamerové systémy se stávají stále častějším doplňkem našeho života i v případě hlídání venkovních prostor. Jsou určeny pro trvalý dozor např. na parkovišti, k zajištění bezpečnosti obyvatel, monitorování ulic, objektů, skladových prostorů. Jsou na ně kladeny vyšší nároky než v domácím prostředí, jak z pohledu kvality snímaného obrazu, provozu za zhoršených světelných podmínek, tak i požadavků na následné zpracování videosignálu a způsobu oznámení pohybu v zájmových zónách. Ke zpracování přenášeného videosignálu se využívá výpočetní techniky. Snímaný obraz je přenášen „drátovými nebo bezdrátovými“ kamerami do TV přijímače, videa nebo počítače. Ten ve spojení se speciálními tzv. "zachytávacími" videokartami do PC umožňuje nejen vlastní záznam videa a případné vyvolání poplachu při pohybu ve sledovaném prostoru, ale i dálkový dohled pomocí připojení přes vnitřní počítačovou síť ve firmě, z domova, případně kteréhokoliv místa ve světě. Použit lze jak vytáčené připojení (analogový modem, ISDN linky, ADSL připojení apod.), tak i ostatní alternativní připojení k internetu. Další možností je i trvalé zobrazení sledovaných prostor na www stránkách, většinou používané pro prezentační nebo reklamní účely.



Obr. 2.1: systém inteligentní elektroinstalace Nikobus

### 3. Vytápění rodinného domu

Pro zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí jsou stanoveny při navrhování a ověřování obytných objektů, tedy i rodinných domků, určité funkční požadavky, dané normou ČSN 730540/1994 Tepelná ochrana budov. Dodržení těchto funkčních požadavků zajišťuje v budovách zejména prevenci tepelně technických poruch, tepelnou pohodu uživatelů, požadovaný stav vnitřního prostředí pro technologické činnosti a nízkou spotřebu energie při provozu budov. Dále tyto požadavky zohledňují šíření tepla, vlhkosti a vzduchu konstrukcí, tepelnou stabilitu a energetické kritérium.

Potřeba tepla obecně je tepelný tok (výkon), potřebný pro vytápění místností nebo budov při podmínkách stanovených normou ČSN 060210/1994 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Potřeba tepla je tedy totožná s celkovou tepelnou ztrátou  $Q_c$  podle výše uvedené normy. Tato norma stanoví tepelné ztráty pro nejnižší venkovní výpočtovou teplotu vzduchu  $t_e$  v dané oblasti. Pro Brno a okolí je tato teplota  $t_e = -12$  °C.

Třípodlažní rodinný dům je v řadové zástavbě, má tři okna orientované na severovýchod, pět oken orientovaných na jihozápad a jedno okno orientované na severozápad. Na půdě jsou orientována tři okna na jihozápad a tři na severovýchod. Vytápění zajišťuje dvoutrubková, teplovodní otopná soustava s plynovým kotlem a otopnými tělesy KORADO. Regulační systém je typu IRC (INDIVIDUAL ROOM CONTROL – Individuální řízení jednotlivých místností) od firmy ETATHERM. Teplá užitková voda se vyrábí v plynovém kotli BAXI LUNA 240i. Podrobné specifikace kotle jsou v příloze č.1.

#### 3.1 Výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet tepelných ztrát se řídíme podle normy ČSN 06 0210/1994 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Je to norma závazná. Výpočet tepelných ztrát podle této normy má hlavně ten účel, aby u tradičních otopných soustav omezil nadměrné dimenzování, popř. poddimenzování otopného zařízení. Lze říci, že změna hodnot tepelných ztrát  $\pm 10$  % není v provozu otopného zařízení patrná, a že tato okolnost určuje i požadavek na přesnost jednotlivých veličin.

Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou nutné tyto předpoklady:

- situační (polohopisný) plán, ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terénních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větru;
- půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními skladebnými (popř. světlými) rozměry, včetně rozměrů oken a dveří (nejméně v měřítku 1:100);
- řezy budovou s udáním hlavních světlých a konstrukčních výšek podlaží;
- tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540-3:1994;
- součinitel spárové průvzdušnosti oken  $i_{LV}$  (ve smyslu ČSN 73 0540-3:1994  $i_{LVp}$ ) a součinitele prostupu tepla oken a dveří  $k$  (ve smyslu ČSN 73 0540-3:1994  $k_{ok,p}$ ), popř. údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty místnosti infiltrací;
- údaje o druhu (účelu) místností;
- údaje o teplotách. Pro volbu výpočtové venkovní teploty  $t_e$  je možno použít tabulku uvedenou v normě ČSN 06 0210/1994, nebo lépe údaje nejbližší hydrometeorologické stanice. Výpočtové vnitřní teploty  $t_i$  se volí podle tabulky ve výše uvedené normě v souladu s hygienickými předpisy nebo na základě výslovného požadavku investora. V tomto případě však musí být tato skutečnost v projektu uvedena. Teplota v sousedních nevytápěných místnostech se volí taky dle tabulky uvedené ve výše zmiňované normě.

Místnosti označíme (očíslovíme) tak, že začínáme na výkrese v levém horním rohu a postupujeme ve směru hodinových ručiček, začínáme s místnostmi obvodovými a končíme s místnostmi vnitřními. Každou místnost počítáme zvlášť, stěny v místnosti probíráme opět jednu po druhé a končíme stropem a podlahou. Při „ručním“ výpočtu jsou dílčí výsledky zaokrouhlovány, a to následovně: tepelné ztráty jednotlivých stěn na 5 a 10 W, dílčí hodnoty tepelných ztrát na 10 W, celková tepelná ztráta místnosti do 500 W zaokrouhlíme na 10 W a přes 500 W na 50 W. Za rozměry pro výpočet tepelné ztráty se uvažují vnitřní (světlé) rozměry, s výjimkou výšky venkovních ochlazovaných stěn, kde se uvažuje konstrukční výška podlaží, tj. včetně výšky konstrukce stropu. Nejprve je ovšem nutné pro každou stěnu (strop, podlahu) určit její součinitel prostupu tepla  $k$ . Tento spočítáme pomocí vzorce pro prostup tepla přes složenou rovinou stěnu:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{S_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}] \quad (3.1)$$

kde  $\alpha$  je součinitel přestupu tepla z vnitřní a venkovní strany stěny,  
 $S$  je plocha stěny,  
 $\lambda$  je součinitel tepelné vodivosti, hodnoty pro jednotlivé materiály viz norma ČSN 73 0540-3

Celková tepelná ztráta je pak dána vztahem:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{W}] \quad (3.2)$$

kde  $Q_p$  je ztráta prostupem tepla,  
 $Q_v$  je tepelná ztráta větráním,  
 $Q_z$  je trvalý tepelný zisk

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $Q_p$  se určí podle vztahu:

$$Q_p = Q_o(1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (3.3)$$

kde  $Q_o$  je základní tepelná ztráta prostupem tepla,  
 $p_1$  je přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí,  
 $p_2$  je přírážka na urychlení zátopy,  
 $p_3$  je přírážka na světovou stranu.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo od sousední místnosti.

$$Q_o = \sum k_j S_j (t_i - t_{ej}) \quad [\text{W}] \quad (3.4)$$

kde  $S_j$  je ochlazovaná část stavební konstrukce,  
 $t_i$  je výpočtová vnitřní teplota,  
 $t_e$  je výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce.

Tepelná ztráta prostoru větráním se stanoví ze vztahu:

$$Q_V = 1300 \cdot V_v(t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.5)$$

kde  $V_v$  je objemový tok větracího vzduchu.

V tabulce 3.1 je příklad výpočtu tepelné ztráty pro místnost 101 – kuchyň. V tabulce 3.2 jsou jednotlivé ztráty: základní tepelná ztráta prostupem, tepelná ztráta prostupem, ztráta větráním a celková tepelná ztráta. Trvalý tepelný zisk v této místnosti není žádný.

Pokud máme k dispozici hodnoty teplot vzduchu v jednotlivých místnostech a hodnoty teplot venkovního vzduchu, můžeme dostat omnoho přesnější výsledek tepelné ztráty. Tyto hodnoty potřebujeme mít pro každou hodinu a pro každý den v měsíci. Teploty vzduchu místností dosazujeme jako skutečné hodnoty  $t_i$  (průměrná teplota za hodinu) a stejně tak i teplotu venkovního vzduchu  $t_e$  do tabulky pro výpočet tepelných ztrát (viz tab. 3.1). Dosazujeme rozdíl teplot pro každou zeď tak jak je to zvýrazněno v tabulce. To znamená, že musíme znát nejen hodnoty teplot venkovního vzduchu, ale i hodnoty teplot vzduchu v okolních místnostech a stejně tak i hodnoty teplot vzduchu v místnostech nad i pod počítanou místností.

Tab. 3.1 Výpočet tepelné ztráty místnosti 101

místnost	označení stěny	tloušťka stěny	plocha stěny				základní tepelná ztráta					přirážky				
			délka	šířka nebo výška	plocha	počet otvorů	plocha otvorů	plocha bez otvorů	součinitel	rozdíl teplot	$k \Delta t$	tepelná ztráta	na vyrovnání vlivu chladných stěn	na urychlení zátoku	na světovou stranu	$1+p_1+p_2+p_3$
									$k$	$\Delta t$						
cm	m	m	$m^2$	$m^2$	$m^2$	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$	K	$\text{Wm}^{-2}$	W							
101	SN	23	3,5	2,9	10,15	0	0	10,15	1,19	<b>0</b>	0	0	kc			
	SN	30	4,15	2,9	12,03	1	1,7	10,33	1,55	<b>-0,5</b>	-0,8	-8,0	0,3			
	DN		0,85	2	1,7	0	0	1,7	2	<b>-0,5</b>	-1	-1,7				
	SN	15	3,5	2,9	10,15	0	0	10,15	2,21	<b>6,7</b>	-14,8	150,3				
	SN	45	2,8	2,9	8,12	1	2,43	5,69	1,19	<b>26,8</b>	31,9	181,3				
	DN		0,9	2,7	2,43	0	0	2,43	2	<b>26,8</b>	53,6	130,1				
	SO	45	1,4	3,3	4,62	1	1,62	3	1,41	<b>26,8</b>	37,8	113,3				
	O															
	D		0,9	1,8	1,62	0	0	1,62	1,4	<b>26,8</b>	37,5	60,7				
	Pdl	40	3,5	4,15	14,52	0	0	14,52	0,23	<b>14</b>	3,2	46,8				
	Str	40	3,5	4,15	14,52	0	0	14,52	0,23	<b>7</b>	1,6	23,4				
								74,12					0,04	0	-0,05	0,9

Tab. 3.2 Tepelné ztráty místnosti 101

$Q_o =$	696,144
$Q_p =$	692,216
$Q_v =$	40,7272
$Q_z =$	0
$Q_c =$	732,943

K určité nepřesnosti může docházet, když potřebujeme znát hodnotu teploty přilehlé zeminy, když počítáme místnost nad ní. V tomto případě musíme uvážit nakolik jsou hodnoty uvedené v normě ČSN 06 0210/1994 nadhodnoceny. Norma uvádí, že při výpočtu tepelné ztráty prostupem nepodsklepených podlah přízemních místností a hal přiléhajících k zemině se uvažuje s průměrnou teplotou zeminy  $t_{gr} = +10 \text{ °C}$ . Při výpočtu tepelné ztráty prostupem ostatních konstrukcí přilehlých k zemině sklepních místností částečně nebo zcela pod úrovní okolního terénu se uvažuje s teplotou přilehlé zeminy  $t_{gr}$  podle tabulky 3.3, se kterou se počítá jako s výpočtovou venkovní teplotou  $t_e$ .

Tab. 3.3 Teplota přilehlé zeminy ke stavebním konstrukcím

Poloha přilehlé vrstvy zeminy	Teplota přilehlé zeminy $t_{ez}$ (°C) při výpočtové venkovní teplotě $t_e$			
	-12 °C	-15 °C	-18 °C	-21 °C
Pod podlahou u svislé stěny	+5	+5	+5	+5
- do hloubky 1	-3	-3	-6	-6
- v hloubce 1 až 2 m	0	0	-3	-3
- v hloubce 2 až 3 m	+3	+3	0	0
- v hloubce přes 3 m	jako pod podlahou			

Tyto hodnoty ovšem musíme chápat jako hodnoty pro výpočtovou venkovní teplotu, která nastává jenom pár dní v roce. Skutečné hodnoty jsou vyšší a určíme je přibližným odhadem v závislosti na průměrné venkovní teplotě v topném období pro danou lokalitu a tabulky 3.3. K další nepřesnosti se dopoušíme, když neznáme teplotu sousedních místností vedlejšího objektu v případě řadové zástavby. Tady musíme opět odhadnout teplotu vzduchu dle toho, k čemu místnost ve vedlejším objektu slouží. Norma ČSN 06 0210/1994 uvádí výpočtovou vnitřní teplotu  $t_i$  ve vytápěných místnostech, ovšem ve skutečnosti jsou tyto hodnoty vyšší ve většině případů a proto můžeme počítat s hodnotami, které jsem uvedl v tabulce 3.4.

Tab. 3.4 Teploty ve vytápěných místnostech

Druh vytápěné místnosti	Teplota vytápěné místnosti $t_i$ [°C]
koupelna	24
pracovna, obývací pokoj, ložnice, kuchyň, WC, hala	23
předsíň, chodba, schodiště, prádelna	19
zádveří	17
garáž	10

Výpočet provádíme tedy postupným dosazováním rozdílu aktuální vnitřní teploty a teploty v sousední místnosti (příp. venkovní teploty) pro každou zeď v místnosti včetně stropu a podlahy. Stejným způsobem pokračujeme u všech místností v celém objektu. Výsledkem je pak tepelná ztráta objektu pro danou hodinu. Celodenní tepelnou ztrátu spočítáme jako součet tepelných ztrát každé hodiny. Stejně tak spočítáme týdenní a měsíční tepelnou ztrátu objektu. Hodnoty teplot venkovního vzduchu za celý rok můžeme získat z hydrometeorologického ústavu a nebo vlastním měřením. Hodnoty teplot vzduchu ve všech místnostech musíme měřit alespoň po dobu, pro kterou počítáme tepelnou ztrátu.

### 3.2 Způsob regulace

V každém objektu lze zpravidla nalézt místnosti, které nejsou využívány po celý den. Také potřebné teploty místností v průběhu dne bývají rozdílné - podle způsobu jejich využívání. Tyto rozdílné požadavky na jedinou otopnou soustavu řeší systémy známé pod označením **IRC - INDIVIDUAL ROOM CONTROL**, které zabezpečují programově řízené vytápění jednotlivých místností podle individuálních požadavků.

Příkladem může být rodinný domek, kde je ráno třeba přitopit v ložnici (na vstávání), kuchyni a jídelně (na snídani) a pak je možný celkový teplotní útlum, protože všichni obyvatelé odcházejí do zaměstnání. Odpoledne se vytápí na příjemnou teplotu obývací pokoj, k večeru se přidá kuchyně a jídelna. Před spaním se zvýší teplota v koupelně (večerní hygiena) a podle potřeby a zvyku také v ložnici. Ostatní nevyužívané místnosti mají zařazen vhodný (a zpravidla různý) teplotní útlum.

Systém se může uplatnit i pro jiné aplikace jako jsou objekty s víceméně pevnou pracovní dobou nebo rozvrhem - administrativní objekty, školy, školky, výrobní provozy atd. Zde je možno vytápět přesně podle stanovených regulí. Zvláštním příkladem jsou hotely, penziony a rekreační chaty, které jsou obsazovány různě - podle aktuálního počtu návštěvníků. Zde se s výhodou využívá centrálního řízení personálním počítačem (v recepci).

Všechny uvedené případy a mnoho dalších řeší regulační souprava ETATHERM. Součástí regulačního procesu je samozřejmě také měření skutečných teplot v místnostech; regulace tedy zohledňuje i cizí tepelné vlivy jakými jsou: oslunění, teplo uvolňované v kuchyni při vaření, teplo uvolňované přítomností osob nebo provozem různých zařízení. Regulace také částečně kompenzuje nevhodně navržené tepelné rozvody, výkony otopných těles či různé účinné tepelné izolace budov.

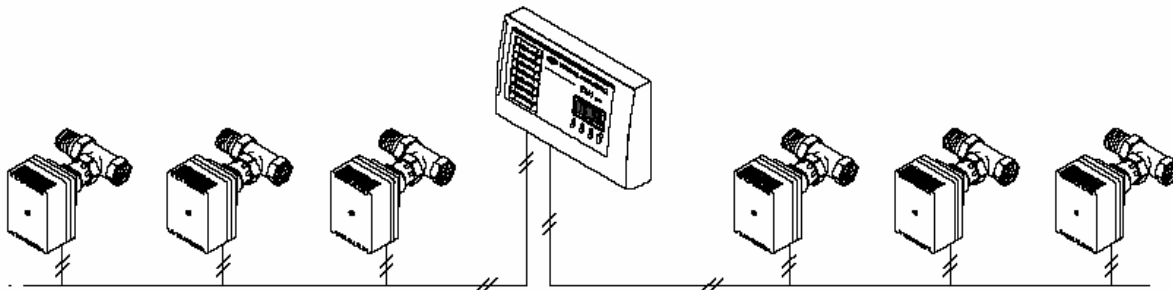
#### 3.2.1 Princip činnosti souprav

V řídicí jednotce si uživatel naprogramuje teplotní režimy jednotlivých místností. Pro každou místnost a každý den v týdnu je možno sestavit program sestávající až z osmi různých časových úseků s různými teplotami. Časové úseky je možné nastavovat s rozlišením 15 minut a teploty s rozlišením 1 °C v rozsahu 6 ÷ 35 °C. K dispozici jsou i jiné režimy (operativní změny, udržovací režimy pro zimní dovolenou atd.).

Řídicí jednotka opakovaně (v cyklu 4 minut) vysílá na koncové členy (elektronické hlavice nebo koncové moduly) informace o aktuálních teplotách. Koncový člen tuto informaci přijme, srovná ji s údajem vlastního čidla prostorové teploty (které je součástí hlavice, ale může být také montováno odděleně) a podle vyhodnocené odchylky rozhodne o regulačním zásahu, který případně vzápětí provede. U teplovodních systémů se jedná o plynulé přivírání či otevírání radiátorového ventilu, u elektrických topidel o sepnutí či rozepnutí relé (umístěné v instalační krabici zpravidla poblíž topidla). Po dalších čtyřech minutách přichází z řídicí jednotky ke koncovému členu aktualizovaná (pokud nedošlo ke změně programu tak stejná) požadovaná teplota a celý děj se opakuje. Řídicí jednotka může též vysláním speciálního dotazu zjistit skutečnou teplotu na dané adrese a zobrazit ji na displeji, případně využít k jiným činnostem.

Přenos dat i napájení z řídicí jednotky ke koncovým členům probíhá po dvou vodičové sběrnici - nestíněné dvojlince (viz. Obrázek 3.2), ke které jsou členy připojeny - a to až pro 8 adres. Jedna řídicí jednotka může řídit 16 adres prostřednictvím dvou větví sběrnice: levá větev dvojlinky řídí adresy 1 ÷ 8, pravá větev adresy 1 ÷ 8 (celkem 16). Komunikační a napájecí sběrnice je tvořena dvěma vodiči; napětí mezi vodiči je cca 9,2V, proud nepřesáhne 0,5 A, při zkratu nedojde k poškození komponentů soupravy. Pro zvýšení odolnosti vůči vnějšímu rušení se pro vedení sběrnice doporučuje kroucený dvojvodič (nestíněný). K zabezpečení spolehlivého přenosu všech informací je nutno při instalaci zajistit, aby odpor

sběrnice měřený od řídicí jednotky k nejbzdálenějšímu koncovému členu nebyl větší než 8 ohmů (měřeno na vstupu příslušné větve sběrnice, konec sběrnice v místě nejbzdálenějšího koncového členu zkratován). Regulační souprava je z hlediska elektrické bezpečnosti přístrojem třídy II. Instalace sběrnice je tedy relativně snadnou záležitostí srovnatelnou s rozvodem telefonu.



**Obr. 3.2: zapojení systému ETATHERM**

příklady kabelů:

- U 2x0,5 ČSN 34 7711 (max. 40 m / větev), průměr izolace žíly cca 2 mm
- U 2x0,8 ČSN 34 7711 (max. 100 m / větev), max. průměr izolace žíly 1,8 mm
- U 2x1 ČSN 34 7711 (max. 150 m / větev), max. průměr izolace žíly 2 mm

Pro odbočky od sběrnice k hlavicím je vhodné použít vodič nejvýše rozměru 2x0,5 mm nebo ekvivalentní lanko, pro které jsou určeny průchody krytů hlavic. K odbočení přívodů ke koncovým členům ze sběrnice lze použít spojky TS (pro vodiče o průměru žíly 0,4 ÷ 0,9 mm, max. průměr izolace 2,03 mm)

Aby komunikace mezi řídicí jednotkou a koncovými členy byla jednoznačná, musí mít koncové členy svoje adresy. Ty jsou určeny propojkou na desce elektroniky koncového členu (provedení 1 ÷ 4) a polaritou připojení sběrnice (tedy celkem 8 kombinací na každé větvi). Na jedné adrese mohou být až 3 koncové členy.

Elektronické hlavice je možné montovat na armatury ventilů COTERM, COMAP, (SAM), HERZ, DANFOSS, HEIMEIER a některé další. Řídicí jednotky ETH 1 jsou vybaveny porty pro připojení PC. Počítač pak může sloužit jak k monitorování, tak programování či jinému ovládání řídicí jednotek. Tato přednost vynikne zejména u velkých objektů, kde je možno centrálně řídit soupravu s více řídicími jednotkami (hotely, administrativní budovy, ...).

Řešení otopné soustavy při aplikaci regulace nesoučasného vytápění je obdobné jako u jiných soustav s množstevní regulací, např. termostatickými ventily. Přesnost a vysoká dynamika regulace ETATHERM přitom však velmi často příjemně kompenzuje některé - jinak mnohem obtížněji řešitelné - nedostatky vlastní otopné soustavy (předimenzované radiátory, určité hydraulické nevyvážení ... atd.). Stejně jako při aplikaci termostatických ventilů je nutné kontrolovat maximální diferenční tlak, neboť při dosažení žádané teploty ventily částečně nebo zcela uzavírají průtok média. Diferenční tlak nesmí dosáhnout hodnot, které způsobují hluk ventilů (podle konstrukce otopných soustav se tyto hodnoty pohybují od 2kPa do 15kPa). K nastavení a stabilizaci diferenčního tlaku lze využít různých způsobů. Mezi nejpoužívanější patří:

- Samoregulační oběhové čerpadlo  
Na trhu je k dispozici řada elektronicky samočinně regulovatelných oběhových čerpadel (Wilo, Grundfos), která udržují v otopné soustavě konstantní tlak nezávisle na proměnném hydraulickém odporu soustavy. Se snižujícím se výkonem čerpadla klesá také elektrický příkon.
- Přepouštěcí (obtokový) ventil - regulátor diferenciálního tlaku  
V případě, že není žádoucí výše uvedené řešení (např. proto, že je instalováno neregulované čerpadlo - třeba i jako pevná součást kotle), je možné shuntové zapojení s regulátorem diferenčního tlaku (neboli přepouštěcím či obtokovým ventilem). Vyrábí Comap (872), Heimeier (Hydrolux), Danfoss (AVDO), TA Hydronics (BPV) atd.
- Automatický regulátor diferenčního tlaku  
Regulátor diferenčního tlaku se montuje zpravidla do zpětného potrubí. Jde o ventil s ovládáním průtoku membránou, která registruje tlak v přívodním potrubí vnější impulsní trubicí (připojenou přímo či prostřednictvím měřicího ventilu) a tlak ve zpětném potrubí vnitřní impulsní trubicí. Výsledný diferenční tlak je pak udržován konstantní v širokém rozmezí změn zatížení ve větvi i diferenčního tlaku v napájecím rozvodu. Vyrábí TA Hydronics (STAP), Comap (750, 751B), Oventrop (Hydrocontrol), Danfoss (ASV-Q), Heimeier (Strato A, R) atd. Používá se například na patách patrových (panelových) domů nebo na vstupech větších objektů.

Proti "zatumnutí" kuželky ventilové armatury vlivem nečistot fyzikální i chemické povahy je souprava ETATHERM vybavena automatickým denním proběhem ventilů. Kombinace elektronických hlavic s termostatickými je principiálně možná; teplotní režim v místnosti s termostatickými hlavicemi však nelze programovat a existuje reálné nebezpečí výše uvedeného zatumnutí.

### 3.2.2 Ekvitermní regulace

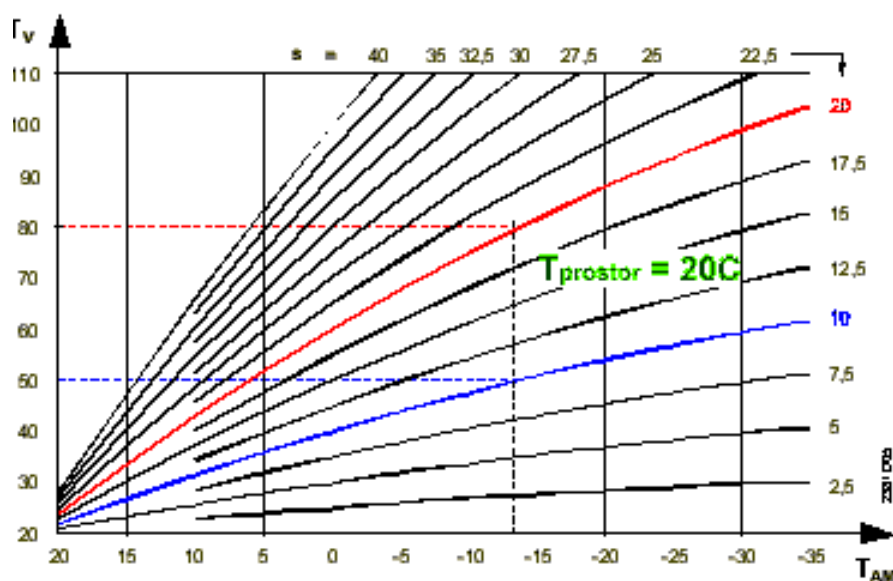
Regulátory obecně regulují (snižují) výkon tak, že snižují teplotu topné vody, a tím také výkon topné soustavy. Hlavní snahou regulátorů je najít rovnováhu mezi dodávaným výkonem a tepelnou ztrátou objektu, tj. snaží se najít optimální teplotu topné vody. Prostorová teplota je potom důsledkem cirkulující teploty topné vody. Protože tepelná ztráta objektu není zatím měřitelná veličina, musí se nahradit jinou veličinou. Pokud ji nahradíme venkovní teplotou, na které je závislá, mluvíme o regulátoru s ekvitermním řízením.

Výsledek regulace s ekvitermním řízením je závislý na topné křivce. Topná křivka je závislost mezi venkovní teplotou a teplotou topné vody a fyzikálně popisuje vytápěný prostor a topný systém. Při velkém rozdílu žádané a skutečné teploty pracuje kotel na maximální výkon a maximální povolenou teplotu. Po dosažení rozdílu teplot žádané a skutečné 1,5°C začíná regulátor snižovat požadavek na teplotu topné vody a tím i požadavek na výkon kotle. Po dosažení a ustálení požadované teploty v místnosti pracuje kotel na nejmenší výkon a nejnižší teplotu topné vody, což má příznivý vliv na kondenzaci a tím i úspory v provozu kotle.

Existuje množství topných křivek, které jsou charakterizovány svou strmostí. Ta se potom zadává regulátoru. Pokud je zadaná strmost topné křivky vyšší než vyžaduje vytápěný prostor, dochází k trvalému přetápění vytápěného objektu. Tato vlastnost se používá u předregulace pro větší počet uživatelů, přičemž prostory jsou dodatečně doregulovány, např. termostatickými ventily na topných tělesech.

Průběhy topných křivek podle následujícího obrázku 3.3 jsou platné pouze za předpokladu, že uživatel své prostory vytápí na 20 °C. Jakmile uživatel nastaví jinou prostorovou teplotu nebo podle topného programu nastane útlum, dojde k posunu vybrané topné křivky. Výsledkem

posunu topné křivky je změna teploty topné vody při stejných venkovních podmínkách, a tím i změna teploty v místnosti.



Obr. 3.3: Průběhy topných křivek

Volba topné křivky se provádí s ohledem na návrhovou venkovní teplotu (např.  $-12^\circ C$ ) a topný systém (otopné tělesa  $80/60^\circ C$  nebo podlahové topení  $50/40^\circ C$ ). Postup je vidět z obrázku, tj. červená křivka se strmostí 20 pro systém s otopnými tělesy a modrá křivka se strmostí 10 pro podlahový systém.

Zdroj tepla (kotel), pracuje při aplikaci množstevní regulace autonomně - podle teploty a průtoku média; obecně je např. řízen kotlovým termostatem. Řídicí jednotka ETATHERM může být doplněna o funkci umožňující odpínání kotle při programované venkovní teplotě či při dosažení požadovaných teplot ve všech místnostech. Souběžná aplikace ekvitermní a množstevní regulace je v zásadě možná, průběh ekvitermní regulace je však nutno změnit tak, aby byla vždy k dispozici dostatečná regulační rezerva potřebná pro individuální množstevní regulaci (regulace teploty v místnostech je pak zajištěna IRC systémem). Bez tohoto opatření by individuální regulátory pracovaly pouze jako limity a v době útlumu by nemohly být plně vytápěny zvolené místnosti. Uvedená úprava představuje ekvitermní předregulaci, která může mít svůj význam především u větších zdrojů tepla a při dodávce tepla na větší vzdálenosti.

Pokud má vytápěný objekt nízké tepelné ztráty (venkovní teplota s velkým zpožděním ovlivňuje teplotu v objektu), je výhodné použít pouze přímou regulaci vnitřní teploty. Jedná se především o nízkoenergetické domy. V daném případě stačí v objektu instalovat regulační systém IRC a ekvitermní regulace je pak zbytečnou investicí. Naopak má-li objekt velkou tepelnou ztrátu (např. starší rodinné domy), ekvitermní regulace bude mít smysl v kombinaci se systémem IRC tak jak je to uvedeno výš, jako předregulace.

Speciálním případem použití ekvitermní regulace je v kombinaci s kondenzačním kotlem. Odborníci se shodují na tom, že trvalý chod kondenzačního kotle může přinést úsporu až 15 procent oproti cyklickému zatěžování. Kondenzační kotel je schopen v poměrně širokém rozmezí pracovat v optimálním režimu spalování (tedy pravděpodobně i při chodu na nižší výkon). Ale při chodu na vyšší výkon s větší teplotou otopné vody není možno využít všechno kondenzační teplo (rozdíl mezi výhřevností a spalným teplem). Navíc při startu kotle existuje krátké období, kdy kotel pracuje v režimu s nižší účinností (provětrávání, zapalování). Z toho vyplývá, že stálý provoz s nižší teplotou vody je u kondenzačního kotle hospodárnější, než přerušovaný s vyšší teplotou otopné vody a proto má zde ekvitermní regulace smysl.

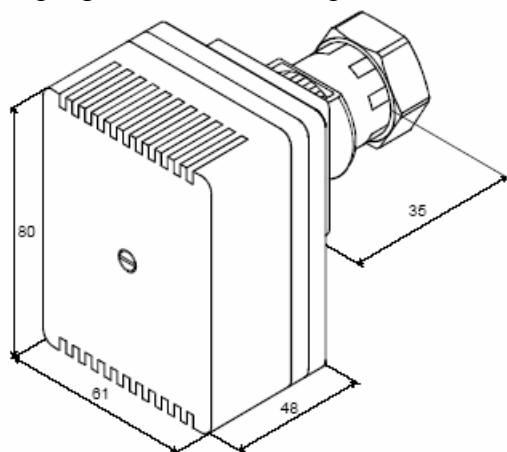
**Pozn.:**

Spalné teplo – je celkové množství tepla, které se uvolní při spalování,

Výhřevnost – je hodnota spalného tepla minus teplo, které uniká komínem ve formě horkých vodních par se spalinami do ovzduší

**3.2.3 Elektronická hlavice**

Elektronická hlavice se servopohonem je určena k ovládání radiátorových ventilů v závislosti na programu a snímané teplotě.



Technické parametry:

- citlivost výstupního elementu hlavice na změnu teploty: celý zdvih / 1 °C
- zdvih: 0,8 mm
- zaměnitelnost čidla: 0,5 °C
- přesnost převodníku: 1%

**Obr. 3.4: Elektronická hlavice se servopohonem**

Armatury ventilů je nutno montovat tak, aby hlavice byly ve svislé poloze, tj. s ohledem na vhodnou cirkulaci vzduchu okolo teplotního čidla. Nelze-li podmínku dodržet, je nutné použít oddělená teplotní čidla. K jedné adrese mohou být připojeny nejvíce 3 elektronické hlavice se servopohonem.

Adresování elektronických hlavic:

Adresy hlavice jsou určeny provedením a polaritou příslušné sběrnice; provedení 1 ÷ 4 určuje zásuvná propojka ("jumper"), provedení 5 ÷ 8 vzniknou z provedení 1 ÷ 4 přepólováním přívodů sběrnice. Adresování hlavice nebo změna adresy jsou snadnou záležitostí a provádí se při montáži.

**3.2.4 Oddělená montáž čidla**

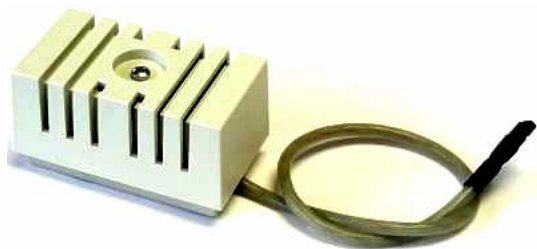
Aplikuje se v případech, kdy:

- prostorová teplota v okolí hlavice je výrazně odchylná od prostorové teploty vytápěné místnosti, tzn., že radiátor se nachází v hlubokém výklenu, příp. je umístěn krytu, pod parapetem atd.,
- hlavici nelze umístit ve svislé poloze a cirkulace okolo teplotního čidla je nedostatečná,
- ventil je umístěn vně regulovaného prostoru,
- je třeba snímat:
  - venkovní teplotu
  - teplotu speciálních prostředí nebo těles (otopného média, teplovzdušného kanálu, podlahy atd.).

Ve všech případech zůstává deska elektroniky v hlavici (koncovém modulu) a dvoužilovým stíněným vodičem, který je součástí dodávky, se připojuje pouze vlastní teplotní čidlo.

Typy čidel:

- Vnitřní čidlo v krabičce PTS-01,
- Vnější čidlo v kovové jímce určené ke zvláštnímu použití (venkovní čidlo, čidlo teploty podlahy ...),
- Vnitřní čidlo v krabičce shodné s tělesem koncového modulu (barva bílá),



**Obr. 3.5: Vnitřní čidlo v krabičce PTS-01**

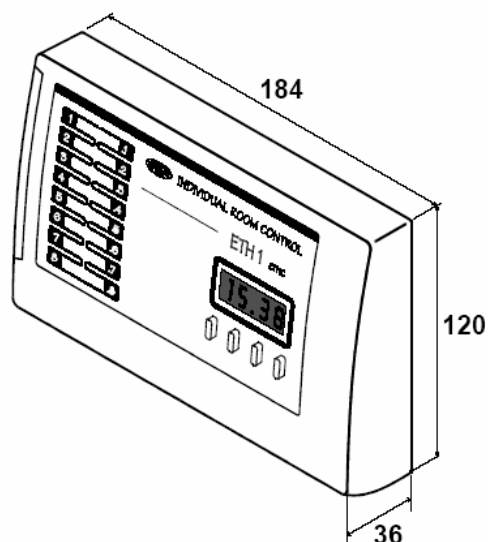


**Obr. 3.6: Vnější čidlo v kovové jímce**

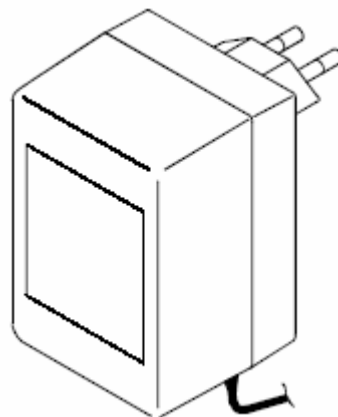
Teplotní rozsahy čidel a nejmenší rozlišení nastavitelných teplot jsou určeny převodníkem (v hlavici nebo koncovém modulu) a typem senzoru v čidle. Teplotní čidlo se k hlavici či modulu připojuje dvoužilovým stíněným vodičem, který je standardně součástí dodávky. Pro vnitřní čidla SIF je použit stíněný dvouvodič s izolací PVC, pro vnější čidla SEF stíněný dvouvodič se silikonovou izolací. Polarita připojení konektoru čidla do desky hlavice či modulu není podstatná (střední vodič je stíněný, krajní vodiče jsou výstupy čidla).

### 3.2.5 Řídicí jednotka

V řídicí jednotce ETH lze volně sestavovat uživatelské programy vytápění. Externí vstup jednotky (PWM) umožňuje přivedení externího řídicího povelu, který přiřadí zvoleným adresám odlišné uživatelské programy vytápění. Řídicí jednotky jsou též vybaveny systémem měření tepelné pohody (metodou průměrných teplot za topné období) umožňujícím rozúčtování spotřeby tepla mezi uživateli (nájemníky). Pro tento účel je také vhodné přiřadit vybraným skupinám adres uživatelská hesla; jednotka může sloužit více bytům a každý z uživatelů získá přístup ke svým programům až po zadání uživatelského hesla (čtyřmístný kód). Údaje o denostupních je možno číst pouze připojeným PC. Řídicí jednotky všech typů jsou standardně dodávány s napájecím zdrojem, který je bezpečný i při poruše. Max. teplota jeho izolace, jejíž opakované překračování by zhoršilo izolační vlastnosti a ohrozilo el. pevnost 3 750 V mezi primární a sekundární částí, je jistěna vratnou tepelnou pojistkou.



Obr. 3.7: Řídicí jednotka ETATHERM



Obr. 3.8: Síťový zdroj

Technické parametry:

- napájení: 230V, 50Hz s dodávaným zdrojem nebo stejnosměrný zdroj 12V/0,6A (akumulátor)
- rozsah běžně předvolitelných teplot:  $6 \div 35^{\circ}\text{C}$
- počet adres: 16
- počet denně programovatelných časových úseků na jedné adrese: 8
- rozlišení začátků časových úseků: 15 minut
- počet uživatelských programů vytápění: 96
- programovací režimy:
  - týdenní cyklus
  - operativní změny s nastavením teploty, času a data ukončení, času a data začátku
  - udržovací režim konstantní teploty
- displej: svítící LED, 4 místa
- ovládání: 4 tlačítka
- pracovní podmínky: maximální relativní vlhkost vzduchu 80%, rozsah teplot okolí  $0 \div 40^{\circ}\text{C}$
- výstupy a vstupy:
  - napětí/proud na sběrnici: maximálně 10V/0,35A, zkratová odolnost
  - počet výstupů sběrnice: 2 (levá a pravá větev)
  - komunikační porty: RS 232 (galvanicky oddělený), RS 485
  - připojení telefonního modemu (jen u jednotky ETH1mod)
  - PWM: galvanicky oddělený vstup pro binární externí řídicí signál

K portu USB PC lze jednotku připojit přes konvektor RS 232/USB, nebo RS 485/USB.

ETH 1 je vybavena porty pro připojení osobního počítače (PC) k nadřazenému ovládání s využitím příslušného ovládacího software. Místní (lokální) připojení je možné po sběrnici RS 232. Připojený počítač umožňuje monitorování regulačního systému, programování, odečítání průměrných teplot pro rozdělování spotřeby tepla, ukládání dat, tvorbu skupinových programů atd. Vlastní regulační proces je však řízen přímo řídicí jednotkou. Spojování řídicích jednotek (jednotlivých okruhů) do sítě s centrálním PC je možné po sběrnici RS 485 (druhý z komunikačních portů řídicí jednotky) - při zachování možnosti připojení lokálních PC k jednotlivým ETH 1. Zálohování hodin a potřebných dat je zabezpečeno lithiovou baterií

s vysokou životností. Řídicí jednotka ETH1mod umožňuje též připojení telefonního modemu ke komunikaci se vzdáleným PC.

Konfigurace:

Slouží k volbě vlastností ETH 1 vhodných pro konkrétní aplikaci a volbě ochrany dat ETH 1 před nepovolanou manipulací. Provádí se z PC připojeného k jednotce přes RS 232 nebo RS 485 konfiguračním programem, který je součástí programu KomWin.

Konfigurační možnosti jednotky:

- heslo času, heslo servisu, hlavní heslo
- začátek a konec topného období pro evidenci denostupňů
- minimální teplota pro optimalizaci denostupňů

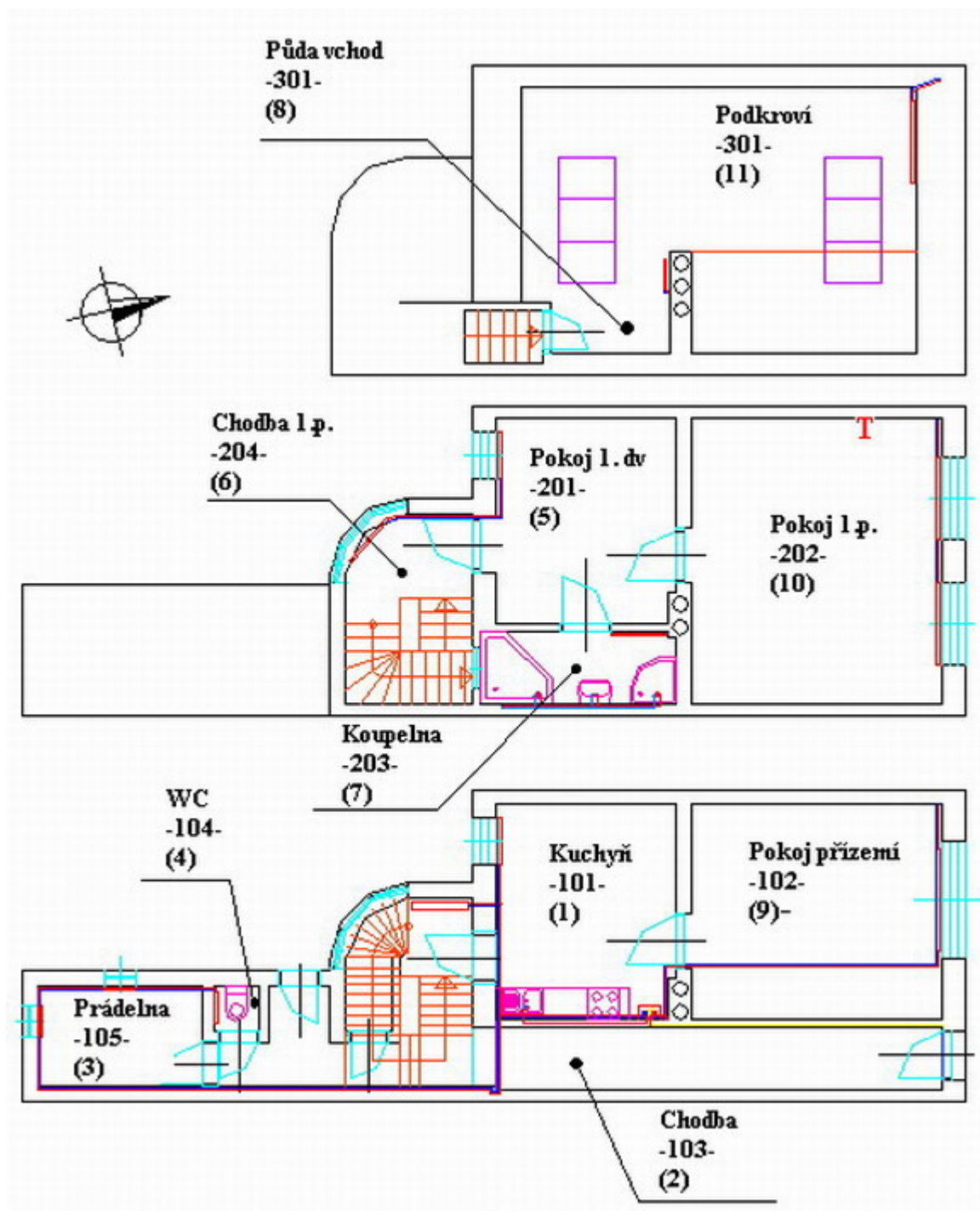
### 3.3 Vyhodnocení

Jedním z úkolů této práce bylo spočítat tepelné ztráty rodinného domu výše uvedenou metodou. Teploty venkovního vzduchu i teploty vzduchu v místnostech mi dodával vedoucí této diplomové práce, který prováděl měření těchto hodnot. Teploty venkovního vzduchu byly měřeny měřicím přístrojem TESTO 177 – H1 (viz. příloha č. 1), který archivoval data každých 15 minut, jak je vidno v tabulce 3.5 .

Dispoziční řešení rodinného domu:

Na obrázku 3.9 jsou půdorysy rodinného domu. Černou čarou jsou vyznačeny zdi a popisy místností. Bledě modrou čarou jsou zakresleny dveře a okna, kromě střešních oken v podkroví, které jsou vyznačeny fialovou barvou. Oranžovou barvou je vyznačené schodiště. Modrou a červenou jsou naznačeny rozvody topné vody a topných těles.

Červené písmeno „T“ v místnosti –202- (Pokoj 1.p.) označuje umístění měřicího přístroje TESTO. Přístroj je zavěšený na zdi ve výšce 1,5 m od země a vzdálený od zdi s okny 1 m.



Obr. 3.9: půdorysy rodinného domu

Tab. 3.5 Záznam teplot a vlhkosti venkovního vzduchu

testo 177-H1 00812054	datum	čas	$\Phi$ [%] Channel 1	$t_i$ [°C] Channel 2	$t_d$ [°C] Channel 3	$t_e$ [°C] Channel 4
362	8.11.2005	18:00:00	53	22,3	12,3	7,7
363	8.11.2005	18:15:00	53,1	22,3	12,3	7,7
364	8.11.2005	18:30:00	53,3	22,3	12,4	7,2
365	8.11.2005	18:45:00	53,5	22,3	12,5	7,1
366	8.11.2005	19:00:00	53,6	22,3	12,5	6,9
367	8.11.2005	19:15:00	53,2	22,5	12,5	6,6
368	8.11.2005	19:30:00	53,6	22,3	12,5	6,6
369	8.11.2005	19:45:00	53,8	22,4	12,6	6,3
370	8.11.2005	20:00:00	54,6	22,3	12,7	5,8

Jako dostatečné se zdají být teploty dané po hodinách, takže jsem všechny hodnoty převedl do průměru za hodinu.

Teploty vzduchu v místnostech byly měřeny elektronickými hlavicemi systému ETATHERM, které slouží jako ventil. Řídící jednotka měří teploty, které archivuje a následně dle programu a získaných hodnot teploty vzduchu uzavírá nebo otevírá ventil. Hodnoty jsou zapisovány po hodině od všech elektronických hlavic, jak je uvedeno v tabulce 3.6.

Tab. 3.6 Záznam teplot od jednotlivých hlavic

HISTORIE PRŮMĚRNÝCH HODINOVÝCH REÁLNÝCH TEPLŮT Řídící jednotka č.1 - Okruh1 Rok: 2006												
		místnost										
Datum	Čas	101	103	105	104	201	204	203	301	102	202	301
01.02.	12:00	24,3	17,8	14	20	17	22	25	36	24	22,8	21,5
01.02.	13:00	23	18	14,3	20	17	22	25	36	22,5	22	21,3
01.02.	14:00	22,8	18,3	15	20	18	22	24,5	36	22,5	22	21
01.02.	15:00	23	18,8	15	20	18	22	25	36	23	22	23
01.02.	16:00	22,8	18,3	15	20	18	22	25	36	22,8	22,3	24,5
01.02.	17:00	22,8	18	15	20	17,5	22	25	36	23,3	22,3	24,5
01.02.	18:00	23,5	17,5	14,5	20	17,5	22	24,5	36	23,5	22,3	24,5

Přízemí tvoří hlavní chodba se vstupem od severovýchodu, na kterou navazuje po pravé straně schodiště a dále pak menší zádveří. Ze zádveří je východ do dvoru, vstup do prádelny a vstup na WC. Před schodištěm je vstup do první místnosti, která slouží jako kuchyň. V rohu u komínu je nainstalovaný plynový kotel. Pak za kuchyní následuje pokoj. První patro tvoří mezipatro (chodba), vstup do pokoje z kterého pokračují vstupy do koupelny a do dalšího pokoje. Ve druhém patře je vstup do podkrovní.

### 3.3.1 Potřeba tepla na ohřev TUV

Výpočet vychází z průměrné denní potřeby teplé vody vyjádřený dle ČSN 06 0320. Součet objemu dávek je  $0,082 \text{ m}^3$  a součet tepla v dávkách  $4,3 \text{ kWh}$  pro jednu osobu a den v bytovém objektu (viz tabulka 3.7). V rodinném domě uvažují tři osoby. Denní potřeba tepla pro dům na ohřev TUV vychází  $12,9 \text{ kWh/den}$  ( $46,44 \text{ MJ/den}$ ).

Tab. 3.7 Potřeba TUV pro 1 osobu a den v bytovém objektu

Parametr	Značka	Jednotka	baterie			
			umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Počet dávek	$n_d$	-	3	0,8	1	0,3
Objem dávek	$V_d$	$m^3$	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplota v dávkách	$E_d$	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet objemu dávek	$V_{2p}$	$m^3$	0,082			
Součet tepla v dávkách	$E_{2p}$	kWh	4,3			

Potřebu tepla musíme brát jenom orientačně, protože nebyla nijak měřena. Je jisté, že po některé dny byla potřeba tepla nulová v případě nepřítomnosti rodiny po celý den. Ovšem to mohlo být vykompenzováno v některých dnech vyšší potřebou než udává norma. Do výpočtu tepelných ztrát jsem tedy zahrnul potřebu tepla vypočtenou dle normy ČSN 06 0320 (viz. tabulka 3.8).

Tab. 3.8 Měsíční potřeba tepla pro ohřev TUV

	Listopad	Prosinec	Leden	Únor
Potřeba tepla [kWh]	387	400	400	361

### 3.3.2 Výsledky

V tabulce 3.9 jsou výsledky spočtené tepelné ztráty rodinného domku za jednotlivé měsíce v topném období listopad až únor 2005/2006. Jelikož rodinný dům má instalovaný IRC systém ETATHERM, platí pro něj hodnoty tepelných ztrát v levém sloupci. V pravém sloupci jsou hodnoty tepelných ztrát rodinného domu v tom případě, pokud by regulaci řídili jenom termostatické regulační ventily s pevně nastavenou teplotou (tabulka 3.10).

Tab. 3.9 Měsíční tepelná ztráta

	Tepelná ztráta s regulací IRC [kWh]	Tepelná ztráta s regulací TRV [kWh]	rozdíl [%]
Listopad	3641	4050	10,1
Prosinec	4511	4950	8,9
Leden	5481	6106	10,2
Únor	4194	4816	12,9

Hodnoty rozdílu v posledním sloupci tabulky 3.9 vyjadřují úspory energie v případě přednostního použití IRC systému před regulací termostatickými regulačními ventily. Hodnoty teplot pro termostatické regulační ventily jsem určil dle teplot měřených a požadovaných v místnostech (tabulka 3.10). I když je teplota v některých místnostech v určitých časových úsecích požadovaná nižší, volil jsem pro nastavení TRV hodnotu vyšší, která je požadovaná v jiném časovém úseku a tedy pro uživatele podstatnější. Je nepřijatelné, aby uživatel po příchodu do místnosti, ve které by byla nastavena nižší teplota než požaduje, ručně nastavoval vyšší teplotu na TRV a před odchodem ji opět snižoval.

Tab. 3.10 Nastavené teploty na termostatických regulačních ventilech

adresa	Číslo místnosti	Název místnosti	Teplota [°C]
1	101	Kuchyň	24
2	103	Chodba	20
3	105	Prádelna	24
4	104	WC	24
5	204	Chodba 1. patro	24
6	201	Pokoj 1. dveře	20
7	203	Koupelna	24
8	301	Půda vchod	24
9	102	Pokoj přízemí	24
10	202	Pokoj 1. patro	24
11	301	Podkroví	24

Pokud si každý měsíc odepisujeme stav plynoměru, můžeme porovnat spočtené výsledky se skutečností. Jednoznačně nebude přesně zodpovídat vypočtena spotřeba zemního plynu se spotřebou odepsanou na plynoměru a to z několika důvodů:

- 1) nejednoznačný součinitel přestupu tepla  $\alpha$  [ W/m<sup>2</sup>K ]
- 2) nepřesné hodnoty součinitelů tepelných vodivostí  $\lambda$  [ W/m<sup>2</sup>K ] stavebních materiálů
- 3) neznámé hodinové hodnoty teplot zeminy pod podlahou
- 4) vliv slunečního záření na obvodovou konstrukci a její zisky
- 5) potřeba tepla na ohřev TUV počítaná dle normy nemusí zodpovídat skutečnosti
- 6) neznámé množství spotřebovaného množství zemního plynu na vaření

I přes tolik neznámých a nejednoznačných hodnot se můžeme ke skutečnosti dost přiblížit. V tabulce 3.11 jsou výsledky.

Tab. 3.11 Celková měsíční spotřeba rodinného domu

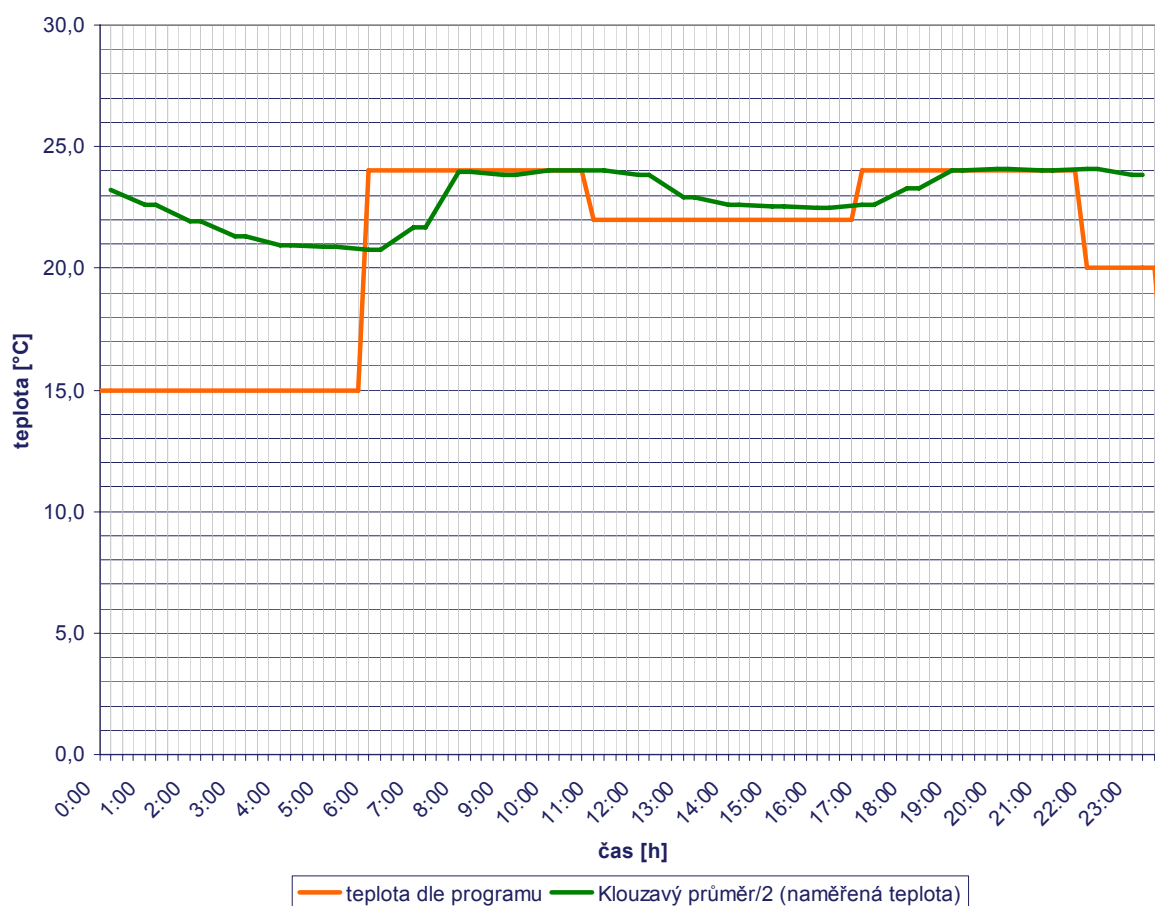
	Tepelná ztráta [ kWh ]	Ohřev TUV [ kWh ]	Dle plynoměru [ kWh ]	Rozdíl [ kWh ]
Listopad	3641	387	4462,5	434,5
Prosinec	4511	400	5897,9	986,9
Leden	5481	400	6930,0	1049
Únor	4194	361	5276,3	721,3

Hodnoty rozdílu v posledním sloupci tabulky 3.11 jsou spočteny jako rozdíl hodnoty plynoměru a součtu tepelné ztráty s ohřevem TUV. Tento rozdíl vyjadřuje energii spotřebovanou na vaření a ohřev TUV nad rámec normy.

### 3.4 Optimalizace programu

Jak už bylo výše popsáno, v řídicí jednotce si uživatel naprogramuje teplotní režimy jednotlivých místností podle vlastních potřeb. Pro každou místnost a každý den v týdnu je možno sestavit program sestávající až z osmi různých časových úseků s různými teplotami. Časové úseky je možné nastavovat s rozlišením 15 minut a teploty s rozlišením 1 °C v rozsahu 6 ÷ 35 °C. Řídicí jednotka vysílá v cyklu 4 minut na koncové členy informace o aktuálních teplotách. Koncový člen tuto informaci přijme, srovná ji s údajem vlastního čidla prostorové teploty a podle vyhodnocené odchylky rozhodne o regulačním zásahu, který

případně vzápětí provede. Vlivem řídicí jednotky dochází tedy k regulačnímu zpoždění 4 minut, což je zanedbatelné. K dalšímu zpoždění přispívá rychlost uzavírání nebo otevírání elektronické hlavice. Ovšem největší podíl na regulačním zpoždění má otopná soustava, zejména rychlost náběhu a vychladnutí otopných těles. Důsledkem regulačního zpoždění jsou pak krátkodobě jiné teploty v časech než požadujeme. Jelikož se setrvačností otopné soustavy nic neuděláme, můžeme upravit alespoň program v řídicí jednotce. Jestliže máme naměřené teploty z každé místnosti, kterou regulujeme systémem ETATHERM, vykreslíme si její průběh společně s průběhem teplot daných programem (viz. obrázek 3.10).



**Obr. 3.10:** graf průběhů teplot dle programu a měření (pokoj 202, režim Pondělí až Pátek)

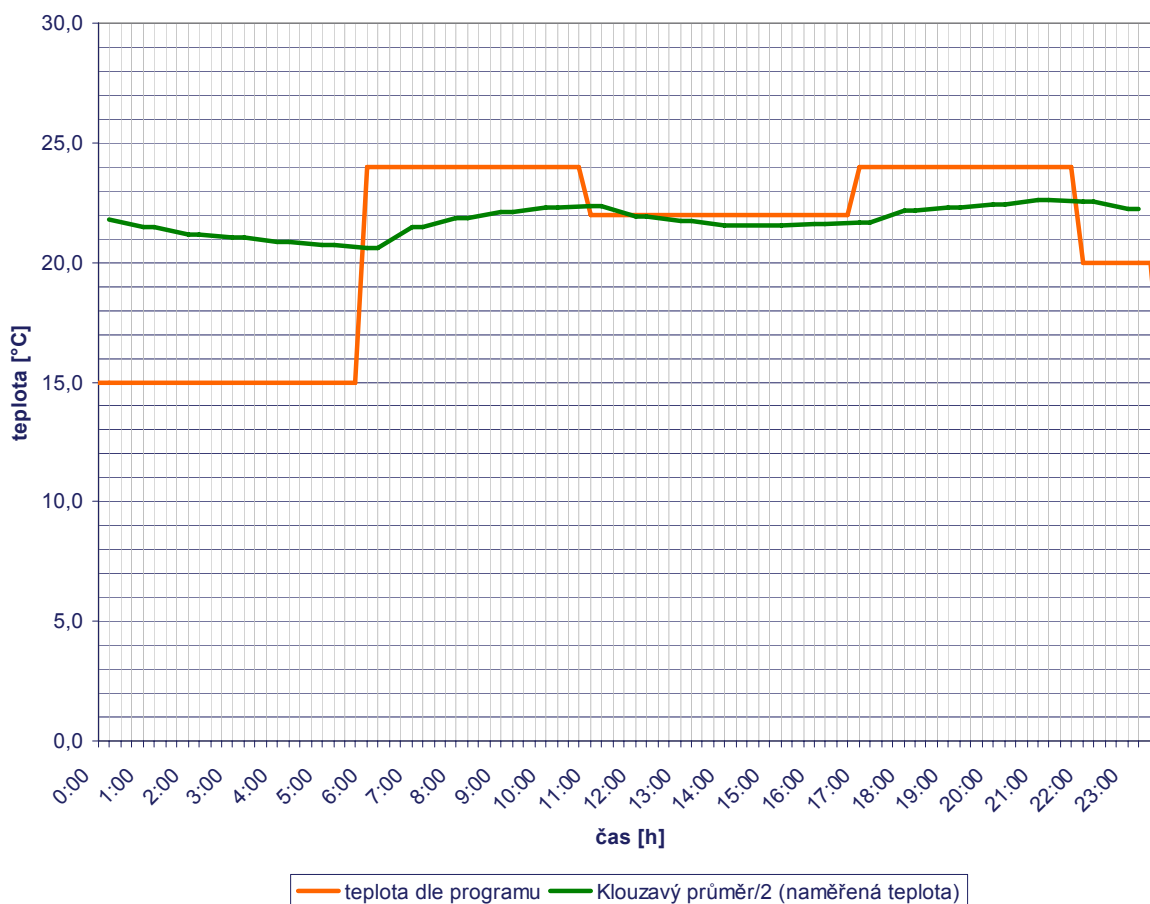
Režim programu z obrázku 3.10 platí pro místnost 202 tj. pokoj v prvním patře (viz. obrázek 3.9) a pro dobu od pondělí do pátku včetně. Z grafu je patrné, že teplota v místnosti téměř vůbec nepřesáhla nejvyšší požadovanou teplotu 24 °C a neklesla pod teplotu 20 °C. Takže spodní hodnotu teplot nemá smysl nastavit nižší než 18 °C. I když změnu této hodnoty nemá pro nás žádný význam, protože teplota v místnosti neklesne pod 19 °C ani v nejchladnějším měsíci otopného období v lednu. Průměrná měsíční teplota vzduchu v lednu byla -4,2 °C. Podle průběhu měřených teplot vidíme, že díky dobré akumulaci a nízkým tepelným ztrátám kolísá teplota jen v rozmezí 3 K. Horší je to s náběhem na požadovanou teplotu. Když v 6:00 hodin ráno přišel požadavek na teplotu 24 °C, byl splněn přibližně v 8:30. Naopak, když v 11:00 přišel požadavek snížit teplotu na 22 °C, teplota v místnosti začala klesat pod 24 °C až po hodině. V 17:00 přišel opět požadavek zvýšit teplotu na 24 °C a této teploty bylo dosaženo asi po dvou hodinách. Ve 22:00 pak bylo požadováno 20 °C, přičemž teplota začala klesat pod 24 °C opět až po hodině.

Shrnutí:

Pokud budeme brát aktuální nastavení hodnot teplot v programu (jak je na obrázku 3.10) jako požadované teploty v daném čase, bude lepší přestavět program následovně:

1. zvýšení teploty na 24 °C posunout dřív o dvě hodiny
2. snížení teploty na teploty nižší než 24 °C posunout taky dřív ale jenom o hodinu

Zvýšení teploty o 2 K a více kdykoliv během dne je lepší nastavit o dvě hodiny dřív než se daná teplota v místnosti požaduje. Stejně tak snížení teploty na teplotu nižší, je možné posunout o hodinu dřív než je požadovaná doba.



**Obr. 3.11: graf průběhů teplot dle programu a měření z TESTO (pokoj 202, režim Pondělí až Pátek)**

Na obrázku 3.11 naměřená teplota měřicím přístrojem TESTO kolísala během dne jenom v rozmezí necelých 2 K. Nejvyšší hodnoty dokonce ani nedosahovali požadovaných hodnot v místnosti. Stejná byla jenom charakteristika náběhu a poklesu teploty v místnosti. Je možné, že hodnoty teplot naměřené systémem ETATHERM (obrázek 3.10) jsou zkresleny vlivem umístění elektronické hlavice s teplotním čidlem na ventil otopného tělesa. Pokud by byly tedy hodnoty teplot z měřicího přístroje TESTO bližší k středním hodnotám teplot vzduchu v místnosti, je nutné nastavit horní požadované teploty vzduchu o 2 K více.

Průběh měřených hodnot teplot vzduchu jsem počítal jako průměr osmi pracovních dnů v průběhu měsíce listopad a leden pro grafy s režimem „Pondělí až Pátek“. V příloze č.2 jsou obrázky průběhů teplot pokoje 202 v programovém režimu pro víkend, v příloze č.3 průběh teplot pokoje 202 pro pracovní dny a víkend v nejchladnějším měsíci otopného období

(leden). Průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu v listopadu byla 3,9 °C, což byl nejteplejší měsíc v otopném období, v prosinci 0,5 °C, v lednu -4,2 °C (nejchladnější měsíc) a v únoru -2,7 °C.

Stejným způsobem můžeme postupně optimalizovat programy všech pokojů, které řídíme systémem ETATHERM.

### 3.5 Návrh programů

Při optimalizaci programů jsem vycházel z grafů měřených hodnot teplot vzduchu v místnostech (viz příloha č.5 a č11). Jelikož hodnoty byli naměřené elektronickými hlavicemi ETATHERM, zvýšil jsem požadovanou teplotu o 2 K oproti původnímu nastavení. Je to z důvodu ovlivnění teplotního čidla otopnými tělesy, jak je uvedeno výše. V některých případech musela být teplota ještě víc. Po zhodnocení průběhů teplot všech místností jsem vytvořil nové programy (tabulka 3.13). Program „24“ jsme zrušil a naopak přidal jsem nové programy, které jsou označeny jednou nebo dvěma hvězdičkami v horním indexu. Tabulka původních programů je Tab. 3.12. V tabulce 3.14 je přiřazení programů k místnostem v původním nastavení a jak by mělo být v novém nastavení.

Tab. 3.12 Tabulka původních programů řídicí jednotky

program						
01	°C	24	22	24	20	15
	[h]	6:00	11:00	17:00	22:00	23:45
02	°C	20	20	20	15	15
	[h]	6:30	12:00	18:00	22:00	23:45
03	°C	15	24	22	24	24
	[h]	0:15	6:00	10:00	19:00	23:45
04	°C	24	20	24	15	
	[h]	6:00	8:00	14:00	23:45	
20	°C	20	20			
	[h]	0:00	23:45			
21	°C	15	24	22	24	24
	[h]	0:15	8:00	10:00	17:00	23:45
24	°C	24	20	24	15	
	[h]	7:30	9:30	14:00	23:45	
12	°C	20	15			
	[h]	6:00	20:00			

Tab. 3.13 Tabulka optimalizovaných programů řídicí jednotky

program						
01	°C	26	24	26	20	15
	[h]	4:00	9:00	16:00	22:00	0:00
01*	°C	26	24	26	17	
	[h]	4:00	11:00	16:00	21:00	
02	°C	22	16			
	[h]	5:00	21:00			
03	°C	25	24	22	25	15
	[h]	6:00	9:00	10:00	19:00	0:00
04	°C	26	22	26	15	
	[h]	5:00	7:00	13:00	0:00	
20	°C	24	22			
	[h]	3:00	9:00			
21	°C	26	24	26	15	
	[h]	6:00	8:00	16:00	0:00	
21*	°C	26	24	26	17	
	[h]	3:00	11:00	16:00	21:00	
12	°C	22	16			
	[h]	4:00	17:00			
12*	°C	24	17			
	[h]	4:00	19:00			

Tab. 3.14 Tabulka přiřazení programů k místnostem

	Původní nastavení		Nové nastavení	
	Po - Pá	So - Ne	Po - Pá	So - Ne
místnost	číslo programu			
101	01	21	01*	21*
103	02	20	02	20
105	12	12	12*	12*
104	12	12	12	12
204	02	20	02	02
201	01	21	-	-
203	03	03	03	03
301	04	24	04	04
102	01	21	01	21
202	01	21	01	21

V pokoji 201 se výrazně odchyľují naměřené hodnoty od požadovaných. Usuzují, že čidlo teploty v elektronické hlavici je chybné a nebo je přerušené spojení mezi elektronickou hlavici a ústřednou. Doporučují zkontrolovat toto zapojení.

### 3.6 Návratnost systému IRC

V současné době klesají ceny prvků automatické regulace a naopak ceny energií rostou. Proto má cenu se věnovat složitějším a lepším systémům než jsou ty základní. Ovšem nejdůležitější pro každého investora je cena daného systému a tím pádem i jeho návratnost. Návratnost nebo doba návratnosti je čas, za který se nám vrátí navíc vynaložené peníze za lepší systém. Na českém trhu je už dnes mnoho výrobců a prodejců systémů IRC. Mezi české výrobce se řadí firmy ETATHERM, TRASCO, BMR, MER, PEVEKO, ZPT atd. ze zahraničí pak HONEYWELL, JOHNSON&CONTROLS, SIEMENS a mnoho jiných.

V této práci je počítáno se systémem od české firmy ETATHERM a proto budu počítat jeho návratnost v porovnání s běžným termostatem v kombinaci s termostatickými hlavice mi na otopných tělesech.

dvupolohový termostat	1000,- Kč
termostatická hlavice Heimeier	350,- Kč
řídící jednotka ETATHERM	4 450,- Kč
elektronická hlavice se servopohonem a vnitřním teplotním čidlem	980,- Kč
koncový modul pro spínání kotle	545,- Kč
kabely a lišty	700,- Kč

Ceny jsou včetně DPH.

V rodinném domě je řízeno 11 otopných těles. To znamená, že navýšení za hlavice je:

$$11 \cdot (980 - 350) = 6\,930, - \text{ Kč}$$

K tomu připočteme navýšení za dražší regulátor:

$$1 \cdot (4\,450 - 1000) = 3\,450 + 6\,930 = 10\,400, - \text{ Kč}$$

K celkovému navýšení musíme ještě připočíst koncový modul pro spínání kotle, který řídící jednotka ETATHERM potřebuje:

$$545 + 10\,400 = \underline{10\,945, - \text{ Kč}}$$

Předpokládejme topnou sezónu od října do března, což je 6 měsíců. Průměrná tepelná ztráta rodinného domu za období listopad až únor byla 4 500 kWh. Když budeme uvažovat že měsíce říjen a březen byli teplejší, můžeme pak brát měsíční průměrnou tepelnou ztrátu objektu 4 300 kWh. To je tepelná ztráta, která byla při řízení se systémem IRC. Výpočtem jsem zjistil, že regulace termostatickými hlavice mi by přinesla průměrné navýšení tepelné ztráty o 10,5 %. To znamená, že 4 751,5 kWh měsíčně. Rozdíl tedy je:

$$4\,751,5 - 4\,300 = 451,5 \text{ kWh} \cdot 6 \text{ měsíců} = \underline{2\,709 \text{ kWh/rok}}$$

Ročně šetříme se systémem IRC 2 709 kWh energie. Dodavatel zemního plynu pro rodinný dům Jihomoravská plynárenská, člen skupiny RWE, udává že 1 m<sup>3</sup> zemního plynu je roven 10,5261 kWh energie (průměrná hodnota spalného tepla). Cena za odebraný plyn v pásmu od 1,89 do 9,45 MWh/rok je 1 036,83,- Kč/MWh (1,03683,- Kč/kWh). To představuje roční úsporu 2 809,- Kč. Budeme-li předpokládat, že cena v následujících letech neklesne, spíš ještě vzroste, pak dobu návratnosti spočítáme:

$$10\,945 / 2\,809 = 4,10$$

Doba návratnosti jsou něco přes čtyři roky. S narůstající cenou plynu se pak doba návratnosti zkracuje.

## 4. Solární energie

Při hledání nových zdrojů energie se v současné době zaměřuje pozornost také na využití energie slunečního záření pro vytápění budov a zejména pro ohřev užitkové vody.

Z povrchu Slunce, z tzv. fotosféry (tenká vrstva o tloušťce asi 250 km) vyzařuje téměř všechna sluneční energie ve formě světla. Teplota fotosféry je přibližně 6000 K. Sluneční záření na cestě k Zemi dlouhé 150 milionů km není ničím pohlcováno a přichází k povrchu atmosféry Země v původní podobě, v níž opustilo Slunce. Avšak jeho intenzita je zmenšená tím, že s rostoucí vzdáleností se rozptýlí na větší plochu. Na plochu kolmou ke slunečním paprskům dopadá na povrchu zemské atmosféry měrný tok energie  $1,4 \cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}$ . To je tzv. sluneční konstanta (přesná hodnota je  $1354 \text{ Wm}^{-2}$ ).

Slunce září přibližně jako černé těleso a vysílá paprsky v celém rozsahu spektra od nejmenších vlnových délek  $10^{-10}$  m (rentgenové a ultrafialové záření) až do největších centimetrových a metrových vlnových délek (rádiové záření). Největší část energie však připadá na vlnové délky  $0,2 \cdot 10^{-6}$  až  $3 \cdot 10^{-6}$  m (světelné a infračervené záření).

Z celkového výkonu, který Slunce vyzařuje ( $3,8 \cdot 10^{23}$  kW), dopadne na naši Zemi jen nepatrná část, přibližně jedna dvoumiliardtina, tj. asi  $1,8 \cdot 10^{14}$  kW (obr solar). Rovněž nepatrná část je zachycena ostatními planetami. Zbývající tok záření, tj. téměř celý rok vyzařované sluneční energie, uniká do mezihvězdného a mezigalaktického prostoru.

Zemská atmosféra sahá až do výšky přes 1000 km. Je to poměrně tenká vrstva, která je jen velmi řídko vyplněna vzduchem (zejména ve větších výškách). Atmosféra je složena především z kyslíku a dusíku. Ve výškách nad 60 km pohlcují tyto atmosférické plyny ultrafialové a rentgenové záření a jsou jím ionizovány. Proto se tato vrstva nazývá ionosféra. Níže v atmosféře (ve výškách od 20 do 30 km) se zachycuje ultrafialové záření ve vrstvě s velkým obsahem ozónu, v tzv. ozonoféře. Pohlceným ultrafialovým zářením se ozonoféra zahřívá.

V ionosféře a ozonoféře se tedy zachycuje ta část slunečního záření, která je nebezpečná životu na Zemi. Z energetického hlediska však tato část záření nemá příliš velký význam, neboť na ni připadá jen velmi malý podíl z celkového toku energie dopadající na Zemi.

V nejnižších vrstvách atmosféry (v troposféře), kde je soustředěno více než 75 % z celkové hmoty vzduchu, dochází k pohlcování slunečního záření vodní párou, oxidem uhličitým, prachem a kapkami vody v mracích. Z celkového toku energie se v atmosféře pohltí 19 %. Od mraků, částec prachu a od zemského povrchu se odrazí 34 % slunečního záření. Zemský povrch pohltí 47% slunečního záření, které se mění v teplo. Teplo se pak z povrchu Země vyzařuje jako infračervené záření o vlnové délce přibližně  $10 \mu\text{m}$ . Pro toto infračervené záření je atmosféra z větší části nepropustná. Vyzářené teplo se ve vzduchu absorbuje a to pak vede trvalému zvýšení teploty zemského povrchu. Jde o takzvaný skleníkový efekt.

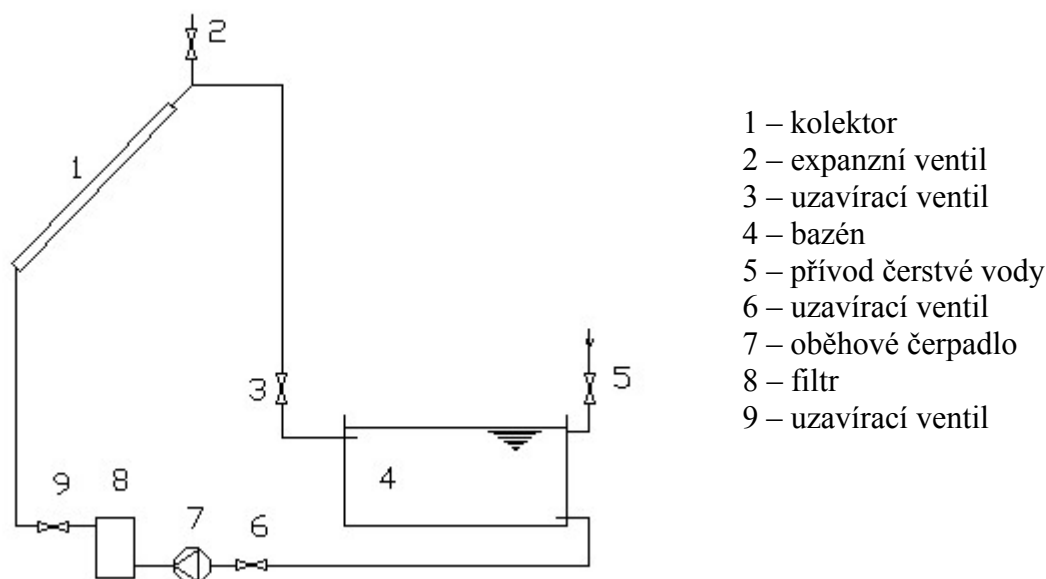
V komunální sféře připadá největší část potřeby energie na teplo při maximální teplotě do  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  a z toho pak nejvíce na vytápění a ohřev užitkové vody, tj. na teplo s teplotou do  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Toto teplo se získává převážně spalováním fosilních paliv. Energie slunečního záření může být významným netradičním zdrojem tepla, s nímž se musí počítat do budoucnosti zejména pro domácnosti v roztroušené zástavbě mimo velká města.

### 4.1 Zařízení pro ohřívání vody v bazénech

Ke slunečním vytápěcím systémům patří i systémy pro ohřívání vody v bazénech. Jde buď o malá zařízení s bazénem u rodinných domů apod., nebo naopak o velká zařízení s plaveckým bazénem pro veřejnost. Malá zařízení se navrhuje zpravidla navrhuje jen pro letní

provoz, například od května do srpna. V tom případě se vystačí s jednoduchým monovalentním systémem. Pro celoroční provoz je nezbytně nutný bivalentní systém s přídatným zdrojem tepla.

Jednoduché zařízení jen pro letní provoz je znázorněno na obrázku 4.1. Jde o monovalentní systém s otevřeným okruhem kolektorů. Voda v bazénu proudí po filtraci přímo slunečními kolektory, kde se ohřívá. Sám bazén představuje velký zásobník tepla, takže v žádném případě nehrozí přehřívání kolektorů a není tedy nutno dělat proti tomu žádná opatření. V době slunečního svitu je oběhové čerpadlo stále v chodu. Při přerušení chodu čerpadla (např. v noci) přeteče voda z kolektorů do bazénu.



Obr. 4.1: Schéma zařízení pro ohřívání vody v bazénu s otevřeným kolektorovým okruhem

## 4.2 Teplonosné kapaliny

Teplonosné kapaliny pro kolektorové okruhy slunečních vytápěcích systémů by měly mít tyto vlastnosti:

- přiměřený rozsah teplot pro kapalnou fázi, tj. dostatečně nízký bod tuhnutí a dostatečně vysoký bod varu při normálním barometrickém tlaku
- co největší tepelnou vodivost (vzhledem k přestupu tepla v kolektoru a ve výměníku)
- co nejmenší viskozitu (vzhledem k hydraulickým odporům při proudění potrubím)
- chemickou stálost
- nehořlavost
- neagresivnost k použitým materiálům
- hygienickou nezávadnost
- přiměřenou cenu

Většinu těchto požadavků splňuje voda, která navíc má ze všech známých látek největší měrnou tepelnou kapacitu  $c = 4187 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ , a proto je stále nejužívanější teplonosnou kapalinou ve všech technických oborech. Pro sluneční vytápěcí systémy však je nevýhodou vody jako teplonosné kapaliny poměrně malý rozsah teplot pro kapalnou fázi od bodu tuhnutí  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  do bodu varu  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . U slunečních systémů je nutné, aby kapalina v kolektorech v zimě nezamrzala a naopak v létě, zejména při chodu naprázdno, dovozovala jisté přehřátí kolektorů. Pro sluneční systémy v podmínkách střední Evropy

by teda byla ideální teplonosná kapalina s bodem tuhnutí kolem  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a s bodem varu  $150\text{ až }200\text{ }^{\circ}\text{C}$  (při normálním barometrickém tlaku)

Jako teplonosné kapaliny pro nízké (podnulové) teploty se používá směs nemrznoucí kapaliny s vodou. Jde o kapaliny na bázi glykolů (např. Friterm). Dále se používají syntetické kapaliny a teplonosné oleje. Tyto dva druhy teplonosných kapalin mají vysoký bod varu a proto jsou vhodné i pro samopojistné systémy, u nichž se při chodu naprázdno dosahuje vysokých teplot, až  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Voda jako teplonosná kapalina se může v otevřených systémech používat v rozsahu teplot od  $0$  do  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V rozsahu teplot od  $20$  do  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  se mění její fyzikální vlastnosti takto:

- hustota  $\rho$  ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) se zmenší o  $4\%$
- měrná tepelná kapacita  $c$  ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) se zvětší o  $1\%$
- tepelná vodivost  $\lambda$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) se zvětší o  $14\%$
- kinematická viskozita  $\nu$  ( $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ) se zmenší o  $70\%$
- objemová roztažnost  $\beta$  ( $\text{K}^{-1}$ ) se zvětší o  $260\%$

K těmto změnám fyzikálních parametrů s teplotou je třeba přihlížet při tepelném a hydraulickém výpočtu systému (při výpočtu kolektorů, potrubí, výměníku tepla a oběhového čerpadla).

Protože voda jako teplonosná látka pracuje v kolektorovém okruhu slunečních vytápěcích systémů ve velkém rozsahu teplot a často také při dosti vysokých teplotách, kladou se velké nároky na její chemickou čistotu. Technická voda obsahuje některé přirozené chemické příměsi, zejména soli draslíku a hořčíku (karbonáty, sulfáty, chloridy a silikáty), které způsobují tvrdost vody. Při vysokých teplotách se tyto soli z vody vylučují a usazují se na stěnách potrubí a jiných částí jako tzv. kotelní kámen. Vrstva kotelního kamene zhoršuje prostup tepla stěnou a ve větší tloušťce zmenšuje průtočný průřez. Uvolněné částičky kotelního kamene znečišťují potrubí kolektorového okruhu, ucpávají armatury a popřípadě i čerpadlo.

Soli rozpuštěné ve vodě také způsobují, že voda se v zařízení sestaveném z různých kovů chová jako elektrolyt. Galvanicky proud, který přitom vzniká, vyvolává tzv. kontaktní (elektrolytickou) korozi. K tomuto druhu koroze je za přítomnosti vody náchylný zejména hliník a také ocel. Celý kolektorový okruh by tedy měl být sestaven z částí zhotovených pouze z jednoho kovu, např. z oceli nebo mědi. Je nutno se vyhýbat kombinaci dvou nebo více kovů. Nebezpečí elektrolytické koroze je velké zejména u dvojice kovů hliník a měď, kde koroduje především hliník.

Obsah a druh solí ve vodě rozhoduje také o její kyselosti nebo zásaditosti. Kyselost nebo zásaditost roztoků závisí na obsahu kladných iontů vodíku  $\text{H}^+$  a posuzuje se podle pH čísla. Stupnice pro pH je od  $1$  (extrémně kyselý roztok) až do  $\text{pH} = 14$  (extrémně zásaditý roztok). Stupeň  $7$  značí chemicky neutrální kapalinu. Voda pro sluneční vytápěcí systémy by měla být chemicky neutrální nebo slabě kyselá,  $\text{pH} = 6$  až  $7$ .

### 4.3 Návrh jednoduchého solárního ohřevu bazénu

Při ohřívání vody v bazénech je třeba dodávat teplo :

- pro ohřívání přiváděné čisté vody,
- pro úhradu tepelné ztráty prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny,
- pro úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny.

Teplo potřebné pro ohřívání přiváděné čisté vody by se mělo v největší míře získávat z odváděné teplé vody (jde o využití odpadního tepla). V krajním případě je možno tuto položku ve spotřebě tepla snížit až na nulu.

Tepelná ztráta prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny (jde o prostup tepla do okolní zeminy) je velmi malá a proti tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny ji lze většinou zanedbat.

Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny, na niž připadá ve spotřebě tepla pro ohřívání vody v bazénech významný podíl, se počítá ze vztahu

$$Q_{ztr} = \alpha_{celk} S (t_w - t_v) \quad [W] \quad (4.1)$$

Kde  $\alpha_{celk}$  je celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny [ $Wm^{-2} K^{-1}$ ]

$S$  – plocha vodní hladiny [ $m^2$ ]

$t_w$  – teplota vody v bazénu [ $^{\circ}C$ ]

$t_v$  – teplota okolí (okolního vzduchu) [ $^{\circ}C$ ]

Přestup tepla z vodní hladiny se skládá z přestupu sáláním, proděním (konvekcí) a vypařováním vody. Celkový součinitel přestupu tepla je tedy dán vztahem

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp} \quad [Wm^{-2} K^{-1}] \quad (4.2)$$

kde  $\alpha_s$  je součinitel přestupu tepla sáláním (volí se  $\alpha_s = 5 Wm^{-2} K^{-1}$ ),

$\alpha_k$  – součinitel přestupu tepla konvekcí, volí se  $\alpha_k = 10$  až  $15$  pro bazény na volném prostranství a  $\alpha_k = 5$  až  $8 Wm^{-2} K^{-1}$  pro bazény v krytých halách

$\alpha_{vyp}$  – součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladině [ $Wm^{-2} K^{-1}$ ]

Součinitel přestupu tepla při vypařování  $\alpha_{vyp}$  závisí na součiniteli přestupu tepla konvekcí  $\alpha_k$  a lze ho vypočítat ze vztahu

$$\alpha_{vyp} = \frac{\alpha_k}{c} \cdot \frac{x''_w - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \quad [Wm^{-2} K^{-1}] \quad (4.3)$$

kde  $c$  je měrná tepelná kapacita vzduchu ( $c = 1010 J kg^{-1} K^{-1}$ ),

$x''_w$  – měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě  $t_w$  [ $kg / kg_{s.v.}$ ],

$x_v$  – měrná vlhkost okolního vzduchu [ $kg / kg_{s.v.}$ ],

$r$  – výparné teplo vody ( $r = 2,4 \cdot 10^6 J kg^{-1}$ ),

Od spotřeby tepla na úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny je možno u nezakrytých bazénů, na něž svítí slunce, odečíst teplo získané absorpcí slunečního záření. Vodní hladina představuje v tomto případě sluneční kolektor ve vodorovné poloze ( $\alpha = 0^{\circ}$ ). Výpočet energie zachycené osluněnou vodní hladinou je stejný jako u normálních plochých kolektorů. Počítá se však se stálou účinností  $\eta_K = 0,85$ , neboť tepelné ztráty přestupem do okolí jsou již zahrnuty v tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny (viz rovnice 4.1)

#### 4.4 Výpočet

Pro bazén na volném prostranství, jehož vodní hladina má plochu  $6 \text{ m}^2$  a hloubka vody je  $1,5 \text{ m}$  (obsah vody v bazénu je  $9 \text{ m}^3$ ), má být navrženo zařízení pro ohřívání vody slunečními kolektory. Počítá se s provozem od května do srpna a požaduje se, aby teplota vody byla

20 °C nebo vyšší	v květnu,
24 °C	v červnu a červenci,
22,5 °C nebo vyšší	v srpnu.

Kolektory s jedním krycím sklem jsou orientovány na jihozápad a skloněny pod úhlem  $\alpha = 45^\circ$ . Zařízení je určeno pro Brno.

Při výpočtu spotřeby tepla se počítá pouze s tepelnou ztrátou přestupem z vodní hladiny. Nejprve se vypočítá součinitel přestupu tepla při vypařování  $\alpha_{\text{vyp}}$  (volí se  $\alpha_k = 10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ ). Výpočet je uveden v tabulce 3.9.

Tab. 3.9 Součinitel přestupu tepla při vypařování

Měsíc	$t_w$ [°C]	$t_v^{(1)}$ [°C]	$\varphi^{(2)}$	$t_w - t_v$ [°C]	$x''_w \cdot 10^3$ [kg / kg <sub>s.v.</sub> ]	$x_v \cdot 10^3$ [kg/kg <sub>s.v.</sub> ]	$(x''_w - x_v) \cdot 10^3$ [kg / kg <sub>s.v.</sub> ]	$\alpha_{\text{vyp}}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
V	20	14,1	0,62	5,9	15,18	6,24	8,94	<b>36,0</b>
VI	24	16,9	0,62	7,1	19,51	7,92	11,63	<b>38,9</b>
VII	24	18,8	0,61	5,2	19,51	8,92	10,59	<b>48,4</b>
VIII	22,5	17,8	0,66	4,7	17,78	9,16	8,68	<b>43,9</b>

(1) Střední měsíční teplota vzduchu

(2) Relativní vlhkost vzduchu

Potom se z rovnice 4.1 vypočítá tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny  $Q_{\text{ztr}}$  [W] pro plochu  $S = 6 \text{ m}^2$  a spotřeba tepla pro úhradu této ztráty za měsíc  $24 \cdot 10^{-3} n Q_{\text{ztr}}$  [kWh] (viz tabulka 3.10). Dále se vypočítá teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině  $S_K \cdot Q_{K\text{měs}}$ . Vodní hladina se považuje za vodorovný sluneční kolektor (tabulka 3.11).

Tab. 3.10 Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty

Měsíc	$\alpha_{\text{celk}}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$t_w - t_v$ [°C]	$Q_{\text{ztr}}$ [W]	Spotřeba za měsíc $n \cdot Q_{\text{ztr}}$ [kWh]
V	51	5,9	1805	1 342
VI	53,9	7,1	2296	1 653
VII	63,4	5,2	1978	1 471
VIII	58,9	4,7	1661	1 236
<b>Celkem</b>				<b>5 702</b>



prostupu tepla vrstvou na přední straně kolektoru a zadní straně kolektoru. Pak se účinnost kolektoru stanoví dle rovnice:

$$\eta_K = 0,85 - 6 \frac{t_K - t_V}{q_S} \quad (4.5)$$

Tedy stanovíme pro měsíc s nejnepříznivější tepelnou bilancí, tj. pro červen (VI), vypočítá celková plocha kolektorů:

$$S_K = \frac{Q_{spotř.}}{Q_{k\text{měs}}} = \frac{871}{124,2} = 7,01 \text{ m}^2 \quad (4.6)$$

Pro návrh použijeme solární panely firmy THERMO-SOLAR. Velikost absorpční plochy těchto panelů je  $1,76 \text{ m}^2$ , což znamená, že budeme potřebovat 4 kusy. Pak pro plochu kolektorů  $S_K = 6,68 \text{ m}^2$  se sestaví tepelná bilance zařízení (viz. tabulka 3.13).

Tab. 3.13 Tepelná bilance zařízení

Měsíc	Energie zachycená kolektory za měsíc <sup>(1)</sup> [kWh]	Výsledná spotřeba tepla [kWh]	Rozdíl mezi zachycenou energií a spotřebou tepla [kWh]
V	768	627	141
VI	830	871	-41
VII	906	637	269
VIII	743	560	183
Celkem	3 247	2 695	552

(1) Vypočtena jako  $S_K \cdot Q_{K\text{měs}}$ , kde  $S_K$  je celková plocha navržených kolektorů

Z tabulky vyplývá, že pouze v červnu je mírný nedostatek energie, který může mít za následek malé snížení teploty vody v bazénu pod hodnotou  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ . V ostatních měsících je naopak jistý přebytek energie, jehož se může využít k předehřívání přiváděné čisté vody.

#### 4.5 Regulace solárního systému

Provoz slunečních vytápěcích systémů není možný bez automatické regulace. Je to z těchto důvodů:

- Množství energie zachycené slunečními kolektory je velmi proměnlivé jak během dne, tak i během roku. Kromě pravidelných cyklických změn vyplývajících z pohybu slunce nad obzorem dochází také k náhlým a prudkým změnám vlivem měnící se oblačnosti.
- V extrémních podmínkách může teplota pracovní látky (teplonosné kapaliny) dosáhnout nepřijatelně vysokých nebo naopak nízkých hodnot a tím může být ohroženo celé zařízení.

V našem případě máme otevřený okruh kolektorů bez výměníku tepla. Při dosažení bodu varu v kolektorech (v létě) se zapne oběhové čerpadlo a obsah vody z okruhu kolektorů se vypustí do zásobníku. Vodu z okruhu lze vypustit i v zimě při poklesu venkovní teploty pod  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  (jde o ochranu proti zamrznutí). Vzhledem k často opakovanému vyprazdňování musí být materiál všech částí okruhu kolektorů tepelně stabilní a také dostatečně odolný proti korozi.

Hlavním úkolem regulace je:

- zajistit předávání tepla z kolektorů do zásobníku v době slunečního svitu a současně zamezit odvádění tepla opačným směrem v době, kdy slunce nesvítí,
- zajistit co největší účinnost kolektorů při všech meteorologických a provozních podmínkách.

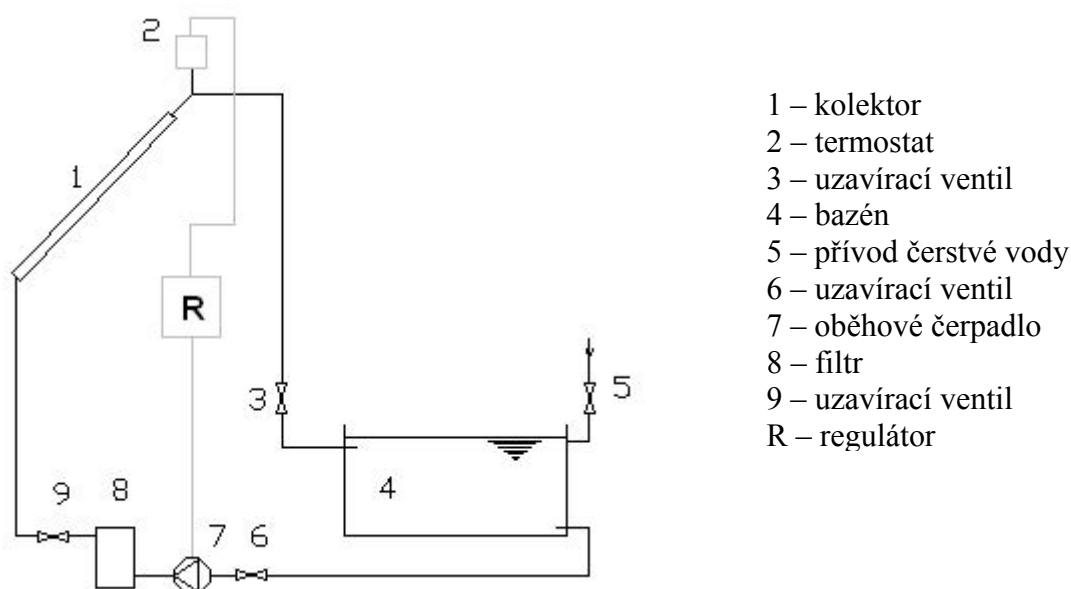
Účinnost kolektorů je při dané intenzitě slunečního záření tím větší, čím menší je rozdíl mezi teplotou kolektorů  $t_K$  a teplotou okolního vzduchu  $t_V$ . Optimální stav nastane, když teplota  $t_K$  je jen o několik málo stupňů vyšší než teplota vody v zásobníku.

Automatickou regulaci okruhu kolektorů je možno realizovat s použitím běžně užívaných regulačních prvků a obvodů. Přitom lze volit od nejjednodušších zařízení, která v podstatě jen zabezpečují kolektory proti přehřátí, až po složitá elektronická zařízení, která respektují všechny vlivy tak, že okruh kolektorů pracuje při všech provozních podmínkách co nejehospodárněji. Proto volba regulačního zařízení závisí na:

- typu a velikosti slunečního systému,
- požadovaném stupni provozní spolehlivosti,
- ceně a dostupnosti regulačních prvků.

### Regulace přerušováním chodu oběhového čerpadla

Při tomto způsobu regulace se chod oběhového čerpadla přerušuje buď podle teploty kolektorů  $t_K$ , tj. podle impulsu od termostatu umístěného ve výstupu z kolektorů, nebo podle rozdílu mezi teplotou kolektorů a teplotou vody v zásobníku měřeného odporovými teploměry. Ohřívání vody v bazénu lze velmi jednoduše regulovat podle obrázku 5. Bazén představuje velký zásobník tepla se stálou teplotou 20 až 25 °C. Termostat umístěný ve výstupu z kolektorů se nastaví na teplotu o 2 až 5 °C vyšší než je požadovaná teplota vody v bazénu. Při teplotě kolektorů vyšší, než je nastavená hodnota, se oběhové čerpadlo zapíná a naopak při poklesu teploty pod nastavenou hodnotu vypíná. Kolektorům nehrozí přehřátí ani při dlouhotrvajícím slunečním svitu, neboť bazén je schopen pojmout značné množství tepla, aniž se přitom zvýší teplota vody.



Obr. 4.2: Regulace slunečního systému pro ohřívání vody v bazénu přerušováním chodu oběhového čerpadla podle teploty kolektorů  $t_K$

## 5. Elektronický zabezpečovací systém

Elektronické zabezpečovací systémy (EZS) jsou finančně mnohem dostupnější, než si řada lidí myslí. Cenově jsou srovnatelné například s běžnými elektrickými spotřebiči, které jsou v každé domácnosti samozřejmostí. Samozřejmě, že jiná bude hodnota EZS určeného pro zabezpečení panelákového bytu ve třetím patře v malém městě a jiná pro zabezpečení luxusní vily v Brně.

Mozkem každého zabezpečovacího systému je ústředna. Ta vyhodnocuje veškeré signály ze snímačů a ovládacích zařízení a na základě jejich analýzy a v souladu s naprogramováním rozhoduje o vyhlášení poplachu.

K 80 % vloupání dojde překonáním vchodových dveří. Proto je ochrana vstupu nejpodstatnější. Dveře by měly být především chráněny mechanickým zámkem, aby nemohlo dojít k jejich snadnému otevření. Samozřejmě, že čím je zámek složitější, více odolá. O indikaci otevření dveří se postará magnetický detektor. Ten upozorní ústřednu, že došlo k otevření dveří a ústředna většinou čeká na odjištění systému. Pokud nedojde k odjištění během nastavené doby, dojde k vyhlášení poplachu narušení objektu.

Moderní EZS se zpravidla odjišťují buď pomocí klávesnice zadáním několikamístného vstupního kódu nebo stiskem tlačítka rádiového ovladače. Oba systémy jsou naprosto bezpečné. Možnost zadání kódu bývá omezena několika málo pokusy než dojde k vyhlášení poplachu. U ovládacích klíčenek bývá použit takzvaný plovoucí přenosový kód, který zcela znemožňuje jeho zkopírování.

Podobným způsobem jako vstupní dveře lze zajistit všechny vstupy do objektu, tj. všechny dveře a okna. Pro detekci rozbití skleněné výplně se dnes používají akustické detektory rozbití skla. Tyto snímače jsou umístěny v místnosti, kde jsou skleněné výplně, a jsou schopny vysoce přesně detekovat rozbití skla. Kvalitní snímače jsou přitom zcela imunní vůči jiným podobným zvukům. Magnetické detektory a detektory rozbití skla zabezpečují základní plášťovou ochranu objektu.

Pro kvalitní ochranu vnitřních prostor před narušiteli se používají především infrapasivní snímače (tzv. PIR snímače). Tyto detektory jsou schopny na základě analýzy teplot v místnosti spolehlivě detekovat pohyb člověka v prostoru. Pro různé aplikace se používají PIR snímače s odlišnou charakteristikou, například vhodné pro standardní prostory, pro dlouhé úzké chodby nebo snímače imunní menším živočichům.

Standardem u systémů EZS je také ochrana objektů před nebezpečím požáru nebo výbuchu. Ke včasné detekci požáru se používají ionizační, optické nebo tepelné požární snímače. Nejpoužívanější hlásiče jsou ionizační, které velice rychle a spolehlivě detekují zvýšený výskyt kouře v místnosti a vynikají také příznivou cenou. Standardně mají v sobě zabudovanou sirénku, která dokáže v nebezpečí zalarmovat obyvatele.

Pokud se k topení nebo vaření používá plyn, mělo by být samozřejmostí použití detektoru úniku plynu. Nejmodernější typy umožňují detekci všech druhů výbušných plynů a v případě zvýšení koncentrace plynu nad nastavenou bezpečnou mez aktivují zabezpečovací systém. Zároveň lokálně signalizují nebezpečí sirénkou a umožňují též automatické uzavření přívodu plynu v případě nebezpečí.

V případě poplachu ústředna aktivuje poplachová zařízení:

1. Vnitřní interiérové sirény mají vysoký pronikavý zvuk a jejich hlavním cílem je odradit pachatele. Ze zkušenosti vyplývá, že pokud je pachatel překvapen ječivým zvukem sirény, ve většině případů se dá okamžitě na útěk.
2. Venkovní sirény mají naopak za úkol v případě poplachu přilákat pozornost sousedů nebo kolemjdoucích. K tomu účelu bývá výkonná siréna doplněna intenzivním blikacem. Protože venku umístěná siréna může být lehce zranitelná, je při jejím výběru nutné dbát na důkladné mechanické provedení. Nejmodernější sirény skrývají pod venkovním plastovým pláštěm chránicím před povětrnostními vlivy ještě další ocelový kryt. Samozřejmostí je také použití vlastního vnitřního akumulátoru, který

dovede napájet sirénu v okamžiku, kdy se pachatel pokusí sirénu odpojit od vedení k ústředně nebo přímo odtrhnout ze zdi.

3. Aby se informace o poplachu dostala okamžitě i k majiteli bytu používají se komunikační prostředky využívající buď pevné telefonní linky nebo síť mobilních operátorů. Je-li k dispozici pevná linka, lze využít automatické telefonní volače. Tyto přístroje mohou stát samostatně nebo být i součástí zabezpečovací ústředny. Jsou připojeny k telefonní zásuvce a k telefonu. V případě poplachu si automaticky uvolní telefonní linku a začnou vytáčet uživatelem nastavená telefonní čísla (na pevnou linku, mobil nebo pager) a přehrávat na ně hlasovou zprávu, kterou si uživatel sám nahrál do paměti.
4. Pevná telefonní linka může být ale pro pachatele snadno narušitelná. Chcete-li zvýšit bezpečnost přenosu informace o poplachu nebo není-li v místě instalace EZS přivedena telefonní linka, je možné využít GSM brány pro přenos hlasové nebo textové poplachové informace sítí GSM. Největší jistotu pak poskytuje GPRS připojení na pult centralizované ochrany. Zde je spojení s objektem prakticky nepřetržitě monitorováno a v případě poplachu je zajištěn zásah profesionálů přímo v místě instalace. Je to rozhodně bezpečnější a účinnější než pokusy zadržet pachatele vlastními silami.

Klasické prvky EZS jsou navzájem propojeny kabely, kterými se přenáší napájecí napětí a veškeré informace. Oproti tomu bezdrátové systémy mezi sebou komunikují rádiově a snímače jsou napájeny z baterií. Spolehlivost a bezpečnost obou variant závisí na typu výrobku a nelze tvrdit, že například bezdrátové systémy jsou určeny pro nižší rizika. Naopak, poslední modely bezdrátových systémů splňující přísné evropské normy pro EZS jsou na takové kvalitativní úrovni, že za sebou nechávají i řadu klasických systémů.

Klasické prvky jsou většinou levnější než bezdrátové (pokud se nepočítá instalační materiál a práce) a lze většinou kombinovat komponenty několika výrobců v jedné instalaci. Není nutné měnit baterie ve snímačích, je však potřebné provádět preventivní prohlídky systému.

Instalace bezdrátových systémů je velmi čistá (s minimem vrtání a sekání) a rychlá (a tedy levná). Výsledný vzhled interiéru není potom ani narušen instalačními lištami. Systémy jsou velice rychle rozšiřitelné a lze je i jednoduše odinstalovat (pokud se třeba stěhujete). Samotestující funkce všech součástí systému upozorní na případnou poruchu nebo potřebu výměny baterií.

## 5.1 Zabezpečení rodinného domu

V rodinném domě byl instalován zabezpečovací systém firmy Jablotron. Firma je zaměřena na vývoj, výrobu prodej zabezpečovací a signalizační elektroniky. Hlavní doménou jsou výrobky určené pro ochranu objektů proti vloupání a požáru a zabezpečovací systémy pro motorová vozidla.

### Ústředna

Jako ústředna byl vybrán model JA-65 "MAESTRO". Je to hybridní stavebnicový systém, určený k profesionální instalaci. Kovová skříň ústředny má zabudovaný síťový zdroj a prostor pro akumulátor až 7Ah. Výklopná konzola obsahuje základní desku 16 zónové ústředny (bez vstupů). Tu je dle potřeb možno doplnit následujícími prvky:

1. Radiový komunikační modul JA-65R umožňuje přiřadit bezdrátové periferie řady JA-60: až 16 snímačů, až 8 klávesnic nebo dálkových ovladačů, bezdrátovou sirénou JA-60A a výstupní moduly řady UC.
2. Modul JA-65H obsahuje 8 drátových vstupních smyček (s možností dvojitého vyvažování). V ústředně lze osadit až dva tyto moduly.
3. Telefonní komunikátor JA-65X dokáže předávat hlasové zprávy, SMS zprávy prostřednictvím SMS serveru, komunikuje s pultem centrální ochrany a umožňuje dálkový přístup z počítače instalátéra (užitím SW ComLink a modemu JA-60U).
4. Ovládání a programování ústředny je možné systémovou klávesnicí JA-60E (případně též bezdrátovou verzí JA-60F). Pro ovládání lze užit i dálkové ovládače RC-11, RC-22 a klávesnici JA-60D. Ústřednu je možné také ovládat, programovat a dálkově spravovat počítačem a programem ComLink.

System je zcela bezdrátový. Při plné konfiguraci (osazení všech pozic) získáme 16 zónový drátový systém. Přitom do každé zóny je možné přiřadit libovolný bezdrátový snímač JA-60. Ústřednu je možno rozdělit programově na dva uživatelsky nezávislé sektory (režim dělení ústředny). Technické parametry jsou v příloze č.1.

### **Ovladač**

Klávesnice JA-60F je určena pro ovládání zabezpečovacích systémů řady JA-60. Prosvětlené ovládací klávesy je možné zakrýt odklápěcím krytem, zabudované signálky, displej a akustický signalizátor přehledně informují o stavu zabezpečovacího systému. Tato klávesnice komunikuje s ústřednou bezdrátově a nepotřebuje tedy propojovací kabel. Nežádoucí manipulace s klávesnicí (otevření nebo utržení z instalace) vede k vyhlášení sabotážního signálu. Sledován je též počet pokusů o zadání správného kódu. Klávesnice provádí pravidelně autotest a hlásí svůj stav kontrolním přenosem do systému (ztrátu spojení systém sleduje). Klávesnici lze též užit ke změnám nastavení ústředny, nebo jako diagnostický prostředek k testování systému. Technické parametry jsou v příloze č.2.

### **Detektor**

Bezdrátový detektor pohybu JA-60P je určen k detekci pohybu člověka v hlídaném prostoru. Vysokou odolnost proti falešným poplachům a účinnou teplotní kompenzaci zajišťuje digitální zpracování signálu. Použitý způsob bezdrátové komunikace garantuje kvalitní přenos signálů. Testování snímače usnadňuje automatický testovací režim. Každá nežádoucí manipulace s výrobkem nebo snaha o jeho odstranění vede k vyslání sabotážního signálu. Detektor provádí pravidelně autotest a hlásí svůj stav kontrolním přenosem do systému. Technické parametry jsou v příloze č.3.

### **Siréna**

Bezdrátová siréna JA-60A je určena k montáži venku, má vlastní síťový adaptér a zálohovací akumulátor. Při poplachu zabezpečovacího systému (kromě tichého poplachu Panik) houká siréna po dobu poplachu na ústředna, maximálně však po dobu 19 minut. Blikač bliká ještě 1 hodinu po skončení poplachu, popřípadě do dalšího zajištění systému. Se zabezpečovacím systémem komunikuje bezdrátově (obousměrná komunikace). Na demontáž krytu či utržení sirény reaguje ústředna systému signalizací „sabotáž A“. Siréna též pravidelně informuje ústřednu o připravenosti k provozu. Případnou závadu sirény nebo ztrátu spojení se sirénou zobrazí ústředna indikací „porucha A“. Nízké napětí záložního akumulátoru je signalizováno indikací „baterie A“. Siréna nevyžaduje žádnou údržbu, její zálohovací akumulátor je dobíjen

automaticky. Životnost akumulátoru je max. 5 let, po této době doporučujeme jeho výměnu. Technické parametry jsou v příloze č.4.

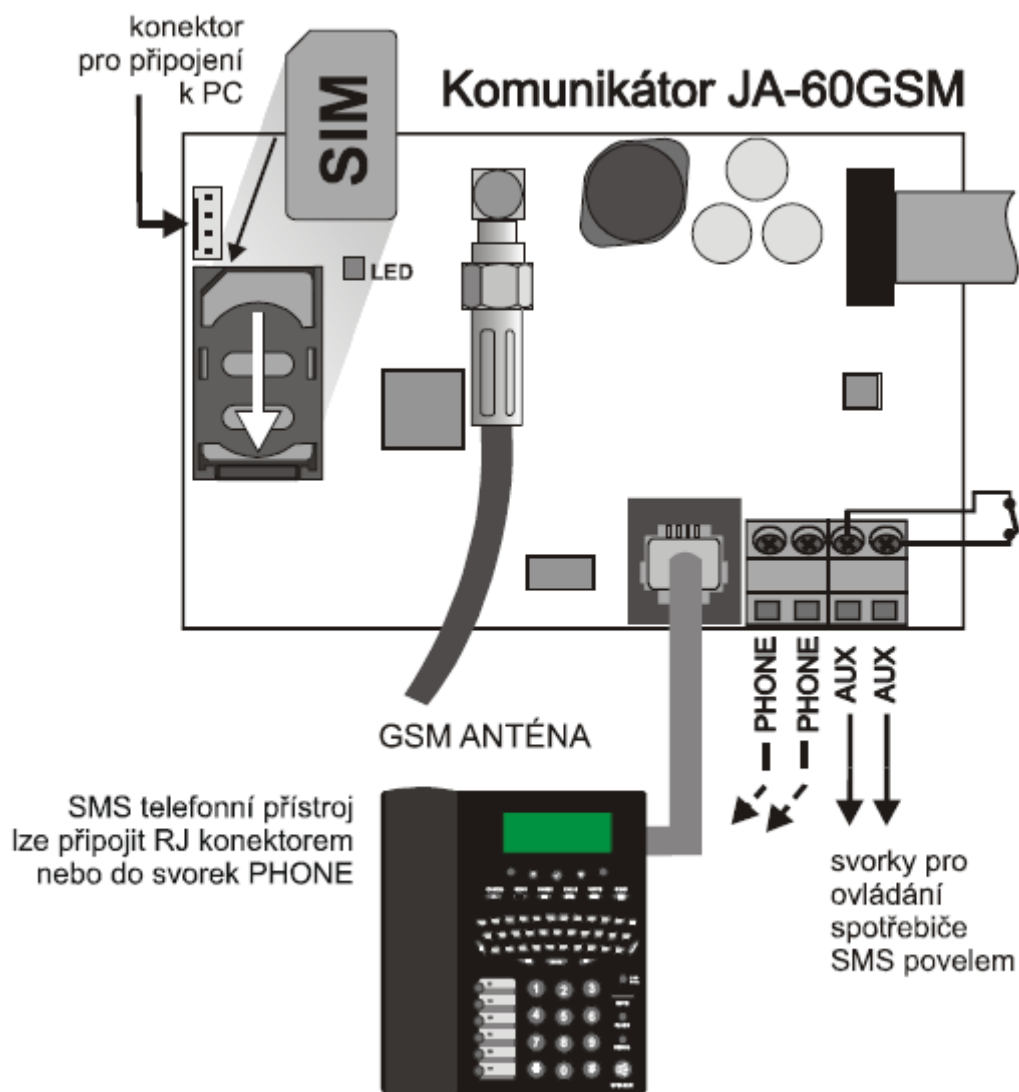
### **Bezdrátový modul**

Zařízení UC-282 je určeno k propojení s bezdrátovým interfacem UC-280 či UC-281, pro příjem informací z bezdrátových snímačů řady JA-60 a dálkových ovládačů řady RC Jablotron (rozšíření o 8 příjmových zón). Deska expandéru nemá vlastní přijímač a obsahuje pouze svorky výstupu zón. V případě potřeby lze počet příjmových zón UC-280 rozšířit pomocí expanderů typ UC-282 až na celkový počet 40. Technické parametry jsou v příloze č.5.

### **GSM komunikátor**

Komunikátor je určen pro zabezpečovací ústředny JA-60, 63 a 65. Slouží ke komunikaci prostřednictvím sítě GSM. Sít' si vyberete vložení SIM karty provozovatele. Modul komunikátoru nabízí ve spojení se zabezpečovacím systémem následující funkce:

- odesílání informačních SMS textových zpráv až na 8 mobilních telefonů,
- zavolání na nastavená telefonní čísla a přehrání akustického upozornění,
- předávání údajů na pult centrální ochrany (PCO) - možno předávat na 2 různé pulty,
- dálkové ovládání a programování systému pomocí SMS z mobilního telefonu nebo ze SMS brány,
- dálkové ovládání a nastavování systému z klávesnice telefonu (mobilní i pevné sítě),
- dálkové ovládání spotřebiče v domě z telefonu (mobilní i pevné sítě),
- z připojeného telefonního přístroje lze telefonovat podobně jako z pevné linky (prostřednictvím sítě GSM),
- nastavování zabezpečovacího systému prostřednictvím nastavovací webové stránky <http://www.gsmlink.cz/>.



Obr. 5.1: Schéma modulu komunikátoru JA-60GSM

System vybavený GSM komunikátorem lze ovládat dálkově. Z mobilního telefonu je možné ovládní dvojím způsobem. Buď odesláním příkazové SMS zprávy, nebo vytočením čísla a navázáním autorizovaného spojení (chráněné přístupovým kódem) se systémem (klávesnice telefonu se pak chová jako klávesnice systému). Z pevné linky je dálkové ovládní možné pouze vytočením čísla a navázáním autorizovaného spojení.

#### Zajištění systému SMS zprávou (AM xxxx)

Textová zpráva typu **AM** umožňuje zapnout ústřednu do hlídacího stavu. Pokud je systém kompletně zajištěn, jeho stav se nezmění.

**Příklad:** Odeslání zprávy **AM\*1234** zajistí systém obdobně jako zadání kódu 1234 na klávesnici EZS

#### Odjištění systému SMS zprávou (DM xxxx)

Textovou zprávou typu **DM** lze ústřednu odjistit. Pokud je celý systém odjištěn, jeho stav se nezmění stejně tak jako v předchozím případě.

#### Zjištění stavu (módu) systému pomocí SMS (MO)

Zasláním příkazové SMS typu MO je možno zjistit aktuální stav zabezpečovacího systému. Komunikátor odpoví zpětnou SMS o aktuálním stavu, síle signálu GSM, aktuálním připojení na GPRS, úspěšnosti předání na jednotlivá PCO.

#### Zjištění poslední události v paměti pomocí SMS (ME)

Zasláním příkazové SMS typu ME komunikátor zareaguje zprávou o poslední události zaznamenané v paměti zabezpečovacího systému.

#### Ovládání spotřebiče v domě pomocí SMS (AUXON, AUXOFF)

Touto příkazovou SMS lze zapínat a vypínat výstup AUX (např. topení v domě). Komunikátor potvrdí provedení příkazu zpětnou SMS.

#### Udržovací volání pro předplacené karty

Komunikátor JA-60GSM umožňuje realizovat udržovací volání pro předplacené karty. Pokud nebude po dobu 90 dnů realizováno žádné volání z komunikátoru, pak komunikátor zavolá na zadané telefonní číslo. Komunikátor nevydává žádný zvuk a po 10 sekundách se spojení ukončí. Pro udržovací volání se doporučuje používat telefonní čísla některé placené služby, např. přesný čas – 14112.

#### Zjištění zůstatku pro předplacené karty

Komunikátor JA-60GSM umí předat informaci o stavu kreditu předplacené SIM karty. Zaslání SMS s povelem CREDIT z některého z čísel uložených v paměti (sekvence 7t...) způsobí odeslání textové zprávy s informací o výši kreditu na předplacené kartě. Tento povel se zadává sekvencí:

Pro opakované zjištění není již nutno znovu zadávat celý povelový řetězec – stačí slovo CREDIT. Komunikátor si pamatuje parametr naposledy použitého povelu. Tato informace ukládá na pozici textů SMS číslo 626, kde ji můžete programem ComLink zkontrolovat či opravit. Pokud je zjištěn kredit nižší nebo roven minimální hodnotě, přenese se událost “Vybitá baterie GSM komunikátor“ na telefonní čísla s nastavenou událostí “Vybitá baterie“ viz tabulka 4.1.1. Zpráva od operátora se navíc zašle na telefonní číslo 1 a číslo 8, pokud jsou zadána. Pokud je kredit obnoven a je vyšší než minimální přenese se událost “Baterie OK GSM komunikátor.“ Pravidelné testování se ukončí zadáním povelu bez určení periody.

**Příklad:** odesláním CREDIT \*101# 7 200 1 se bude každý týden kontrolovat zůstatku kreditu pod hodnotu 200,-Kč, jehož údaj je na 1 pozici v SMS od operátora.

## 5.2 Požární signalizace

Základním úkolem systému elektronické požární signalizace je detekce nebezpečí požáru, a to pokud možno v co nejčasnějším stadiu jeho vzniku. Ve většině případů bývá prvním příznakem nebezpečí kouř, který se objevuje dříve než zvýšená teplota, a který rovněž v největší míře způsobuje ohrožení osob. Nejčastěji používané systémy EPS jsou adresovatelné analogové systémy, mezi jejichž výhodné vlastnosti patří především:

- Každý detektor je individuálně adresovatelný, což umožňuje snadnou lokalizaci místa, odkud poplachové hlášení přišlo.
- Riziko vzniku falešného poplachu je možné snížit tím, že k vyhlášení poplachu dojde teprve při vyhodnocení požáru na dvou či více detektorech. V tomto případě je možné pro rychlejší signalizaci požáru využít citlivějších detektorů.

- Jednotlivé požární zóny jsou definovány programovým vybavením ústředny EPS, což umožňuje pružně reagovat na změny v uspořádání budovy bez nutnosti změn v instalacích.

V případě vyhodnocení požáru zajistí systém požární signalizace díky propojení s ostatními subsystemy budovy činnosti jako spuštění optické a akustické signalizace v ohrožených prostorech objektu a ohlášení poplachu prostřednictvím GSM komunikátoru.

### **Detektor hořlavých plynů**

Detektor JA-60G slouží k indikaci požárního poplachu při úniku plynů. Reaguje na všechny typy hořlavých plynů (zemní plyn, svítiplyn, propan, butan, acetylén, vodík,... ) ve dvou úrovních koncentrace. Charakteristickými vlastnostmi výrobku jsou vynikající stabilita, vysoká citlivost, dlouhá životnost, malé rozměry a napájení přímo ze sítě. Přístroj signalizuje únik plynu opticky, akusticky a vysílá též informaci radiovým signálem.

### **Optický detektor kouře**

Detektor JA-60SP reaguje na výskyt kouře požárním poplachem, jeho využití je vhodné zejména v obytných částech domů a v prostorách se zvýšeným nebezpečím požáru. Poplachová informace je předávána bezdrátově. Pro lokální varování má snímač zabudovanou sirénu. Detektor provádí pravidelně autotest a hlásí svůj stav kontrolním přenosem do systému. Funkci detektoru lze ověřit stiskem testovacího tlačítka. Výrobek lze navíc pohodlně testovat pomocí běžného dálkového IR ovladače spotřební elektroniky.



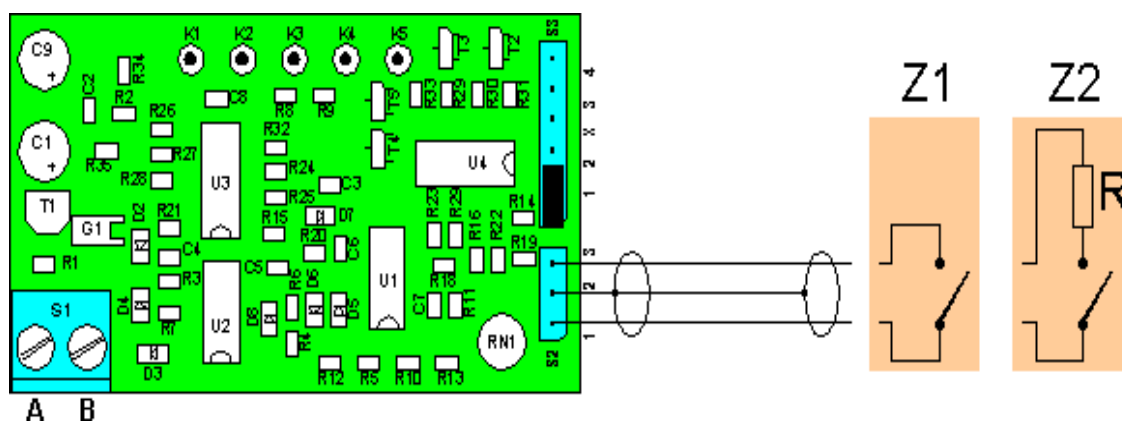
**Obr. 5.1: Detektor hořlavých plynů JA-60G**



**Obr. 5.2: Optický detektor kouře JA-60SP**

### **5.3 Přímé ovládání hlavice (okenní kontakt)**

V některých situacích může být požadováno úplné nebo částečné uzavření elektronické hlavice (či vypnutí relé DRP prostřednictvím koncového modulu). Typickým případem je požadavek přerušení nebo útlumu vytápění při otevření okna. V takovém případě je možno použít okenní kontakt; ten musí být instalován tak, aby při otevření okna spínal (obrázek 5.3).

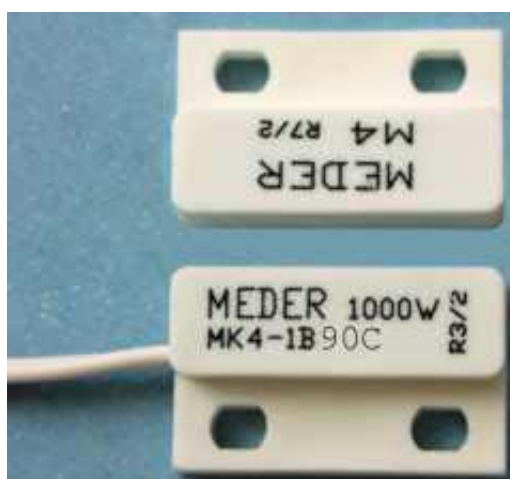


Obr. 5.3: Zapojení okenního kontaktu

Kontakt se připojuje stíněným dvou vodičem ke svorkovnici S2 desky elektroniky hlavičky či koncového modulu - jeho sepnutí propojí svorky 1 a 3 (což jsou vlastně vývody čidla - termistoru). Prostřední vodič spojený se svorkou 2 tvoří stínění proti rušivým polím. Po sepnutí spínače (v zapojení Z1) dojde nejpozději do čtyř minut k úplnému uzavření hlavičky (vypnutí relé připojeného ke koncovému modulu).

Při dlouhodobě otevřeném okně by za jistých podmínek mohlo dojít ke značnému ochlazení místnosti, v extrémním případě až k zamrznutí radiátoru. Ochranou proti takovému stavu je vřazení odporu do spínacího obvodu (zapojení Z2). Hodnota odporu je závislá na požadované úrovni minimální teploty, ale také na velikosti programované teploty při zvoleném teplotním rozsahu. Pro nejběžnější aplikaci (teplotní rozsah  $6 \div 35^{\circ}\text{C}$ ) je možno s použitím odporu 100 k Ohmů snížit sepnutím kontaktu nastavenou teplotu  $21^{\circ}\text{C}$  na  $15,5^{\circ}\text{C}$ ; pokud je však programovaná teplota jen  $15^{\circ}\text{C}$ , sníží se sepnutím kontaktu na  $7^{\circ}\text{C}$ .

Spínací proud okenního spínače je max. cca 1 mA, napětí 5V. Kontakt musí být samozřejmě galvanicky oddělen od jakýchkoliv jiných obvodů a nesmí být spojován s žádnými ochrannými či zemnicími vodiči. Pro okenní spínače se zpravidla používají jazýčkové spínače s magnetickým ovládáním obrázků 5.4. Jazýčkový kontakt se montuje do pevné části okna, otevírací část se opatří permanentním magnetem.



Obr. 5.4: Zapojení okenního kontaktu

Okenní kontakt můžeme využít i k zabezpečení domu. Lze ho zapojit místo magnetického snímače firmy Jablotron JA-60N a propojit dvoužilovým kabelem s ústřednou JA-65 „MAESTRO“. Okenní kontakt tak plní funkci zabezpečení oken vůči otevření.

## 5.4 Vzdálený přístup pomocí WWW serveru

### Možnosti nastavení pomocí www

Nastavovací www server nabízí možnost načítat a měnit konfiguraci ústředny a komunikátoru. Přenos dat probíhá pomocí datových SMS zpráv či GPRS. Z www serveru lze měnit:

- nastavení ústředny,
- nastavení komunikátoru,
- nastavení předávaných zpráv na 8 telefonních čísel,
- nastavení předávání zpráv na PCO.

Dále je možné získat výpis událostí podobně jako v programu ComLink. Komunikace je prováděna minimálním počtem SMS zpráv (obvykle jednou) nebo pomocí GPRS přenosu. Pro GPRS přenos je nutné mít tuto službu aktivovanou na SIM kartě.

### Registrace na serveru

Registrace přes www stránky: zaregistrujte se na serveru [www.gsmlink.cz](http://www.gsmlink.cz) - k registraci slouží registrační klíč uvedený na záručním listu zařízení. Registrační klíč lze též získat zadáním sekvence 972 xxxxx F0 (systém musí být v programovacím režimu), kde xxxxx je číslo Vašeho mobilního telefonu, na který klíč následně obdržíte. Zároveň se tím komunikátor přihlásí na www server.

### Nastavení ústředny nebo komunikátoru

Pro nastavení ústředny je potřeba znát servisní kód, případně ještě uživatelský kód. Po příjmu požadavku se komunikátor snaží přejít do servisního režimu (případně odjištění a zadání servisního kódu), naprogramuje parametry, načte nastavení a přejde zpět do zvoleného režimu (servis, zajištěno nebo odjištěno). Načtené nastavení je spolu se stavem ústředny odesláno zpět na server.

## 6. Větrání rodinného domu

Jedním z mnoha činitelů ovlivňující životní pohodu je kvalita vzduchu. Požadavky na kvalitu vzduchu, ne jeho složení, resp. Na nejvyšší přípustné koncentrace škodlivých složek přítomných v ovzduší jsou dány druhem prostředí, ve kterém člověk pobývá. Hodnoty nejvyšší přípustných koncentrací škodlivin jsou uvedeny v hygienických předpisech ministerstva zdravotnictví. Škodliviny vznikající v rodinných domech můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:

1. Do první skupiny je možné zařadit látky, které se mohou uvolňovat z konstrukčního materiálu objektu, případně ze zařizovacích a vybavovacích předmětů domu. Jako příklad lze uvést těkání plyných látek ze stavebního materiálu – formaldehyd, fenol, styren a další.
2. Druhá skupina zahrnuje škodliviny vznikající při používání vybavení a zařízení objektu, např. při vaření, používání koupelny a WC a dalších prostor domu. Nejčastějšími škodlivinami jsou: nadměrné teplo, vodní pára, oxid uhličitý a uhelnatý, oxidy síry, pachy, vzduchem unášené malé tukové částice, vznikající při vaření a prach z místností (převážně organického původu) i z venkovní atmosféry (převážně anorganického původu).
3. Znehodnocení ovzduší prostor vyvolané přítomností pobývajících osob řadíme do třetí skupiny. Škodliviny této skupiny jsou teplo a vlhkost odevzdávané lidským tělem do prostoru, případně osobní pachy jako produkty látkové přeměny v organismu spojené s činností osob a konečně i svévolné znehodnocování vzduchu například kouřením.

Prostory domu můžeme rozdělit na část obytnou a na bytové příslušenství. Do obytné části patří obývací pokoj, ložnice a jiné pokoje a chodba. Bytovým příslušenstvím jsou souhrnně označovány kuchyně, koupelna, záchod, prádelna a sklepy.

### Kuchyně

Kuchyně vybavená plynovým sporákem bude mít zdroj vývinu CO<sub>2</sub> a CO se současně značnou spotřebou kyslíku potřebného pro hoření. Vařením se vyvíjejí též podružné aktivity, které však nejsou zanedbatelné. Především je to nadměrný vývin vodní páry, pachů, vůní a nadbytečného tepla. Teplem od sporáku dochází k velmi intenzivnímu proudění vzduchu jak u sporáku, tak v místnosti, a tím i ke strhávání značného množství prachových částic. Tyto prachové částice se spojí s kapénkami tuku a při styku s chladným povrchem předmětů v této místnosti na něm kondenzují. Postupným usazováním těchto tukoprachových částic se vytvoří lepivá vrstva. Sací větrací zařízení kuchyně (digestoř) s ohledem na varný proces by mělo umožňovat odsávání 100 m<sup>3</sup>/h a pochopitelně zajistit potřebné množství venkovního větracího vzduchu. Venkovní vzduch může být přiváděn na chodbu pod tlakem přes uzavíratelné mřížky ve zdech. Další mřížka by měla být na dveřích z chodby do kuchyně. Do kuchyně se pak podtlakem nasaje množství vzduchu, které je odsáváno digestořem.

### Koupelna

Vodní pára je hlavní ze škodlivin vyvíjející se v koupelně. Nejvíce páry v časové jednotce vzniká používáním sprchy. I když celkové množství spotřebované vody je malé, množství vzniklé páry je značné. Při vanových koupelích je množství páry unikající z vodní hladiny přímo úměrné její ploše, teplotě vody, klidu hladiny a době koupele. Nadměrné množství

vodní páry ve vzduchu spolu se zvýšenou teplotou vzduchu vytváří krajně nepříznivé pocitové stavy. Pro vlastní proces koupání by nemělo množství větracího vzduchu klesnout pod 75 m<sup>3</sup>/h opět se jedná o podtlakový větrací systém.

### Záchod

Množství pronikajícího zápachu do WC z jeho odpadu je závislé jednak na konstrukci vlastní záchodové mísy, správném návrhu instalace a jejím namontování a zapojení zařízení. Pro větrání udržovaného WC postačuje podtlakové větrání o odsávaném množství vzduchu 25m<sup>3</sup>/h.

### Obytné místnosti

Podle současného stavu dispozičních návrhů bytů i způsobu používání se dá říci, že nejhorší ovzduší má z obytných místností obývací pokoj. To je dáno samotným lidským činitelem, jeho produkt tepla, výpary z potů, kouřením a tím, že místnost bývá často používána jako jídelna a pracovna. Obývací pokoj je jediná místnost domu, kde se zdržují všichni členové rodiny. Ze vznikajících škodlivin je to hlavně tepelný příkon a výdej vodní páry osobami v místnosti. Pokud na 1 osobu připadá 20 m<sup>3</sup> obestavěného obytného prostoru místnosti, je třeba uvažovat jednonásobnou výměnou vzduchu, tj. 20 m<sup>3</sup> venkovního (čistého atmosférického) za jednu hodinu. Podle počtu osob je třeba uvažovat i s násobkem přiváděného větracího vzduchu. Při třech osobách to je 60 m<sup>3</sup>/h. Pokud ovšem připadá na jednu osobu menší objem prostoru než je 20 m<sup>3</sup>, musí se o to zvýšit výměna množství venkovního větracího vzduchu.

Pro běžné aplikace v rodinných domech a bytech se nejčastěji používají ventilátory jako jsou například na obrázku 6.1. Dělají se pro průtok vzduchu v rozsahu od 50 do 600 m<sup>3</sup>/h. Některé ventilátory lze koupit jenom jako odsávací nebo přiváděcí a některé lze jednoduše předělat podle potřeb uživatele.



**Obr. 6.1: Ventilátory k instalaci na stěnu od firmy OLAER CZ**

## 7. Řízení osvětlení

Správné osvětlení je jedním z klíčových parametrů, které vytvářejí komfortní pracovní prostředí. Je samozřejmostí, že osvětlení musí splňovat ergonomické standardy, to však samo o sobě k vytvoření světelné pohody nepostačuje. Úkolem systémů řízení osvětlení moderních budov je proto plnit individuální a proměnlivé požadavky jednotlivých osob na způsob a kvalitu osvětlení jejich pracovního místa. Osvětlení chodeb, schodišť a ostatních komunikací, které bývá rozděleno do okruhů odpovídajících členění budovy, může být automaticky ovládáno z řídicího systému budovy podle definovaných časových programů a s návazností na úroveň denního světla, programy úspory energie nebo funkci zabezpečovacího či přístupového systému. Podmínkou pro možnost požadovaného řízení osvětlení je samozřejmě vybavení příslušných napájecích vývodů v rozvaděčích spínacími prvky. Takové zapojení rozvaděče, stejně jako rozdělení svítidel do jednotlivých světelných okruhů odpovídajících funkčním zónám budovy, musí být zabezpečeno již v příslušném projektu.

Systémy osvětlení komfortních budov bývají realizovány jako kompletní funkční celek specializovanými dodavateli a vybaveny vlastním řídicím systémem, který je integrován do řídicího systému budovy. V současné době se začíná v budovách s vyšším standardem uplatňovat komplexní řešení, spojující regulaci osvětlení a ochranu proti oslnění v jednotlivých místnostech budovy tak, aby v nich bylo dosaženo optimálního osvětlení pracoviště při maximálním využití denního světla.

Rádio frekvenční systém Xcomfort do firmy Moeller je systém vhodný jak pro novostavby, tak pro rekonstrukce. Systém Xcomfort byl vyvinut s důrazem na použití při rekonstrukcích budov a v budovách při požadavku rychlé montáže, bez nutnosti uložení komplikovaných kabelových rozvodů, např. pro montované domy, sruby, panelové domy a podobné instalace. Je určen pro rozšíření již existujících elektroinstalací, ale rovněž pro řešení problematiky řízení inteligentních budov v novostavbách.

Systém je řešením inteligentní elektroinstalace s bezdrátovou komunikací na frekvenci 868,3 MHz, která se využívá pouze u systémů pro automatizaci budov. Jedinečnost řešení spočívá zejména v úplnosti systému. Ten je schopen zautomatizovat a zjednodušit ovládání domu ať už jde o vytápění, klimatizaci, nastavení rolet či žaluzií, garážových vrat, brány nebo řízení osvětlení včetně jeho stmívání. Systém lze tedy nasadit pro standardní ale i náročné aplikace.

Jednoduchost montáže a minimální nároky na úpravu vedení podstatně zkracují dobu potřebnou na rekonstrukci elektroinstalace. Technika montáže umožňuje změnit klasickou elektroinstalaci na inteligentní bez přerušení používání objektu. Vše může být realizováno za přijatelných cenových podmínek, pod úrovní cen sběrníkových systémů. V podstatě to znamená doplnění spínacích, stmívacích nebo roletových aktorů do stávající elektroinstalace, přičemž využíváme montáž komponentů do instalačních krabic, krytů svítidel nebo přímo do spotřebičů. Nástěnná tlačítka včetně zásuvek lze vybrat ve vhodném designu. Úloha spínání osvětlení zahrady z ložnice může být řešena i později, třeba za dlouhých zimních večerů.

Ovládání je možné zajistit několika způsoby, místně tlačítkovými nástěnnými spínači, z domu a jeho okolí s využitím ručního dálkového ovládače, prostřednictvím tlačítek vizualizačního a řídicího systému Home Manager (případně prostřednictvím televizní jednotky připojené k Home Manageru) nebo na dálku pomocí mobilního telefonu. Protože komunikace mezi senzory a aktory (obsluhujícími) a výkonovými prvky, které rozsvítí světlo, zatáhnou žaluzie nebo zregulují vytápění, je bezdrátová, lze pohodlí nabízené RF systémem Xcomfort využít i v již existující elektroinstalaci, zpravidla bez stavebních úprav, a to i postupně dle finančních možností uživatelů. Počátkem může být např. pohodlné ovládání osvětlení a žaluzií v

obývacím pokoji jedním tlačítkem. Pro nerušené sledování televize tudíž stačí stisknout tlačítko s uloženou světelnou scénou pro sledování televize a vše ostatní zařídí systém.

S centrální jednotkou Home Manager lze zcela automatizovat provoz domu včetně regulace vytápění v závislosti na venkovní a vnitřní teplotě, denní době, dnu v týdnu apod., při kombinaci několika zdrojů tepla (tepelné čerpadlo, sluneční kolektor a plynový kotel), a to na optimální teplotu a s minimalizací nákladů podporující rychlé navrácení nákladů na pořízení systému. S cílem dosáhnout větší bezpečnosti domu je také možné podle zvoleného programu automaticky simulovat přítomnost osob v bytě pro vybraná světla. Prostřednictvím mobilního telefonu lze na dálku zkontrolovat stav jednotlivých zařízení, spustit vytápění či zapnout vyhřívání sauny, stáhnout rolety apod. Rozsah použitelnosti systému je téměř neomezený. Komunikace není limitována běžným dosahem rádiového přenosu, protože prvky systému Xcomfort si v případě potřeby předávají informace mezi sebou.

Pokud uživatel klade na svoji elektroinstalaci pouze standardní požadavky jako je dálkové ovládání osvětlení, řízení rolet, spínání libovolných spotřebičů apod. a nevyžaduje přitom např. časové funkce, světelné scény, regulaci vytápění apod., systém se jednoduše nastaví pouze malým šroubovákem.

Pro detailní konfiguraci RF systému je nutné použít interface RF/RS232 a software MRF. Pro pokročilejší instalace je nutné vždy použít Home Manager, který se konfiguruje softwarem MMRF. Oba programy jsou v české jazykové verzi a jsou ke stažení na stránkách [www.moeller-cz.com](http://www.moeller-cz.com).

Systémů řízení osvětlení je dnes už na trhu mnoho. Jedná se většinou o systémy zahraničních firem jako je Moeller, Siemens, Johnson Controls, ABB a jiné. Liší se hlavně cenou, ty dražší systémy jsou většinou o něco složitější a používají se zejména v řízení větších objektů jako jsou administrativní budovy, divadla, kina atd.

### **Integrace**

V příloze č. 12 je uvedeno zapojení elektronického zabezpečovacího systému a řízeného vytápění do jednoho počítače. V schématu jsou zakresleny otopné tělesa nad kterými jsou uvedeny čísla místností ve kterých se nacházejí. Dále jsou uvedeny značky detektorů pohybu a okenních kontaktů v těch místnostech, ve kterých jsou instalovány. V místnosti 101 (kuchyň) se nachází kotel, řídicí jednotka ETATHERM (pro řízení vytápění) a řídicí jednotka JABLOTRON (ústředna elektronického zabezpečovacího systému).

## 8. Závěr

Je zřejmé, že systém automatizace budovy bude stále více využívat prostředků a nástrojů IT technologií a využívat výhod multimediální technologie. Bude se ve stále větší míře prosazovat integrace autonomních řídicích systémů dodavatelů technologického zařízení. Už dnes nabízí firmy jako Moeller, Siemens, Johnson Controls, ABB sofistikované systémy, které v aplikacích velkých budov nemají omezení. Mnoho prvků z těchto systémů se začíná čím dál častěji využívat i v menších aplikacích jako jsou rodinné domy. Jsou to hlavně systémy řízení vytápění IRC, elektronické zabezpečovací systémy, řízení osvětlení atd.

Cílem této práce bylo ukázat nakolik výhodná je instalace IRC systému v rekonstruovaném rodinném domě. Z výsledku doby návratnosti, což je v daném případě 4 roky, je zřejmé, že systém ETATHERM od českého výrobce díky ceně a kvalitě regulace je výhodné použít pro rekonstruované domy. Myslím si, že pro systém najde uplatnění i v novostavbách, u kterých jsou tepelné ztráty nižší.

V této práci bylo vysvětleno co obnáší elektronické zabezpečovací systémy, které se stávají standardem v dnešních novostavbách a její možné aplikace v rekonstruovaném rodinném domě bez větších stavebních zásahů. Práce ukazuje také možnosti rozšiřování systému a případně jeho sledování ze vzdáleného místa. V práci byl popsán systém od české firmy Jablotron, která nabízí široký sortiment za rozumné ceny na rozdíl od některých zahraničních výrobců. Navíc tato firma nabízí možnost zaškolení, takže si pak klient může nejen instalovat systém sám bez snížení záruční doby na zařízení, ale může si ještě přivydělat.

Návrh solárního ohřevu otevřeného zahradního bazénu, bylo ukázkou toho jak si spočítat plochu solárních kolektorů pro takový zahradní bazén a tím pádem i zjistit výši investic do takového systému.

V práci jsem pospal možnosti další automatizace domu, jako je řízení osvětlení a propojení některých systému při využívání společných funkcí.

## 9. Seznam použité literatury

Knihy, skripta:

- [1] Lázňovský M., Kubín M., Fišer P.: Vytápění rodinných domků, T.Malina, Praha 1996
- [2] Cihelka J.: Sluneční vytápěcí systémy, SNTL, Praha 1984
- [3] Chyský J., Hemzal K. a kol.: Větrání a klimatizace, BOLIT – B press, Brno 1993
- [4] Pavelek, Štětina: Experimentální metody v technice prostředí, VUT 1997
- [5] zápisy z přednášek předmětu Vytápění

Normy:

- [6] ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, ČNI, Praha 1994
- [7] ČSN 730540-3 tepelná ochrana budov, část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování, ČNI, Praha 1994

Internet:

- [8] TZB-info, <http://www.tzb-info.cz/>
- [9] Etatherm, <http://www.etatherm.cz/>
- [10] Jablotron, <http://www.jablotron.cz/>
- [11] Moeller, <http://www.moeller.cz>

## Seznam příloh

- č.1 Technická data kotle BAXI LUNA 240i
- č.2 Měřicí zařízení TESTO 177-H1
- č.3 Průběh teplot pro režim Sobota a Neděle (pokoj 202, listopad)
- č.4 Průběh teplot: první přes pracovní dny, druhý přes víkend (pokoj 202, leden)
- č.5 - 11 Optimalizace programů
- č.12 Schéma integrace elektronického zabezpečovacího systému a řízeného vytápění
- č.13 Technické parametry zabezpečovací ústředny JA-65 “MAESTRO“
- č.14 Technické parametry bezdrátové klávesnice JA-60F
- č.15 Technické parametry bezdrátového detektoru pohybu JA-60P
- č.16 Technické parametry bezdrátové sirény JA-60A
- č.17 Technické parametry rozšiřujícího modulu UC-282

## Přílohy

Příloha č.1: Technická data kotle BAXI LUNA 240i



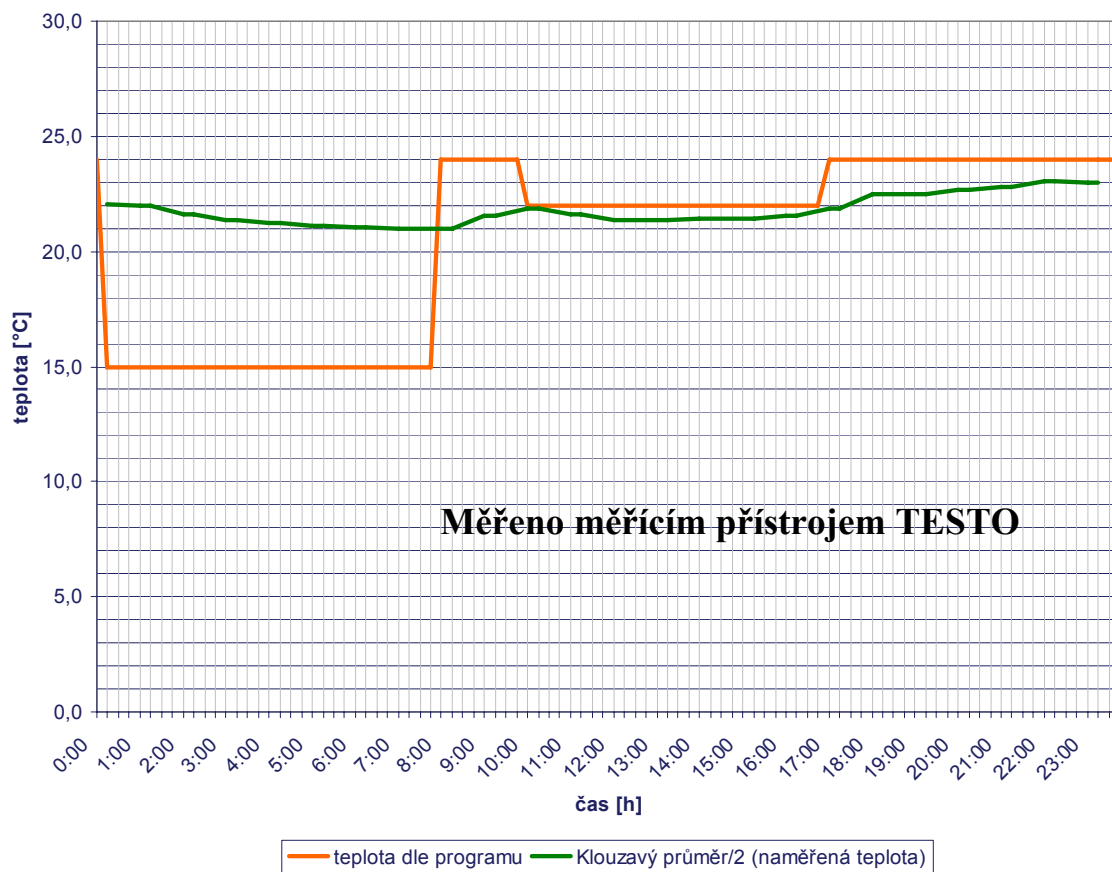
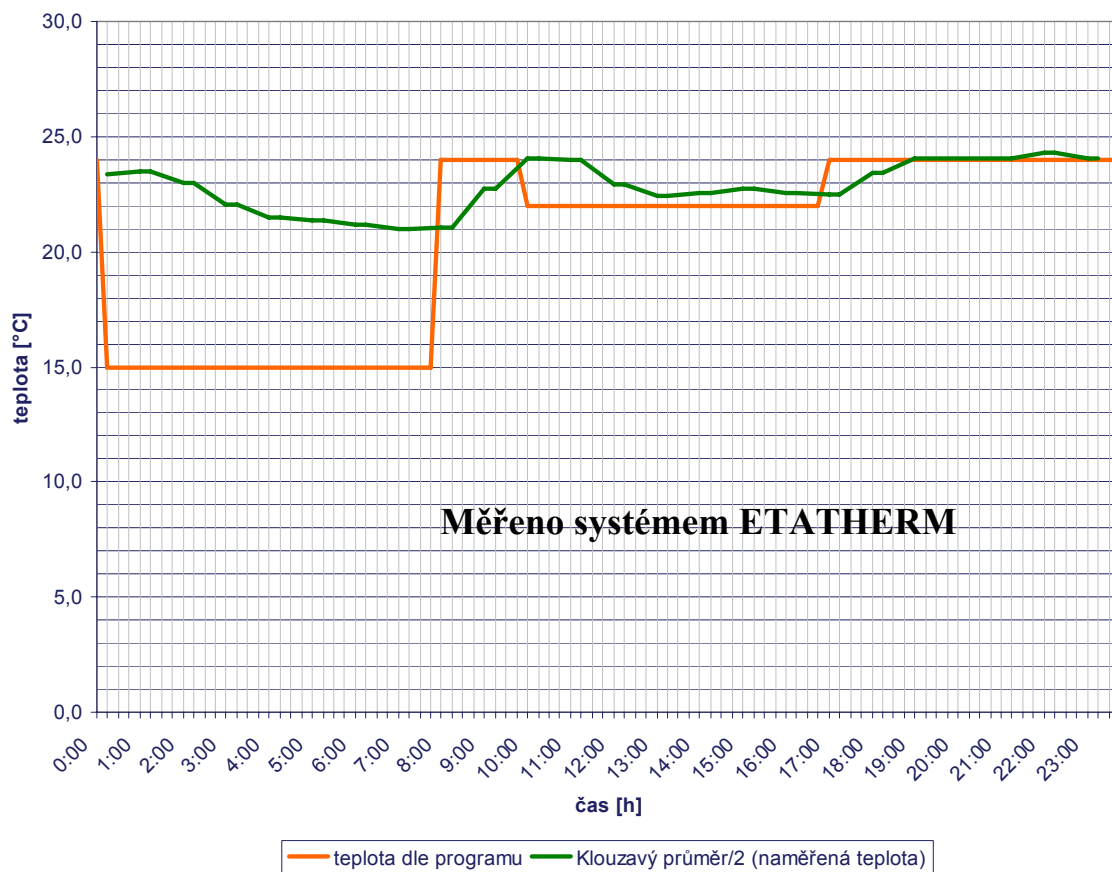
Jmenovitý tepelný výkon	[kW]	24
Redukovaný tepelný výkon	[kW]	9,3
Spotřeba při jmenovitém výkonu	[kWh]	26,3
Spotřeba při redukováném výkonu	[kWh]	10,6
Rozsah regulace topné vody	[°C]	30 – 85 nebo 30 – 48
Rozsah regulace TUV	[°C]	30 – 60
Minimální průtok TUV	[l/min]	2,5
Množství TUV při ohřátí o 25 °C	[l/min]	13,7
Množství TUV při ohřátí o 35 °C	[l/min]	9,8
Průměr odkouření do komína	[mm]	120
Elektrické napětí / frekvence	[V/Hz]	230/50
Jmenovitý elektrický příkon	[W]	110
Hmotnost	[kg]	34,5
<b>Rozměry</b>		
Výška	[mm]	800
Šířka	[mm]	450
Hloubka	[mm]	345

Příloha č.2: Měřicí zařízení TESTO 177-H1

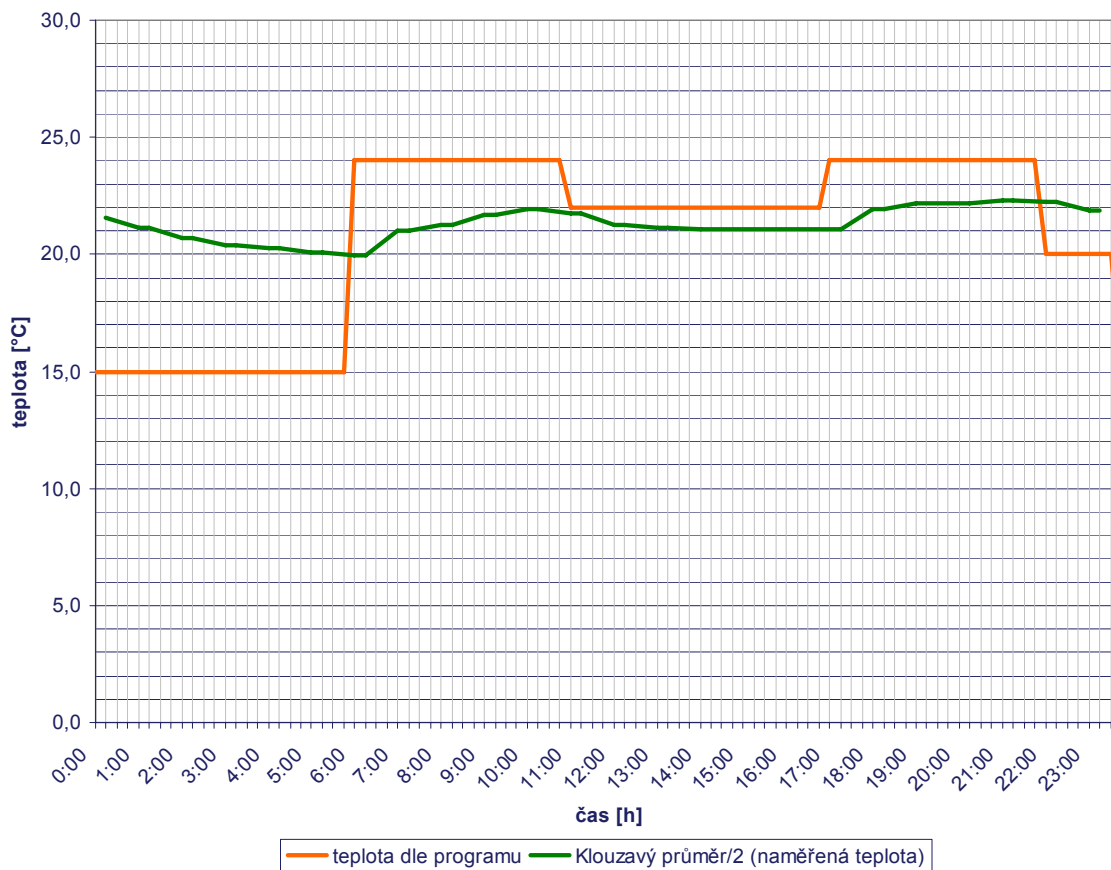
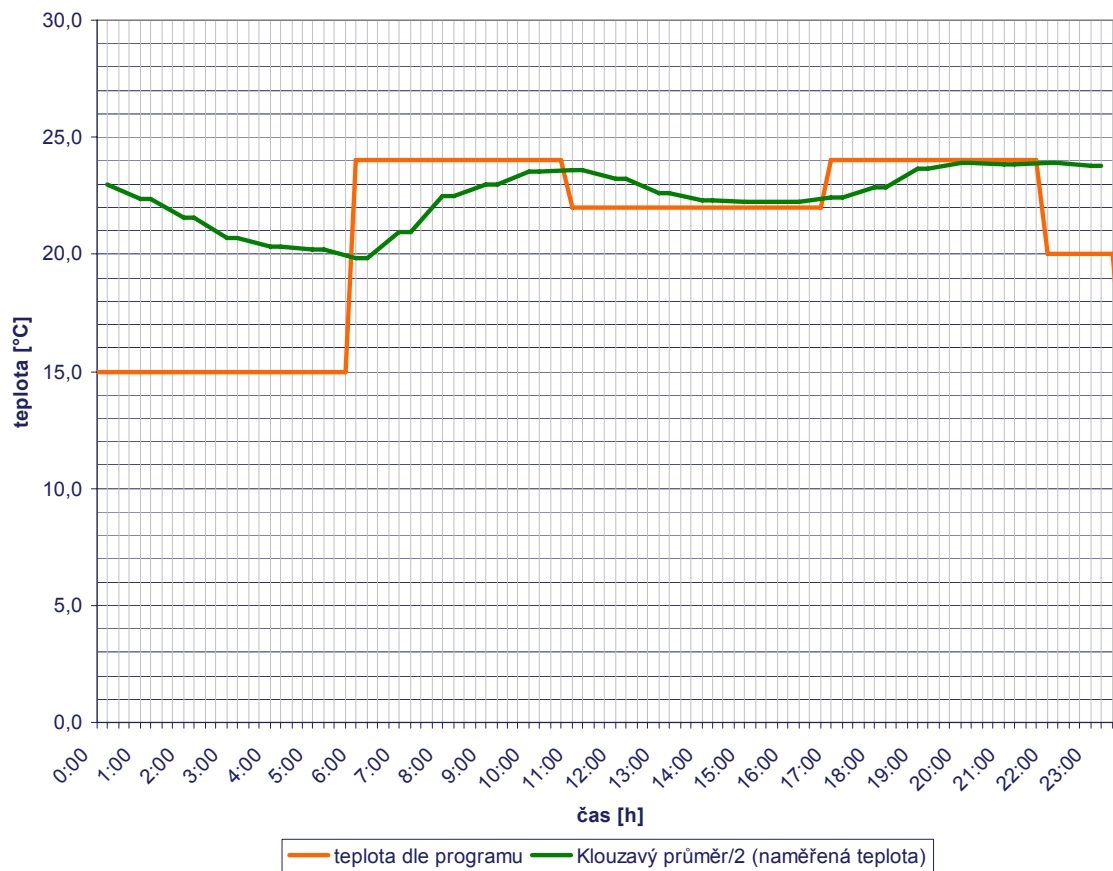
**Technická data**

Měřená veličina	vlhkost/teplota/rosný bod
Senzor	Vlhkostní senzor/ NTC (interní) NTC (externí)
Počet kanálů	4 (3 x interní % rv; °C, °C td) (1 x externí °C)
Měřicí rozsah	0...100 % rv -20...+70 °C (interní) -40...+70 °C (td) -40...+120 °C (externí)
Rozlišení	0,1 % rv/ 0,1 °C
Syst. přesnost	±0,2 °C; -25...+70 °C
Interní:±1 digit	±0,4 °C; zbytek rozs.
Paměť	48 000 hodnot
Provozní teplota	-20 °C...+70 °C
Skład. teplota	-40 °C...+85 °C
Baterie	Lithiová (1AA)
Hmotnost	130 g
Třída ochrany	IP 54

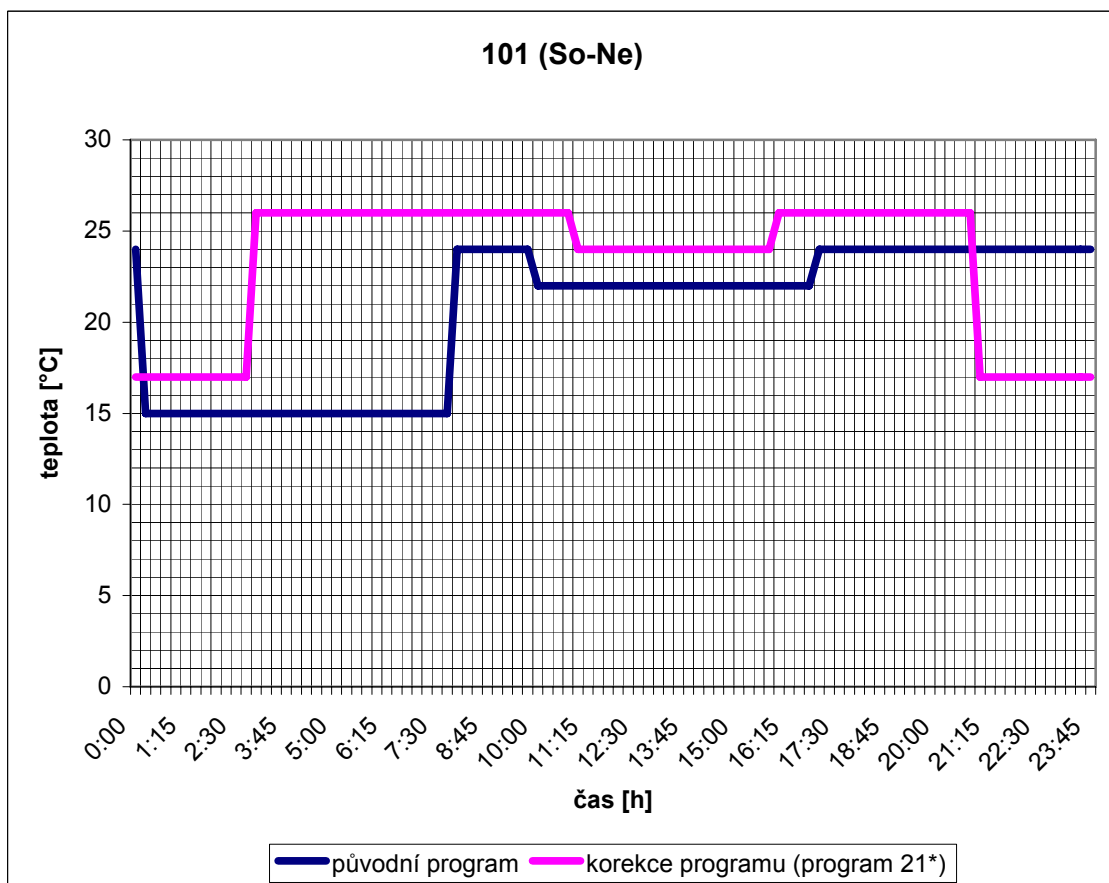
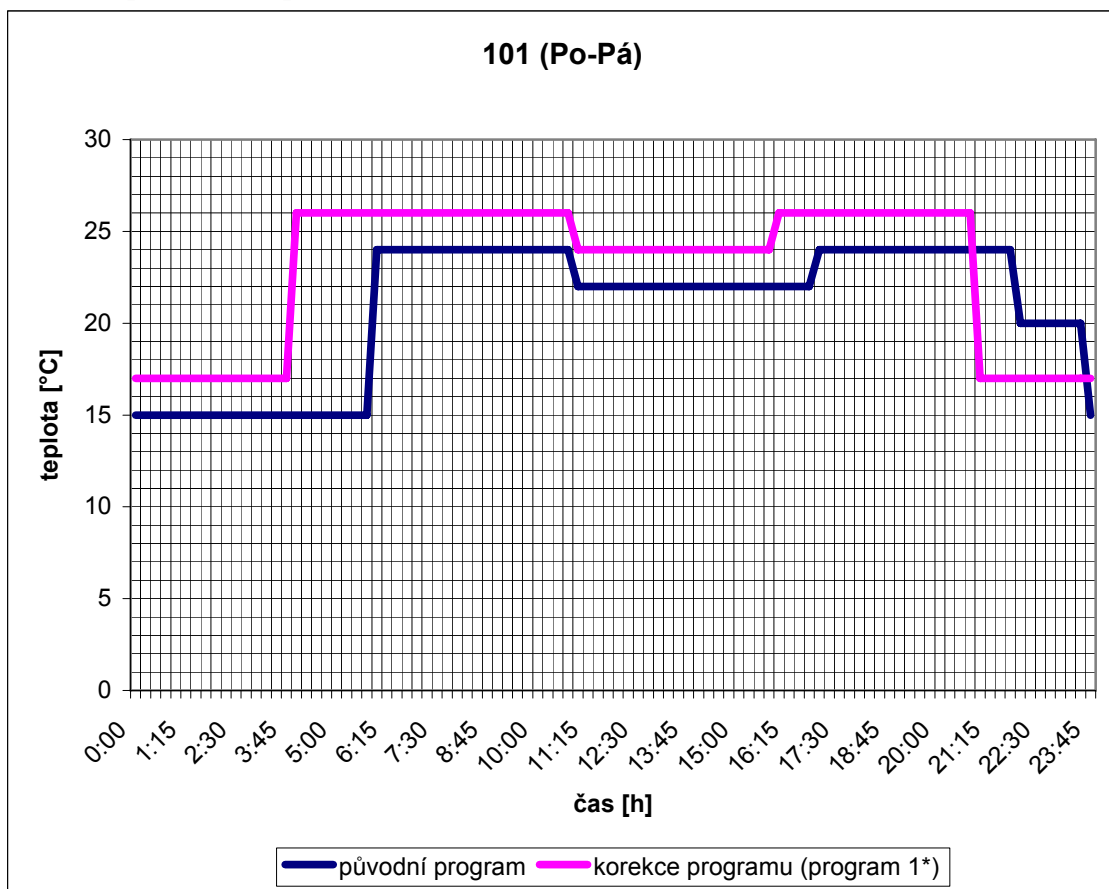
Příloha č.3: Průběh teplot pro režim Sobota a Neděle (pokoj 202, listopad)



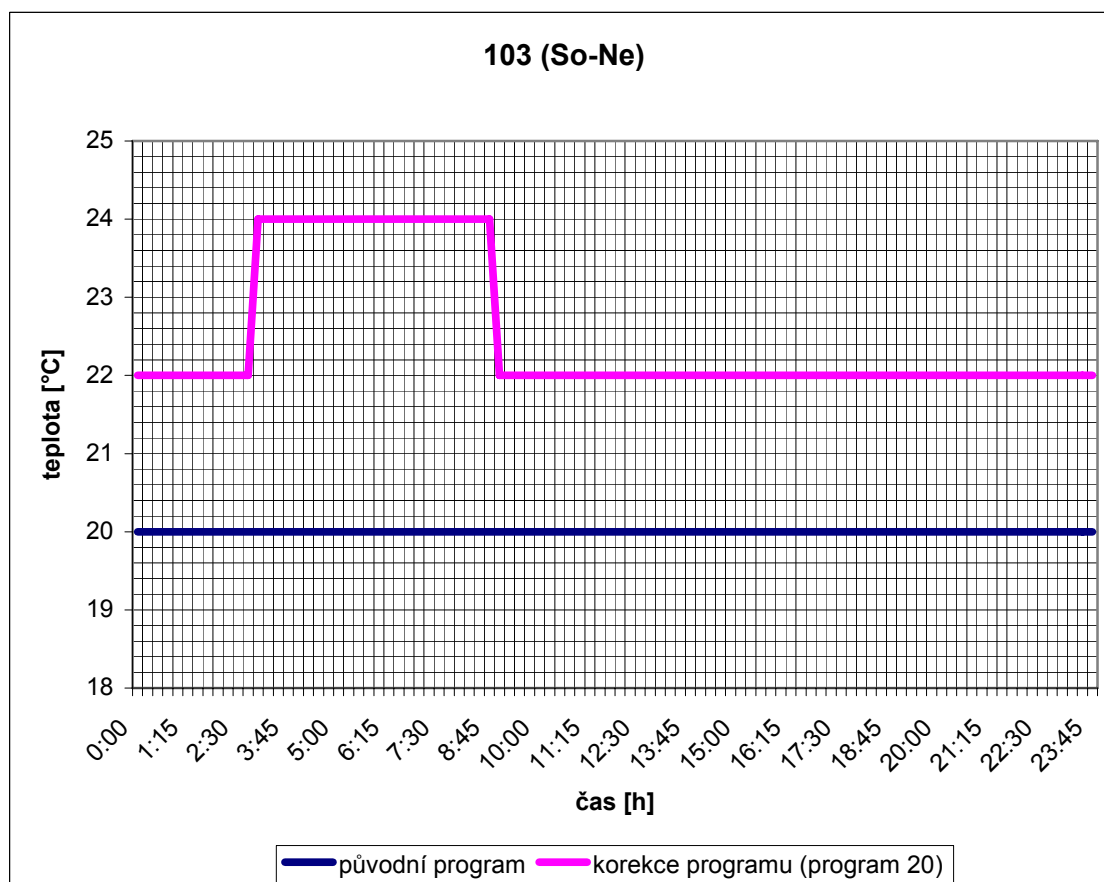
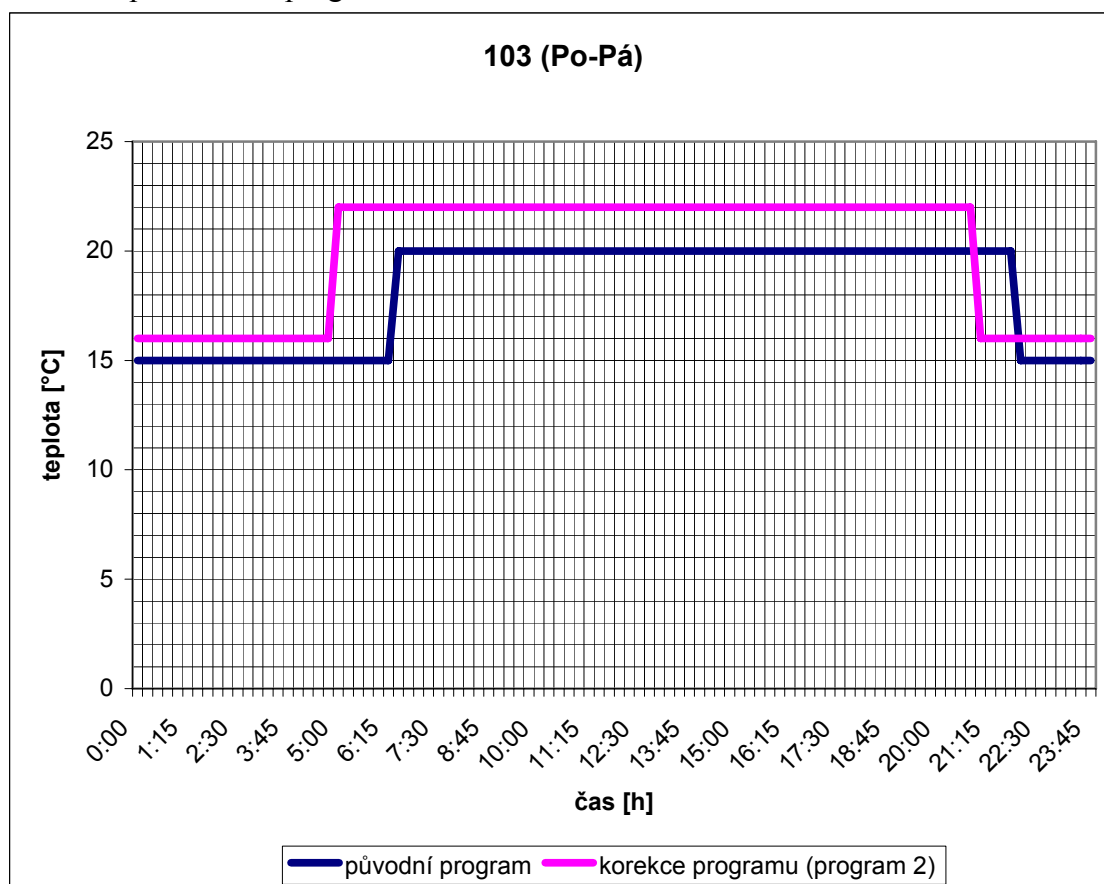
Příloha č.4: Průběh teplot: první přes pracovní dny, druhý přes víkend (pokoj 202, leden)



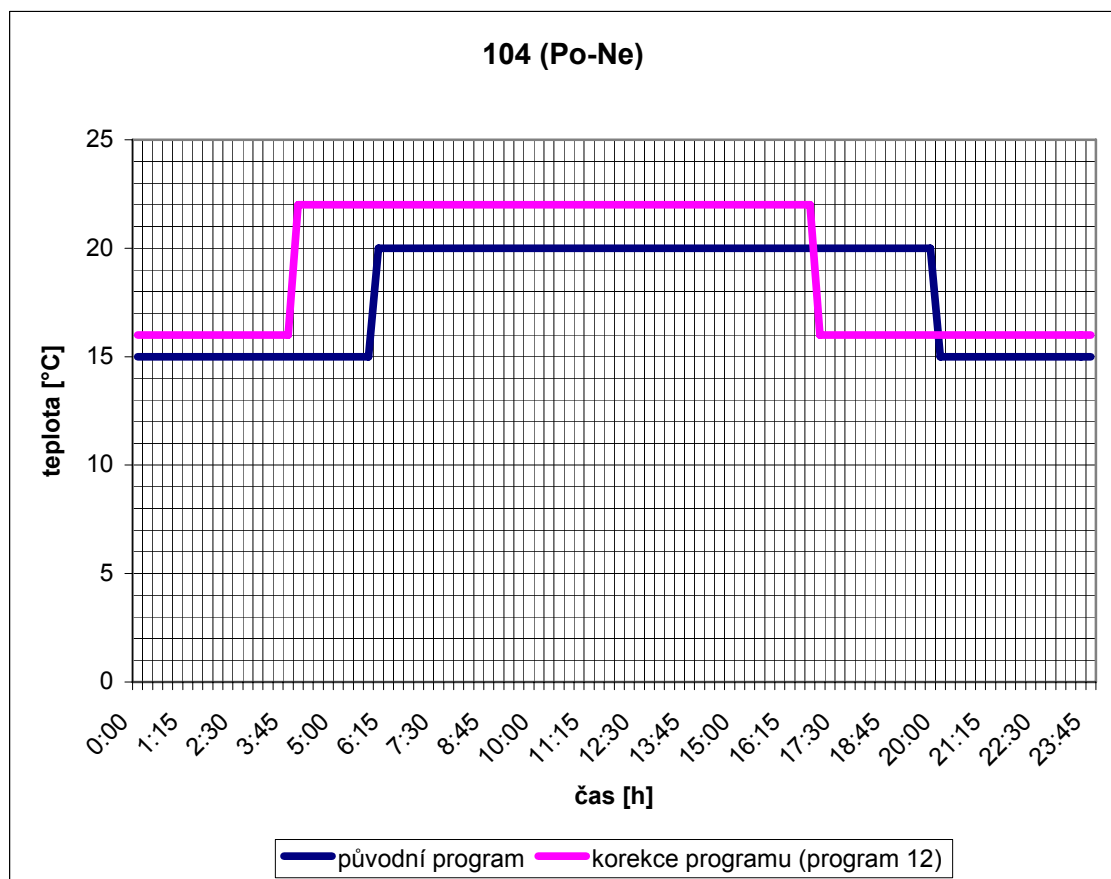
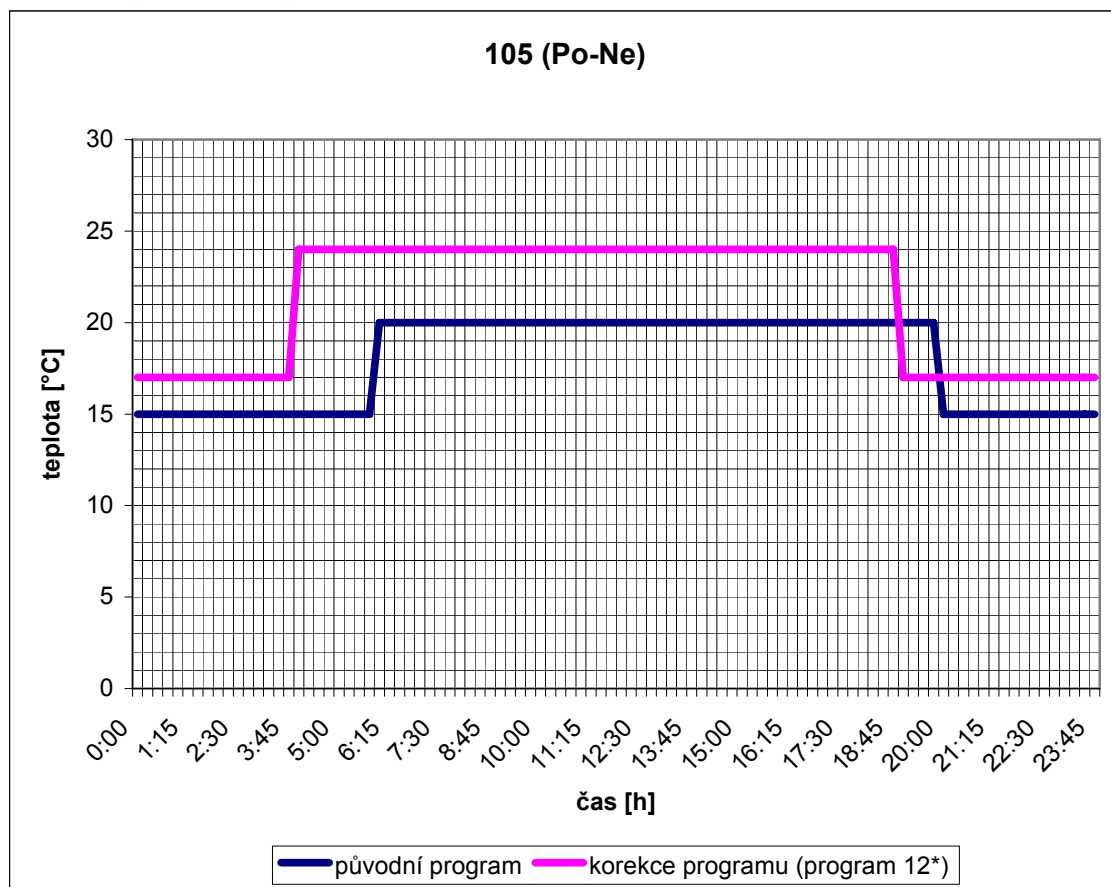
Příloha č.5: Optimalizace programů



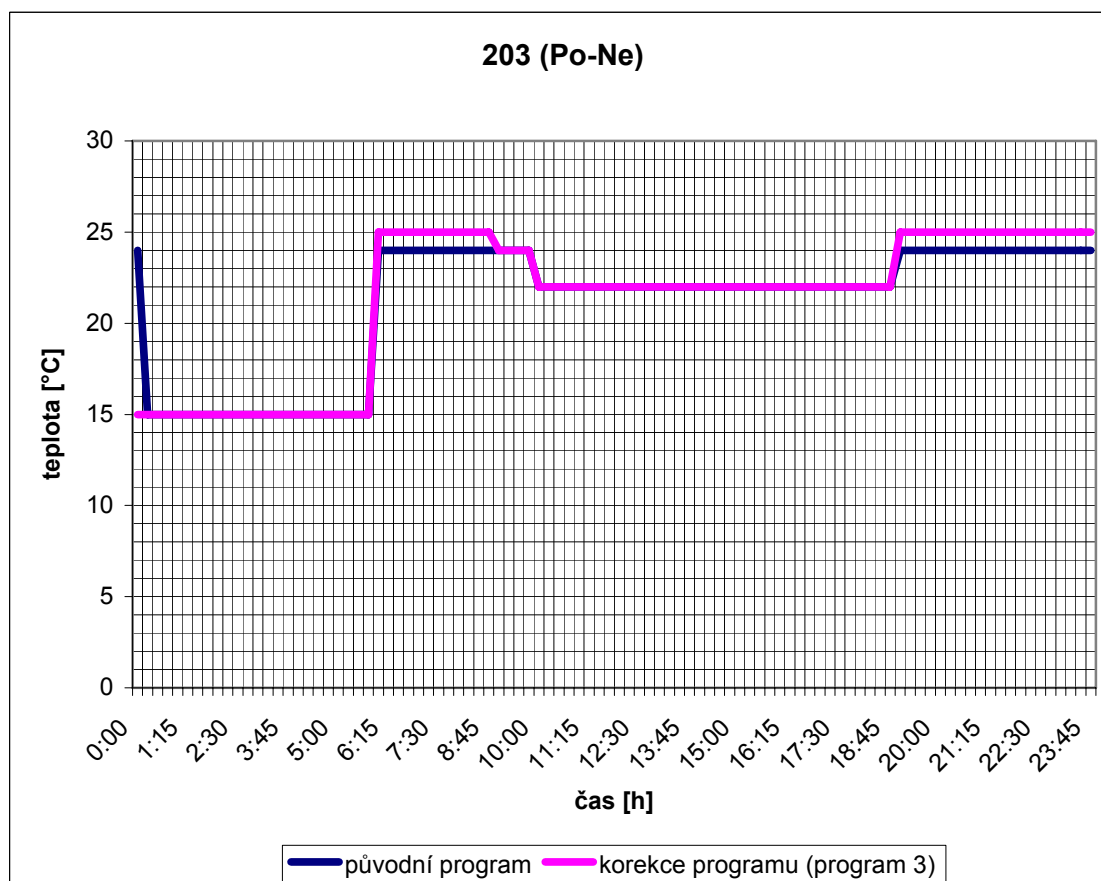
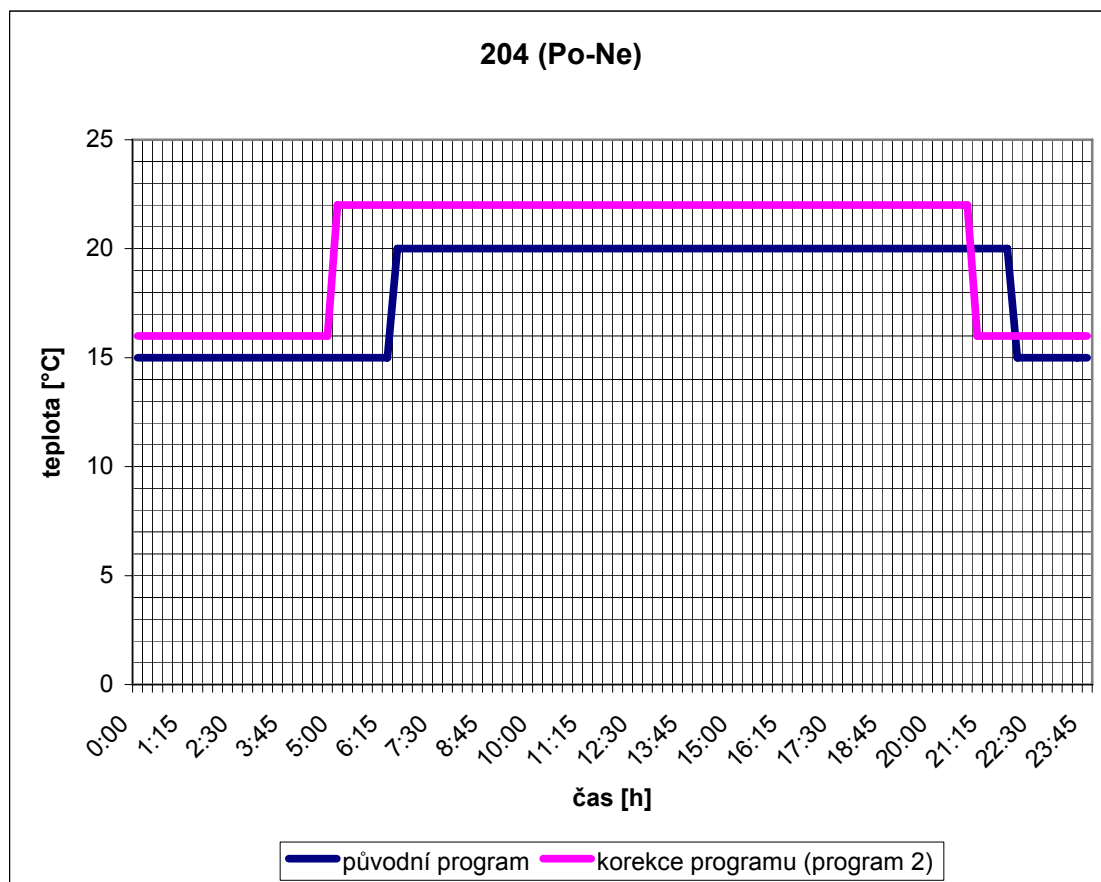
## Příloha č.6: Optimalizace programů



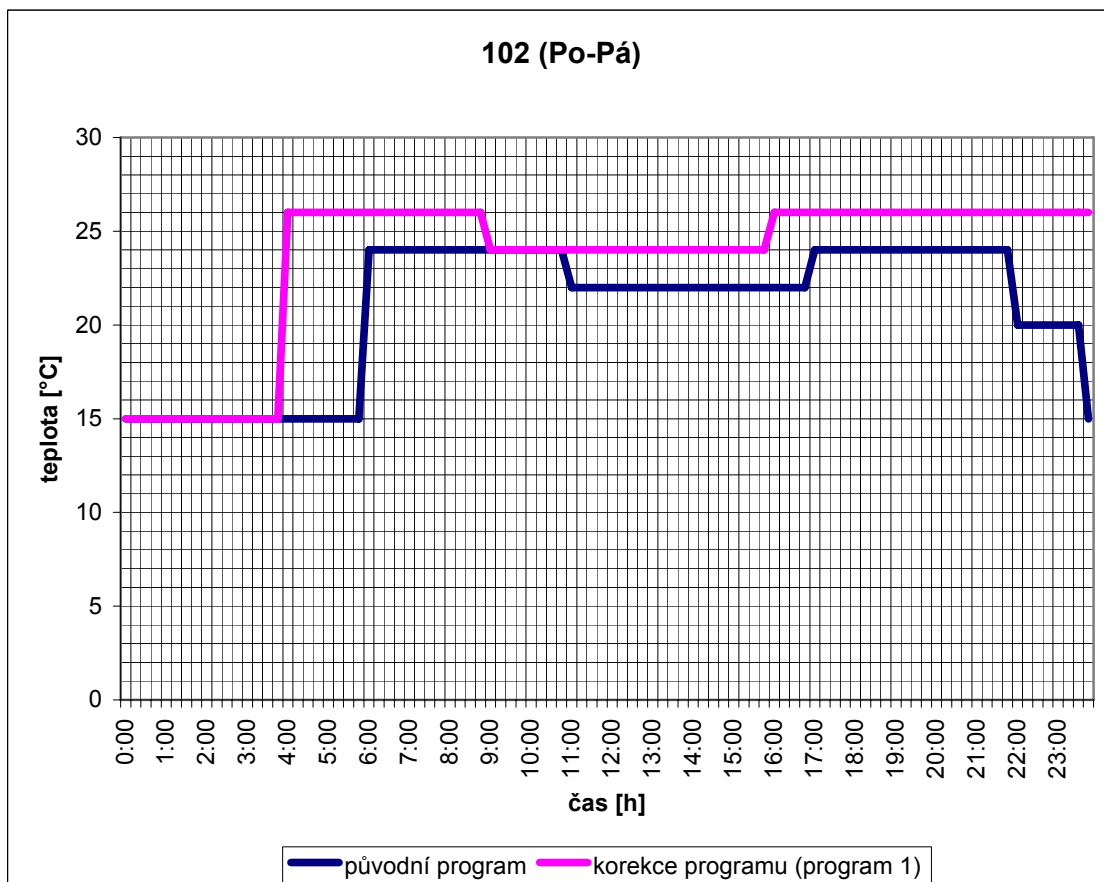
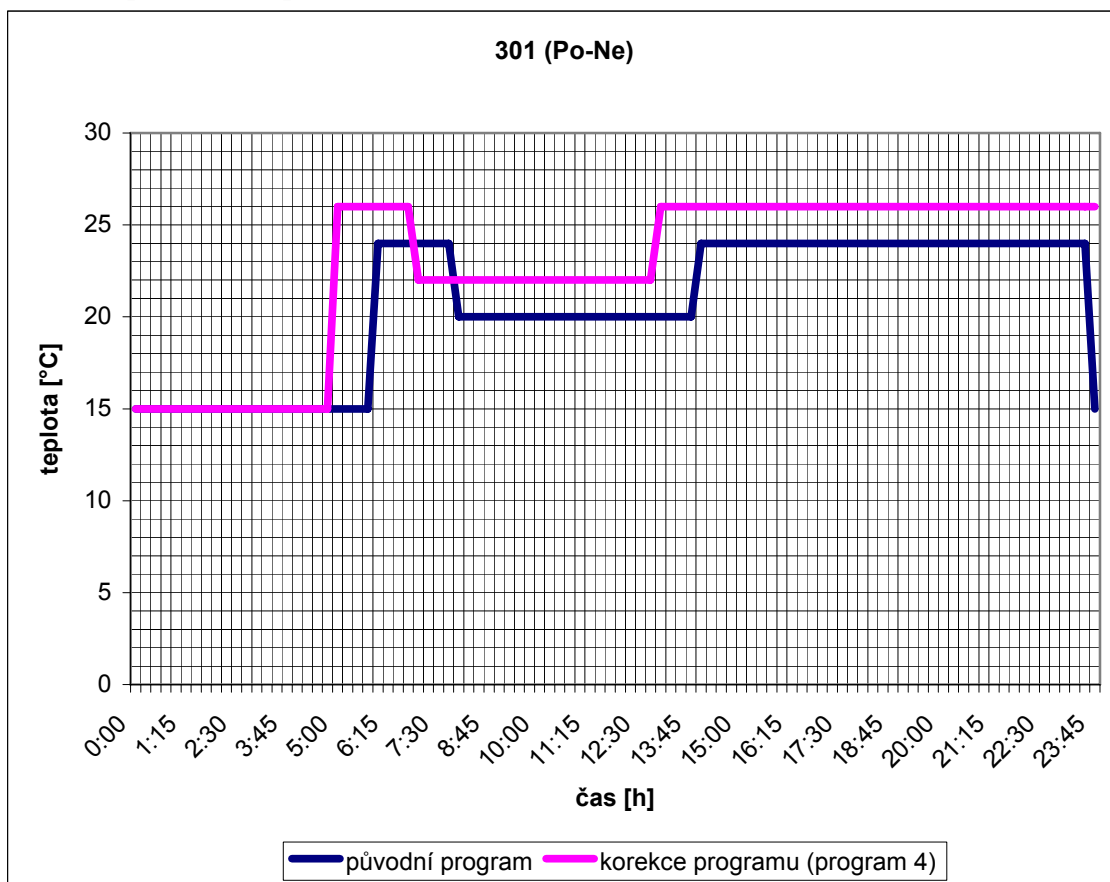
## Příloha č.7: Optimalizace programů



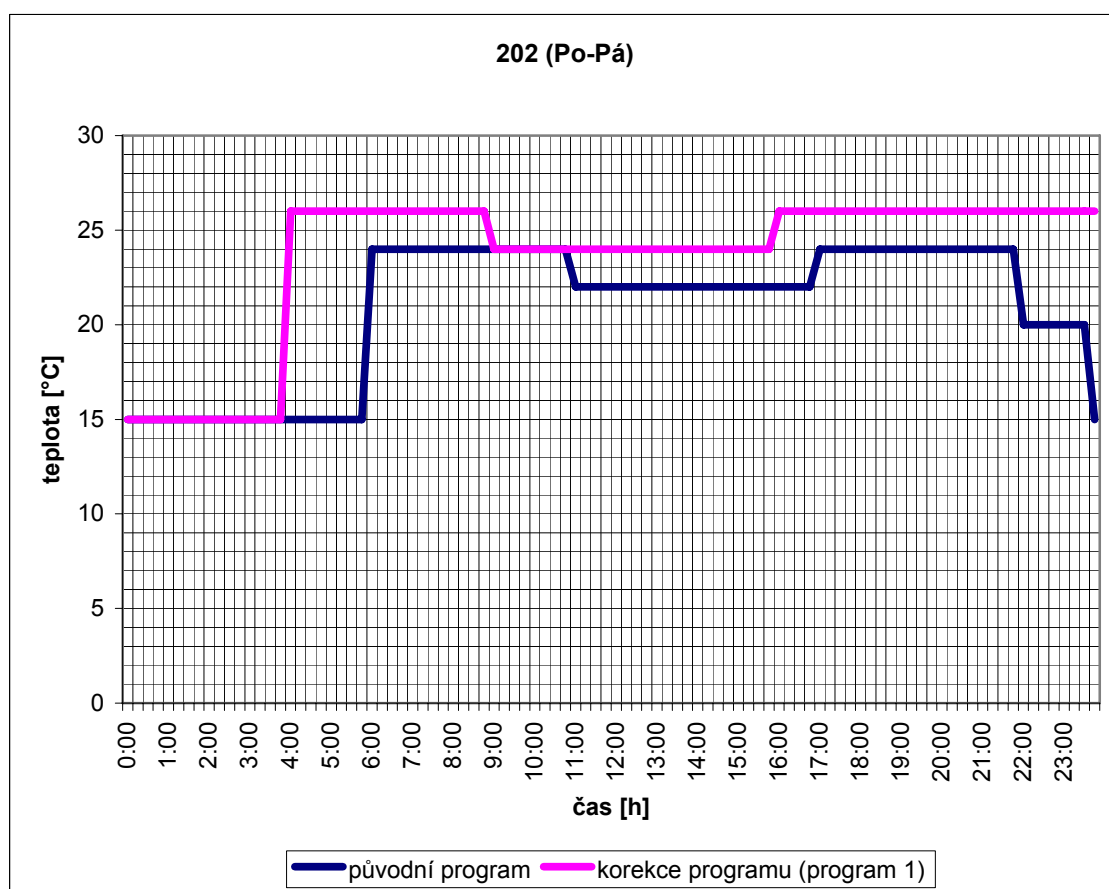
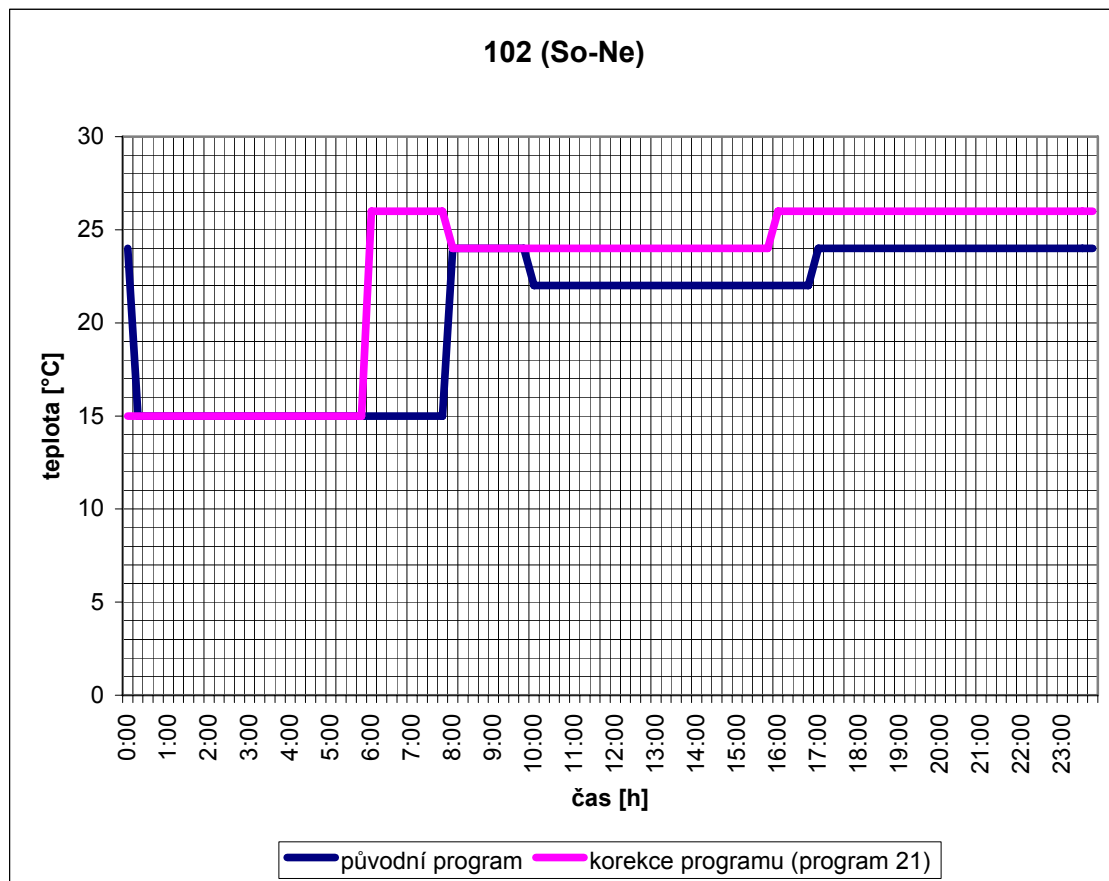
## Příloha č.8: Optimalizace programů



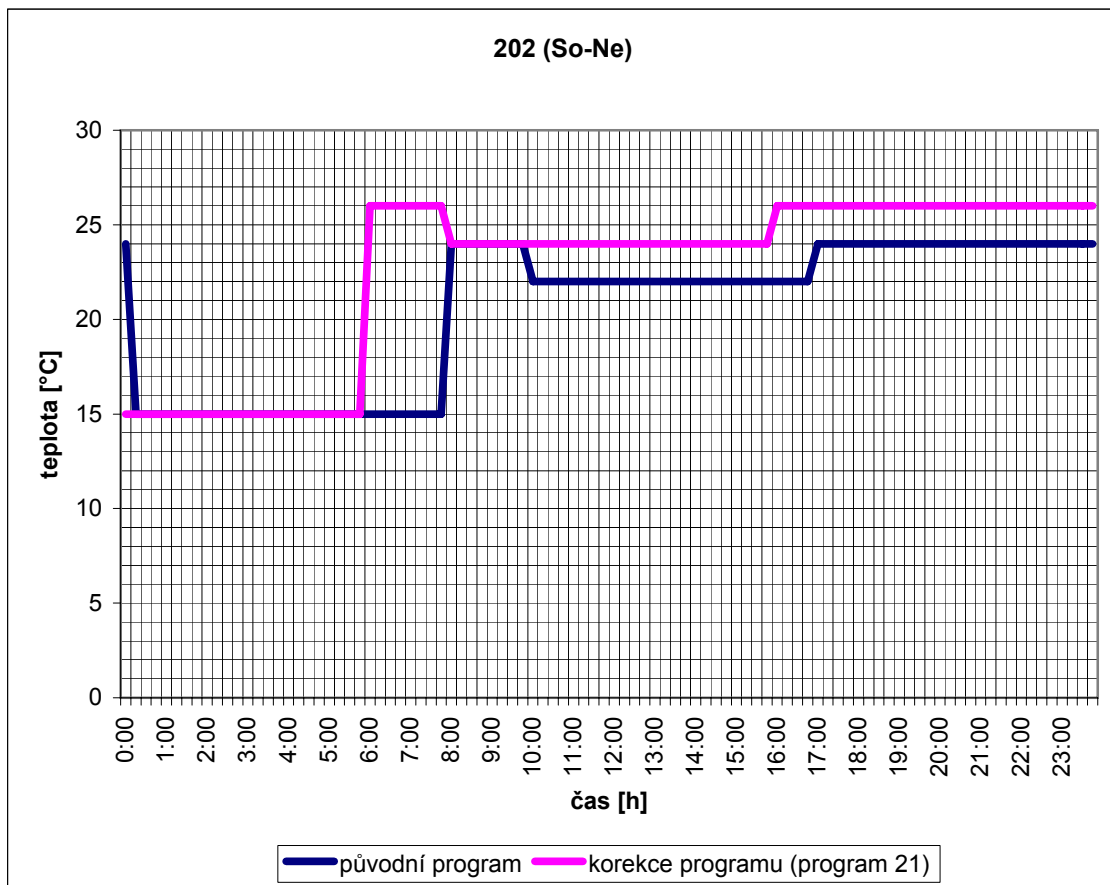
Příloha č.9: Optimalizace programů



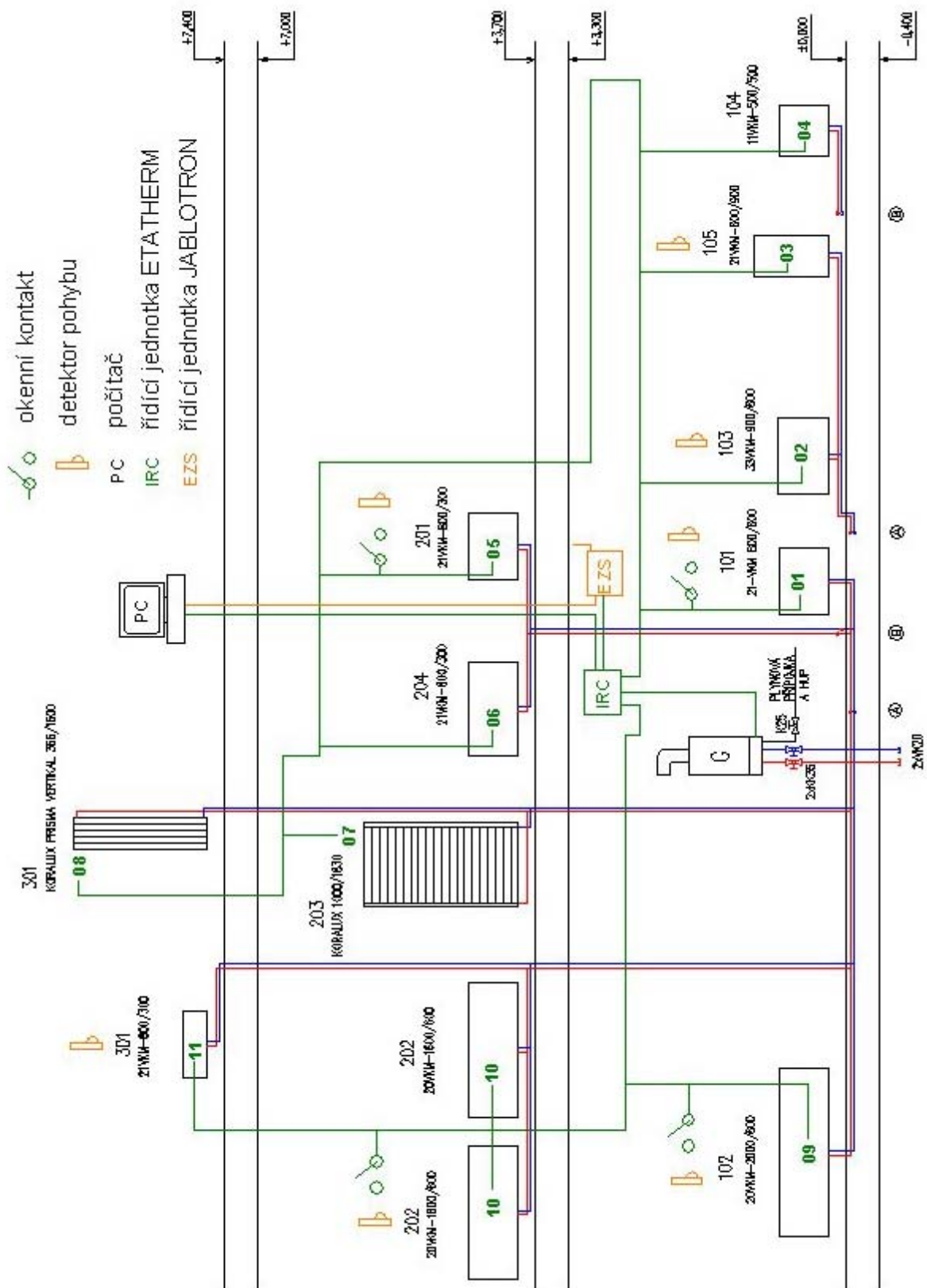
## Příloha č.10: Optimalizace programů



## Příloha č.11: Optimalizace programů



Příloha č.12: Schéma integrace elektronického zabezpečovacího systému a řízeného vytápění

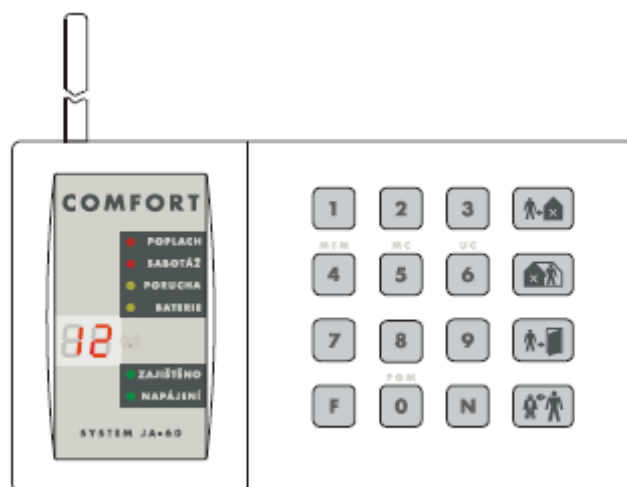


Příloha č.13: Technické parametry zabezpečovací ústředny JA-65 “MAESTRO“

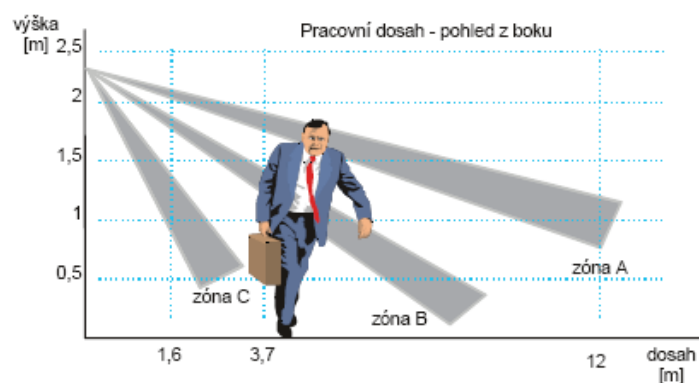
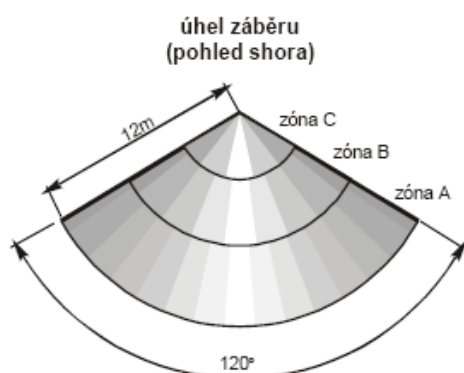
napájení ústředny	230 V / 50 Hz, 0,15 A, (zabudovaný elektronický zdroj)
zálohovací akumulátor	12 V= / 7 Ah (běžná životnost 5 let), užít lze akumulátor 1,2 Ah až 45 Ah, dobíjecí proud max. 250 mA do max. 13.8 V, systém hlídá stav akumulátoru
výstup zálohovaného napájení	kopíruje napětí akumulátoru, maximální trvalý odběr 1,5 A
klidový odběr modulů ústředny	K=10 mA, H=15 mA, X=12 mA, klávesnice JA-60E = 25 mA
počet zón	16 (možno přiřadit též 16 bezdrátových detektorů)
logika vstupních smyček	2 x 4k7 (tamper+alarm), 1 x 10k, nebo prostý rozpínací kontakt
počet klávesnic JA-60E	max. 5
počet bezdrát. ovládačů	celkem až 8 (klávesnice JA-60F, JA-60D, klíčenky RC-11 a tísňové tl. RC-22)
výstupní poplachové relé	přepínací kontakt 60 V= / 1 A
volitelné výstupy	PgX, PgY max. 0,1 A, spínají na GND, programovatelná funkce
výstup sirény	max. zátěž 1 A
paměť událostí	127 posledních událostí včetně data a času
pracovní frekvence	433,92 MHz
stupeň zabezpečení <sup>2</sup> dle	ČSN EN50131-1, ČSN EN 50131-6
určeno pro prostředí II.	vnitřní všeobecné (-10 až +40°C) dle ČSN EN 50131-1
dále splňuje:	
radiové vyzařování	ČSN EN 300220
EMC	ČSN ETS 300683
Elektrická bezpečnost	ČSN EN 60950

telefonní komunikátor*	
	hlasová zpráva na 4 tlf. čísla (lze dělit na 2 různé zprávy)
	numerická zpráva na Pager (Operátor, Ermes...) nebo SMS
	digitální přenos na pult centrální ochrany
	modemová komunikace se vzdáleným počítačem
splňuje	ČSN EN 301437
certifikáty a zkušební protokoly	CI ČAP, NBÚ, ČTÚ, VÚS B. Bystrica, VTÚE, VTÚPV, ZLABO, TESTALARM

Příloha č.14: Technické parametry bezdrátové klávesnice JA-60F



napájení	6 V - 4x alkalická baterie AAA (50 uA) nebo síťový adaptér 12 V= / 100 mA
životnost baterií	typ. 1 rok
počet klávesnic v systému	max. 8 ovládacích zařízení v systému
pracovní kmitočet	433,92 MHz
pracovní dosah	max. 80 m (přímá viditelnost)
ovládací kódy	shodné s nastavením ústředny (1 + 14)
stupeň krytí	IP40
třída prostředí II.	venkovní všeobecné -10 až +40 °C
stupeň zabezpečení 2	dle ČSN EN 50131-1

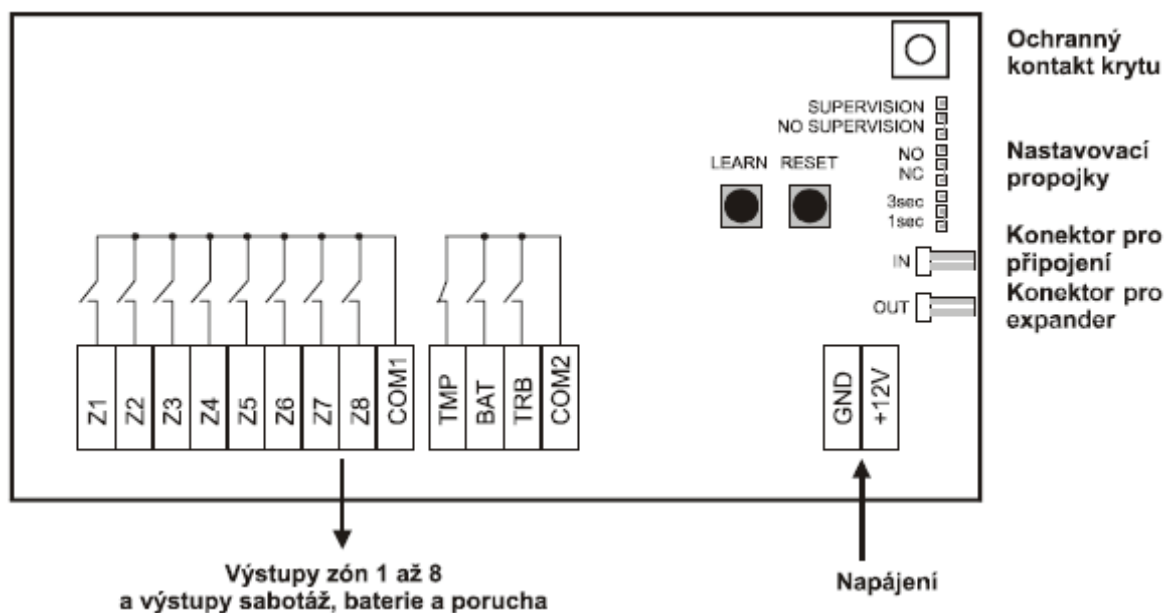


detekční metoda	duální PIR s digitálním zpracováním
napájecí napětí	3 V - 2 x alkalická baterie 1,5V typ AAA
průměrná doba životnosti baterií	cca 1 rok
doporučená výška pro instalaci	2 až 2,5m nad úrovní podlahy
pokrytí prostoru	12m / 120°
detekuje pohyby s rychlostí	0,1 m/s až 4 m/s
doba stabilizace po zapnutí	60 sec.
dosah komunikace	max. 100 m na přímou viditelnost
stupeň zabezpečení	dle EN 50131-1
třída prostředí II.	vnitřní všeobecná (-10 až +40 °C)

Příloha č.16: Technické parametry bezdrátové sirény JA-60A



napájení	230V, 50Hz (síťový adaptér je součástí dodávky)
zálohovací akumulátor	6V, 1.3Ah
pracovní dosah	až 100m (přímá viditelnost)
siréna	piezo elektrická, 118dB
doba činnosti sirény	60 sekund
doba blikání	5 minut
stupeň krytí	IP44
třída prostředí	venkovní všeobecné -25 až +60°C
stupeň zabezpečení	2 dle ČSN EN 50131-1



Napájení	12 V ss (10.5 V - 16.0 V)
Napájecí proud	typ. 50 mA (relé rozepnutý) max. 150 mA
Výstupy zón Z1-Z8	8x jazýčkové relé 50 mA / 50 V spínají na svorku COM1
Výstupy:	3x jazýčkové relé 50 mA / 50 V
porucha, baterie	spínací kontakt (na svorku COM2)
sabotáž	rozpínací kontakt (na svorku COM2)
Určeno pro prostředí	vnitřní všeobecné třídy II.
Rozsah pracovních teplot	-10 °C až +70 °C
Relativní vlhkost	max. 90%
Rozměry	188 x 135 x 40 mm
Hmotnost	800 g