

**České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektroenergetiky  
Obor: Elektroenergetika**



## **Použití inteligentní elektroinstalace za účelem úspor energie**

Autor diplomové práce:

Jindřich Pech

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vít Klein, Ph.D.

Rok obhajoby:

2015

### **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne.....

.....

## **Poděkování:**

Rád bych poděkoval panu Ing. Vítu Kleinovi, Ph.D. za čas strávený nad touto prací, za rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Richardu Müllerovi ze společnosti ABB s.r.o. za ochotu při zodpovídání dotazů a poskytnutí některých materiálů. Také firmě TOMBAK s.r.o. bych chtěl poděkovat za zprostředkování certifikačního školení KNX. Dále bych chtěl poděkovat paní Janě Bulantové za poskytnutí materiálů k modelovému projektu. A nakonec bych rád poděkoval své rodině, své přítelkyni a blízkým za ochotu a trpělivost.

**Anotace:**

Cílem diplomové práce je objasnit problematiku řízení budov s využitím inteligentní instalace a dokázat, že při realizaci vhodného řešení je investice do nákladných technologií výhodná. Práce se zabývá popisem technologických systémů budov, u kterých lze dosáhnout maximálních úspor energie. Jedná se především o řízení osvětlení a vytápění. Teoretická část pojednává o samotném principu řízení uvedených systémů a jejich využití v praktických příkladech. Dále je práce věnována konkrétnímu návrhu instalace v modelovém projektu, u kterého jsou odhadnuty celkové dosažené úspory energie v porovnání s klasickou instalací. V závěru jsou dosažené hodnoty vyhodnoceny z hlediska návratnosti investice.

**Klíčová slova:** KNX, řízení osvětlení, řízení vytápění, úspory energie, investice

**Annotation:**

The diploma thesis aim is to clarify the issue of buildings control using intelligent installation and prove that the implementation of a suitable solution the investing in expensive technologies is beneficial. The thesis deals with description of technology systems buildings that can achieve maximum energy conservation. It is all about lighting and heating control. The theoretical part deals with the very principle of controlling of those systems and their use in practical examples. The thesis is devoted to a specific proposal for installation in a model project for which the estimated total energy conservation achieved compared to classic installations. In conclusion the values achieved are evaluated in term of return on investment.

**Keywords:** KNX, lighting control, heating control, energy conservation, investment

# Obsah

Úvod.....	9
<b>1 Popis instalace KNX.....</b>	<b>11</b>
1.1 Základní princip činnosti .....	11
1.2 Technika .....	11
1.3 Topologie.....	12
1.3.1 Linie a oblast .....	12
1.3.2 Individuální a skupinová adresa.....	14
1.4 Komunikace KNX TP1 .....	15
1.4.1 Telegram .....	15
1.4.2 Software ETS .....	15
1.5 Přednosti inteligentní elektroinstalace .....	16
<b>2 Řízení osvětlení .....</b>	<b>17</b>
2.1 Princip řízení.....	17
2.2 Uzavřená smyčka.....	17
2.3 Použité přístroje a jejich nastavení .....	18
2.3.1 Snímač.....	19
2.3.2 Kontrolér .....	19
2.3.3 Akční člen .....	20
2.3.4 Relativní stmívání.....	21
2.3.5 Poznámky k instalaci .....	22
2.4 Řízení jasu.....	23
2.4.1 Plynulé a dvoustupňové řízení.....	23
2.4.2 Použité přístroje a jejich nastavení.....	24
2.5 Regulace Master/Slave.....	25
<b>3 Řízení vytápění a klimatizace.....</b>	<b>29</b>
3.1 Řízení vytápění .....	29
3.2 Otopný systém .....	29
3.3 Řídicí systémy .....	30
3.4 Individuální řízení místnosti .....	32
3.5 Přístroje pro individuální řízení místnosti .....	33

3.5.1	Prostorový termostat.....	33
3.5.2	Akční člen .....	35
3.6	Řízení klimatizace .....	35
3.6.1	Ovládání klimatizace .....	36
3.7	Integrace do KNX.....	36
<b>4</b>	<b>Další možnosti úspor energie .....</b>	<b>38</b>
4.1	Ovládání osvětlení se stávajícími rozvody .....	38
4.2	Řízení žaluzií .....	39
4.2.1	Přístroj JSB/S 1.1 a jeho funkce .....	39
4.2.2	Nastavení parametrů pomocí ETS .....	40
<b>5</b>	<b>Úspory energie .....</b>	<b>43</b>
5.1	Úspory dosažené ovládním osvětlení .....	43
5.2	Úspory dosažené ovládním topení a chlazení.....	43
5.3	Úspory dosažené ovládním žaluzií .....	44
5.4	Konkrétní hodnoty úspor energie .....	44
<b>6</b>	<b>Modelový projekt.....</b>	<b>46</b>
6.1	Návrh řízení vytápění .....	46
6.1.1	Ovládací hlavice .....	47
6.1.2	Akční člen topení.....	47
6.1.3	Prostorový termostat.....	48
6.1.4	Snímač přítomnosti.....	49
6.2	Návrh automatického řízení žaluzií.....	49
6.2.1	Použité přístroje.....	49
6.3	Návrh řízení osvětlení.....	50
6.4	Poznámky k programování.....	51
6.4.1	Nastavení řízení vytápění a osvětlení .....	52
6.4.2	Nastavení řízení žaluzií.....	53
6.5	Projektová dokumentace .....	54
6.6	Odhad počáteční investice .....	54
6.7	Úspory energie modelového projektu .....	56
6.7.1	Odhad ročních nákladů.....	56
6.7.2	Návratnost investice .....	57

<b>Závěr .....</b>	<b>59</b>
<b>Seznam použité literatury a pramenů .....</b>	<b>61</b>
<b>Seznam obrázků, tabulek a příloh .....</b>	<b>62</b>

## Úvod

Jak dosáhnout co nejvyšších úspor energie? Takovou otázku se dnes zabývají lidé po celém světě. Vedle průmyslu a dopravy je tzn. provoz budov dalším největším spotřebitelem energie, proto byla tato problematika zvolena jako téma diplomové práce. Osvětlení, topení a chlazení spotřebuje v rozsáhlých budovách přibližně 40 % celkové energie. Z tohoto důvodu se úsporám energie při realizaci nových projektů přikládá stále větší důraz a celosvětovým trendem je snížit spotřebu energie na co nejmenší úroveň. Úspora energie lze dosáhnout různými způsoby. Jedním z nich je použití inteligentní elektroinstalace, která významně přispívá ke zvýšení energetické efektivity budov. V této práci je preferována technologie KNX, která se stala celosvětovým standardem a využívá se především pro vzájemné propojení různých technologických systémů v budovách.

Výhody a nevýhody inteligentní elektroinstalace oproti klasické lze porovnat z několika možných hledisek a každý investor či zájemce by měl při rozhodování tyto aspekty zvážit. Je zcela nereálné porovnat instalace ve všech směrech v rámci jednoho projektu, ovšem v současnosti je stále více a více preferované porovnání z hlediska financí. Bohužel toto rozhodovací kritérium má dnes nejvyšší váhu a mnozí investoři či zákazníci se řídí pravidlem: „čím levněji, tím lépe“. Není tedy divu, že inteligentní elektroinstalaci ihned většina investorů zavrhne, protože počáteční náklady jsou několikanásobně vyšší než při použití elektroinstalace klasické. Avšak zavrhnout nabízený projekt jen z důvodu vysoké počáteční investice nemusí být vždy to správné řešení. Proto je hlavním cílem této práce uvedené rozhodování vyvrátit a poukázat na to, že při vhodném řešení instalace a využití správných přístrojů je investice do inteligentní instalace výhodná, ačkoliv to na první pohled není zcela zřejmé.

V úvodní kapitole diplomové práce je uveden teoretický popis inteligentního systému KNX, který se odlišuje v určitých ohledech od elektroinstalace klasické. Mimo základní princip činnosti kapitola pojednává také o způsobu provozování systému a především o uplatnění určité topologie, která usnadňuje práci systému a komunikaci přístrojů především u rozsáhlejších projektů. Dále je v této kapitole stručně popsána funkce softwaru ETS a s tím související závěrečné zprovoznění instalace. V závěru kapitoly jsou posouzeny výhody a nevýhody systému KNX především v porovnání s elektroinstalací klasickou.

Elektrotechnologických oblastí pro využití výhod instalace KNX je mnoho, ovšem nejvýznamnější a nejpoužívanější oblasti z hlediska úspor energie jsou řízení osvětlení a řízení topení nebo chlazení. Pro řízení uvedených technologií je možno využít celou řadu přístrojů i s příslušenstvím od různých výrobců. Dalším cílem této práce je obecně popsat a vysvětlit řízení uvedených technologií, objasnit použití různých možností instalace a konkrétních přístrojů. Tuto tematiku charakterizují následující tři kapitoly.

Ve druhé kapitole je podrobně popsáno řízení osvětlení. Je zde uveden samotný princip regulace osvětlení a využití systémů řízení s otevřenou nebo uzavřenou



smyčkou. Funkce a nastavení konkrétních použitých přístrojů jsou popsány v samostatných podkapitolách. Dále se kapitola zabývá používanými způsoby regulace osvětlení a jejich využitím v reálných projektech. Podobným způsobem je popsáno řízení vytápění v kapitole třetí. Zde je opět uveden samotný princip regulace vytápění i s popisem otopného systému. Konkrétněji se kapitola zabývá tak zvaným individuálním řízením místnosti s cílem dosažení úspor energie pomocí nastavení různé úrovně teploty v jednotlivých místnostech. Spolu s uvedeným řízením jsou v této kapitole opět popsány použité přístroje a jejich nastavení. V závěru kapitoly je stručně popsáno řízení klimatizace, které se nevyužívá tak často jako řízení vytápění nebo osvětlení. Čtvrtá kapitola je zaměřena na další možnosti využití instalace KNX mimo samostatné řízení osvětlení nebo vytápění. Jedná se především o využití řízení žaluzií v reálných aplikacích. Tento systém řízení je popsán podrobněji, protože v praxi není až tak obvyklý, ovšem jeho dopad na úspory energie je značný.

V předposlední páté kapitole jsou vyzvednuty výhody inteligentní instalace s ohledem na úspory energie. Pro popsané řídicí systémy jsou zde uvedeny praktické příklady a také konkrétní hodnoty dosažených úspor. Tyto údaje jsou převzaty z publikovaných materiálů společnosti ABB, které byly vytvořeny na základě testovaného projektu.

Závěrečný vypracovaný modelový projekt je výsledkem spojení uvedených cílů diplomové práce. Jsou zde spojeny teoretické znalosti z předchozích kapitol a převedeny na praktickou úroveň. Projekt se skládá z kompletního návrhu, projektových výkresů, výpočtu úspor energie, odhadu počáteční investice a závěrečného výpočtu její návratnosti. V závěru je zhodnocen vytvořený projekt z hlediska úspor energie.

**Převážná část použitých studijních materiálů jsou školící dokumenty o systému KNX [2], které jsou poskytovány ve školícím centru ABB s.r.o., Elektro-Praga v Jablonci nad Nisou. U těchto dokumentů není uveden autor, název ani rok vydání. Veškeré uvedené teoretické informace, hodnoty v tabulkách a ostatní údaje v kapitolách 2 a 3 jsou získané z uvedených materiálů. Kompletní teoretický popis systému KNX v první kapitole byl převzat z vlastní bakalářské práce [1] vytvořené a úspěšně obhájené v roce 2013.** V ostatních kapitolách bylo čerpáno převážně z dostupných materiálů KNX a z originálních produktových materiálů popisovaných přístrojů [5]. Použité obrázky jsou převzaty z uvedených školících materiálů [2], z produktových manuálů přístrojů [5] nebo se jedná o vlastní tvorbu. Výkresy byly vytvořeny v programu AutoCAD 2006 s využitím učebnice [8] určené pro práci v tomto programu. Z výše uvedených zdrojů bylo čerpáno po celou dobu tvorby diplomové práce, proto jsou uvedeny již zde, aby na ně nemuselo být v samostatných kapitolách stále odkazováno.

## 1 Popis instalace KNX

Asociace KNX vznikla roku 1999 v Bruselu. Jejím cílem bylo především vytvoření otevřeného standardu a obchodní značky KNX pro inteligentní aplikace pro domy a budovy zaručující kvalitu a komunikaci mezi přístroji různých dodavatelů. Seznam členů se z původních devíti zakládajících rozrostl na řádově stovky spolupracujících firem s různým zaměřením z celého světa. Seznam partnerů, různé novinky a další užitečné materiály lze nalézt na webových stránkách [www.knx.org](http://www.knx.org).

Dnes se již nedá s jednoduchostí určit, která společnost se v České Republice nejvíce zabývá touto tematikou. Mezi nejvýznamnější partnery KNX patří tyto známé mezinárodní společnosti působící v ČR:

- ABB s.r.o. Elektro-Praga
- Schneider Electric
- Siemens
- Wago



Obrázek č. 1: Asociace KNX (logo)

Pohled na problematiku KNX se u těchto společností různí a každá z nich nabízí jiné možnosti řešení a specializace. Jejich společným cílem je nabízet svým partnerům a zájemcům celou řadu vlastních výrobků i s příslušenstvím a propagovat je formou standardních kurzů a školení.

### 1.1 Základní princip činnosti

Hlavní výhodou inteligentní instalace KNX je možnost použití jediného systému na kompletní elektroinstalaci v budově a na ovládání veškerých technologií. Tato instalace má všestranné použití a lze do ní zakomponovat mimo ovládání klasických prvků instalace jako např. osvětlení také ostatní prvky, mezi které patří například elektrické ovládání žaluzií, zabezpečovací systém, řízení vytápění nebo klimatizace a mnohé další. Technologii KNX lze použít na rozsáhlé elektroinstalace i na poměrně malé projekty. Systém KNX má všestranné použití především proto, že k ovládání systému není zapotřebí žádná centrální řídicí jednotka a každý přístroj má vlastní inteligenci.

### 1.2 Technika

Základem instalace KNX je vzájemná komunikace jednotlivých přístrojů prostřednictvím přenosového media, kterým jsou vzájemně propojeny. Přenosová media (tabulka č. 1) mají funkci komunikační sběrnice a liší se především oblastí použití. Jednotlivá média lze vzájemně propojovat pomocí příslušných mediálních

spojek. Nejrozšířenějším přenosovým médiem je tzn. “kroucený pár” (Twisted Pair 1). Jedná se o klasický měděný kabel, který zaručuje nejvyšší úroveň spolehlivosti přenosu dat. Jeho hlavní funkcí je vzájemné propojení ovládacích prvků formou sběrnice a ve většině případů také samotné napájení přístrojů. Kabel se skládá ze dvou párů vodičů, ale ve většině případů se použije pouze jeden pár neboli dva vodiče, které jsou standardně červený = plus (+) a černý = mínus (-). Zbylé dva vodiče (bílý -, žlutý +) lze použít k případnému dalšímu pomocnému napájení.

Následující popis systému KNX se bude vždy týkat pouze komunikace přístrojů prostřednictvím krouceného páru TP1. V následující tabulce jsou uvedeny i jiné možnosti přenosových médií.

Přenosové medium	Označení	Přenos	Oblast použití
Kroucený pár	TP1	Ovládací kabel	Nové instalace a rozsáhlé renovace
Powerline	PL110	Stávající vedení	Nelze nebo je-li nežádoucí vést ovládací kabel spolu s vedením 230V
Radio frekvenční	RF	Vysokofrekvenční přenos	Nelze-li klást kabely
IP	IP	Ethernet	V rozsáhlých instalacích s nezbytným rychlým provozem

Tabulka č. 1: Přenosová média.

Přístroje v instalaci lze dle funkce rozdělit na snímače a akční členy. Do obou kategorií lze zařadit nespočetné množství přístrojů tak, že každý z nich vykonává principiálně odlišnou funkci a komunikuje s ostatními přes sběrnici.

- Snímače – ovládací a měřící prvky (tlačítka, vypínače, snímače pohybu)
- Akční členy – silově řídí jednotlivé funkce (spínají, stmívají, řídí proces)

### 1.3 Topologie

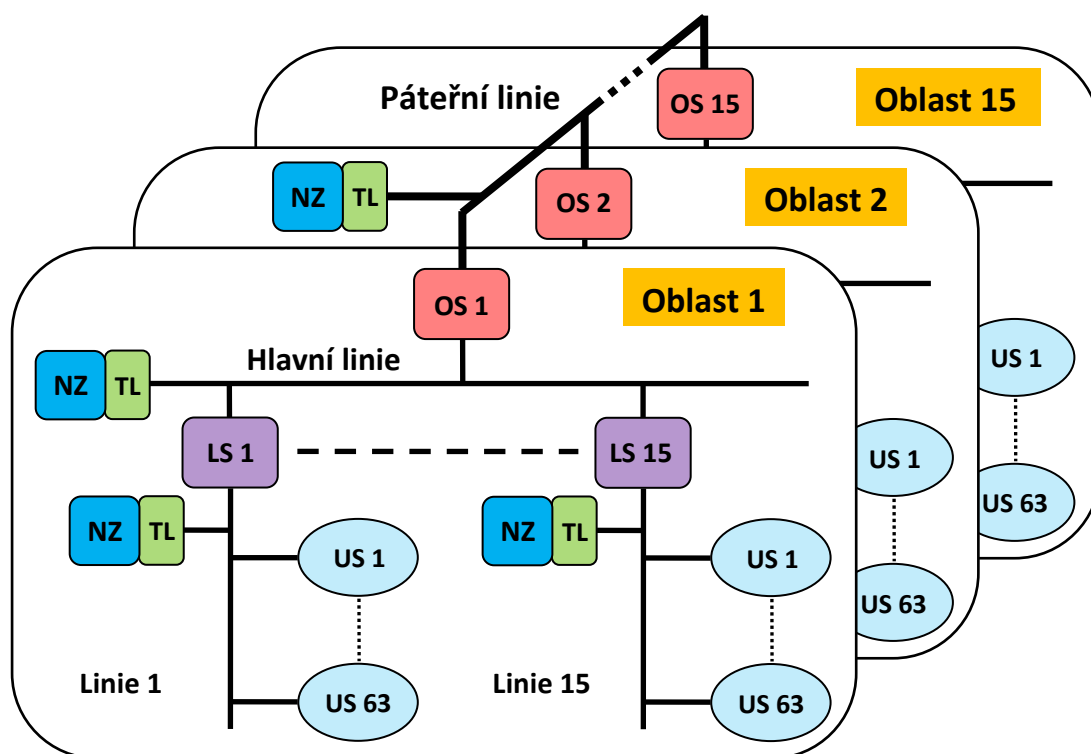
Rozdělení elektroinstalace na dílčí specifické části je výhodné použít především u rozsáhlejších projektů. Díky topologickému rozdělení přístrojů se zvýší spolehlivost systému a rychlost přenosu dat po sběrnici.

#### 1.3.1 Linie a oblast

Základní topologický prvek se nazývá **Linie**. Jedná se o určitou část instalace, která se skládá z napájecího zdroje (NZ) o jmenovitém napětí 30 V a dalších přístrojů propojených sběrnice kabelem. Každá linie může teoreticky obsahovat až 64 přístrojů (US), ovšem skutečný počet účastníků na sběrnici je podmíněn součtem příkonů jednotlivých přístrojů a použitým napěťovým zdrojem (640, 320 nebo 160 mA).

Až 15 linií lze spojit na jednu **Hlavní linii** pomocí liniových spojek (LS). Hlavní linie se označuje jako linie 0 a takto vytvořená struktura se jako celek nazývá **Oblast**. I hlavní linie musí být vybavena vlastním napájecím zdrojem a lze na ni připojit opět nejvýše 64 přístrojů, mezi které se započítávají i použité liniové spojky.

Obdobně jako lze spojovat linie lze propojit i oblasti pomocí oblastních spojek (OS). Propojovací linie pro maximálně 15 oblastí se nazývá **Páteřní** a ohledně připojených přístrojů pro ni platí stejná pravidla jako pro linii hlavní.



Obrázek č. 2: Topologie

Rozdělení KNX do oblastí a linií je velmi výhodné a zvyšuje se tím spolehlivost celé instalace a rychlost přenosu telegramu. Uvedenou strukturu elektroinstalace je vhodné dodržovat u rozsáhlých budov, kde například každé křídlo budovy bude určeno jako jedna oblast a každé patro jako linie. Maximální počet přístrojů se sice zcela nevyužije, ale z hlediska přehlednosti je tato struktura ideální.

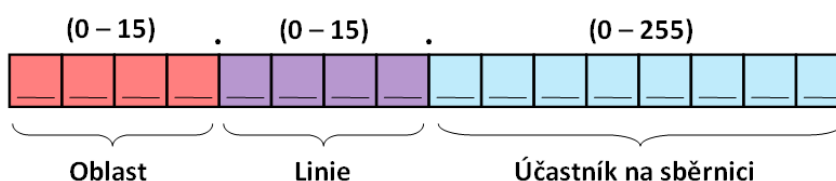
Ještě rychlejšího přenosu telegramů po sběrnici lze dosáhnout kombinací přenosového media TP1 a IP. Tato dnes stále častěji využívaná topologie má stejnou hierarchii přístrojů, ovšem oblastní či liniové spojky jsou zaměněny za tzn. IP Routery, které plně nahrazují jejich funkci a přináší další výhody. Přenos telegramu mezi IP Routery umožňují připojení celé instalace k PC a komunikace mezi přístroji probíhá několikanásobně rychleji. Toho se pak využívá především k propojení instalace KNX s vizualizací.

### 1.3.2 Individuální a skupinová adresa

Individuální adresa slouží k jednoznačné identifikaci každého účastníka na sběrnici a také určuje jeho umístění v topologii instalace pomocí 16 bitového kódu zobrazeném na obrázku č. 3. První 4 bity určují oblast, následující 4 bity určují linii a zbylých 8 bitů označuje právě jednoho účastníka na sběrnici. Při zápisu v desítkové soustavě se topologické úseky individuální adresy oddělují tečkou a rozsah adresování přístrojů se řídí podle tabulky č. 2.

Topologie	Počet bitů	Rozsah	Adresování	
Oblast	4	0-15	0	Páteřní linie
			1-15	Oblasti 1 až 15
Linie	4	0-15	0	Hlavní linie
			1-15	Linie 1 až 15 v použitých oblastech
Účastník na sběrnici	8	0-255	0	Liniová spojka
			1-255	Sběrnice přístroje uvnitř linie

Tabulka č. 2: Kódování individuální adresy

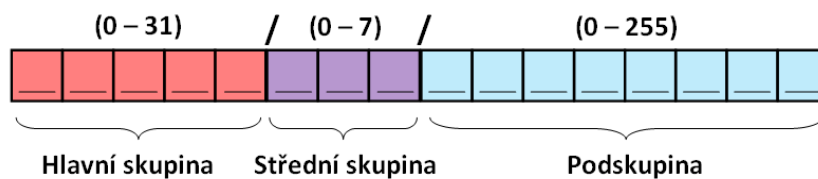


Obrázek č. 3: Individuální adresa

Individuální adresa se při zprovoznování systému KNX nahrává přednostně do všech přístrojů. Adresa je pro každého účastníka na sběrnici jednoznačná a používá se především při uvádění do provozu, diagnostice anebo při opravě chyb. V běžném provozu instalace je však individuální adresa zcela bezvýznamná, protože přístroje mezi sebou komunikují pomocí různých skupinových objektů, kterým se v programovacím softwaru ETS přiřazuje skupinová adresa.

Nejčastěji používaná struktura skupinových adres se opět skládá z 16 bitů rozdělených do 3 skupin (obrázek č. 4), které se při zápisu na rozdíl od individuální adresy oddělují lomítkem "/". Jakým způsobem se budou skupiny používat, záleží vždy na projektantovi. Doporučuje se zvolené členění skupinových adres zachovat stejné v celém projektu.

Systém KNX pracuje tak, že každé funkci v instalaci (například rozsvícení svítidla) se přiřadí číselný ekvivalent neboli skupinová adresa. Ta se pomocí softwaru ETS přiřadí skupinovým objektům příslušných snímačů a akčních členů.



Obrázek č. 4: Skupinová adresa

## 1.4 Komunikace KNX TP1

Nejjednodušší možná instalace, kterou lze kompletně zprovoznit, se skládá minimálně z těchto dílů:

- **Napájecí zdroj** (30V DC)
- **Tlumivka** (může být součástí zdroje)
- **Snímač** (např. jednonásobný tlačítkový snímač)
- **Akční člen** (např. čtyřnásobný spínací akční člen)
- **Sběrníkové vedení a vedení 230V AC**

Tyto komponenty jsou připraveny k plnému provozu až po naprogramování softwarem ETS™. V programu ETS je nutno uskutečnit následující nezbytné kroky:

- **Zadání individuálních adres** jednotlivým přístrojům (jednoznačná identifikace)
- **Výběr a nastavení** vhodného aplikačního softwaru přístrojům (parametrizace)
- **Zadání skupinových adres** (provázání funkcí)

### 1.4.1 Telegram

Všichni účastníci na sběrnici spolu komunikují prostřednictvím tzv. telegramů, které jsou jednotlivě vysílány sběrníkovými přístroji při nějaké vnější události závislé na nastavení parametrů přístroje. Jedná se např. o stisknutí tlačítka, otevření dveří, změnu teploty a jiné. Tento složitý bitový kód obsahuje individuální adresu odesílatele a příjemce, skupinovou adresu komunikačního objektu a mnohé další důležité informace potřebné k realizaci určité nastavené funkce. Rychlost vysílání telegramu pro TP1 je 9600 bitů/s.

### 1.4.2 Software ETS

K závěrečnému dokončení elektroinstalace se používá software ETS. Zde se vytváří projekt, kde jsou nastaveny parametry použitých přístrojů a způsob jejich komunikace. Po dokončení montáže všech přístrojů a kabelů se pomocí vhodného rozhraní (např. USB) propojí sběrnice s PC, ze kterého se vytvořený projekt v ETS podle

speciálního postupu nahraje do všech přístrojů. Až tímto závěrečným krokem se stane elektroinstalace plně funkční.

Práce v ETS je u každého přístroje odlišná, patří sem např. přiřazování individuálních a skupinových adres, nastavování parametrů nebo určitých měřených hodnot atd.

## **1.5 Přednosti inteligentní elektroinstalace**

Jedním z cílů této práce je upozornit na to, že se při vhodném řešení a využití přístrojů investice do inteligentní instalace vyplatí, i když to na první pohled zcela nevypadá. Jak bude potvrzeno dále, poměrně velká počáteční investice se velmi brzo vyplácí, a to především u rozsáhlých projektů na budovách jako jsou školy, hotely, komerční prostory a podobně. Samozřejmě i u malých projektů nebo u instalací v rodinných domech lze dosáhnout určitého navrácení počáteční investice, ovšem efekt a doba návratnosti tu nejsou tak zajímavé jako v případě větších budov. Při použití inteligentní instalace u rodinných domů se jedná především o jakési docílení určitého komfortu a pohodlí investora s vědomím vyšších počátečních nákladů.

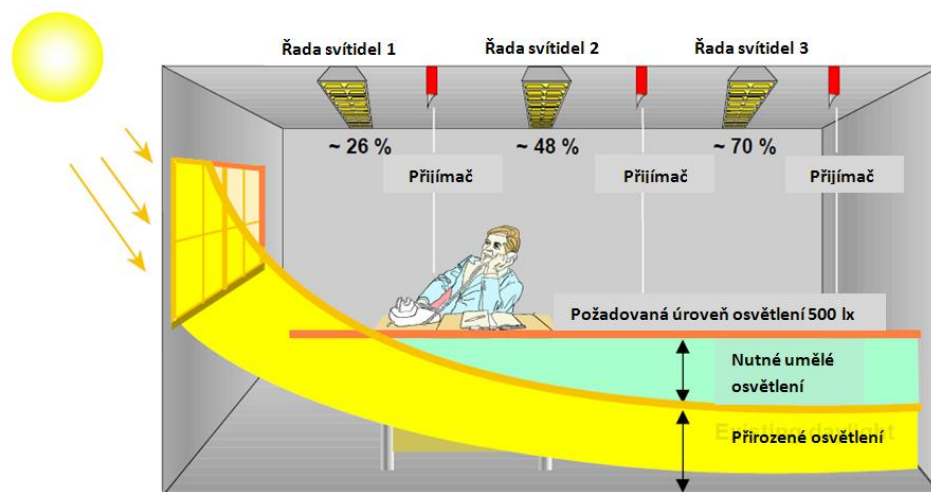
Montážní práce v porovnání s klasickou instalací se téměř neliší, pouze se u systému KNX klade navíc sběrníkový kabel. Ostatní montážní práce zahrnují sádrování krabic, ukládání kabelů, kompletaci rozvaděče, atd. Jediným rozdílem v montáži je vytvoření programu a oživení instalace, tyto činnosti se pochopitelně u klasické instalace vůbec neprovádějí, ale pro instalaci KNX jsou klíčové. Projeví se to především nutností vykonat další práci, která se oceňuje 15% z ceny aktivních prvků. Dále pořízení programu ETS, umění ho kvalitně využívat a spolehlivě v něm pracovat také není jednoduchá a levná záležitost.

## 2 Řízení osvětlení

Při realizaci modernějšího způsobu řízení osvětlení se již nepoužívá prosté spínání svítidel. Používá se stmívaných prvků osvětlovací soustavy, které se začleňují do řídicích systémů budov s otevřenou nebo uzavřenou smyčkou. Především v moderních budovách je snaha o co největší využití denního světla. Tím se dosáhne značných úspor energie a také příjemnějšího pracovního prostředí. Volba stmívaných zářivek se projeví především v úsporách provozních nákladů, protože snížením příkonu se prodlužuje životnost zdrojů. Řízení umělého světlení má za následek mimo jiné i snížení tepelných ztrát ve svítidlech. Možná to není na první pohled patrné, ale snížením tepelných ztrát lze překvapivě také snížit spotřebu energie pro klimatizaci. Uvádí se, že 1 kW výkonové ztráty je nutno vykompenzovat 3 kW výkonu chladicího systému, aby nedošlo ke zvýšení teploty v místnosti.

### 2.1 Princip řízení

Základní úvaha řízení osvětlení se zakládá především na udržení požadované úrovně osvětlení v místnosti na konstantní hodnotě. Na úrovni osvětlení uvnitř budovy se projevuje jak venkovní nezávislá hodnota, tak i vnitřní závislá hodnota osvětlení, která je úměrná hodnotě vnější. Za použití vhodných snímačů a akčních členů lze dle podmínek ovládat soustavu osvětlení s otevřenou nebo uzavřenou regulační smyčkou.



Obrázek č. 5: Optimalizované řízení osvětlení pro celou místnost

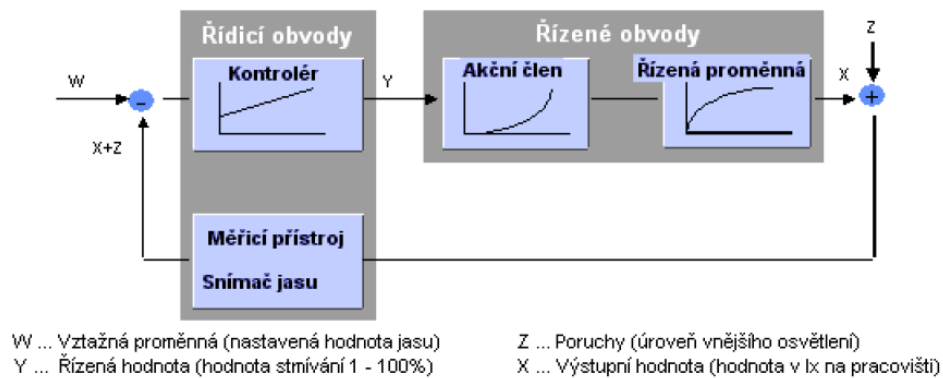
### 2.2 Uzavřená smyčka

Pro řízení na stálou osvětlenost se nejčastěji používá řídicí obvod s uzavřenou regulační smyčkou. Používá se převážně v komerčních budovách a podobných zařízeních, kde je nutné zajistit odpovídající osvětlení na pracovních místech. Regulací



se ovšem dosahuje jen nezbytně nutné úrovně osvětlení. Docílí se tím optimálních pracovních podmínek a současně úspor energie.

Při klasickém řízení s uzavřenou smyčkou je neustále měřena požadovaná úroveň osvětlení spolu s podílem denního světla, která prostřednictvím zpětnovazební funkce působí na akční členy. Rozdíl mezi naměřeným a nastaveným osvětlením přímo ovlivňuje řízenou hodnotu.



**Obrázek č. 6: Řízení s uzavřenou smyčkou pro stálou osvětlenost**

Nevýhodou tohoto řešení je, že záporná zpětná vazba řízené hodnoty a systémová odchylka přírůstku jsou ovládané jednou funkcí, tudíž při vyšší změně regulované hodnoty dochází ke zvýšení podílu na chybě systémové odchylky.

Tento nedostatek lze odstranit nepatrně odlišným řešením tzv. integrálním resetem. Tento systém je založen na principu dvoustavové regulace a úroveň jasu je ovládána nepřímo nebo postupně použitím relativního stmívání. Snímač opět měří hladinu osvětlení, srovná ji s nastavenou hodnotou. Poté příslušný přístroj rozhoduje, kterým směrem bude probíhat další změna intenzity. Regulovaná hodnota zůstane konstantní až do následující aktivace, tedy nezávisle na systémové odchylce.

Pro náročnější aplikace je ovšem tento způsob řízení nevhodný, protože dvoustupňovou regulací je komplikované dosáhnout požadované úrovně osvětlení v porovnání s plynulým stmíváním s vhodnou šířkou hystereze.

### 2.3 Použité přístroje a jejich nastavení

Celkový systém řízení osvětlení se neobejde bez tří základních přístrojů, které se dají pořídit od různých výrobců s různou úrovní kvality. Měření osvětlení zajišťuje snímač, který následně předává své výsledky do tzv. kontroléru. Ten je zpracovává podle naprogramovaného algoritmu a zasílá je po sběrnici k akčnímu členu, na jehož svorkách jsou již napojena ovládaná svítidla.

### 2.3.1 Snímač

Snímače pro měření aktuální hodnoty intenzity osvětlení musí mít odpovídající přesnost. Ideální je použití přístroje s měřením pomocí logaritmické stupnice, který je schopen měřit přesněji v dolní části rozsahu. Podobným způsobem totiž reaguje lidské oko na změnu osvětlení a výsledný dojem uživatele je poté více reálný.

Při nepřímém měření je měřená hodnota ovlivňována nejen samotným světelným zdrojem, ale také odraznými plochami v místnosti. Výsledná hodnota je poté nižší než při přímém měření. Podle kvality použitého přístroje lze minimalizovat chybu měření, která vzniká částečně systémovou odchylkou a částečně chybou způsobenou analogově číslicovým převodem. Při odchylce přibližně  $\pm 15\%$  od skutečné aktuální hodnoty je rozdíl uživatelem nezaznamenaný. Kvalitnější přístroje dokonce umožňují přesnost měření různě modifikovat.

Zasílání změřených hodnot intenzity osvětlení probíhá většinou ve formě cyklických telegramů s možností nastavení periody.

### 2.3.2 Kontrolér

Tento prvek systému řídí samotnou regulaci. Jeho úkolem je přijímat měřené hodnoty osvětlení a porovnávat je s nastavenou hodnotou. V závislosti na vloženém algoritmu je následně stanovena regulační odchylka, která se předává akčnímu členu. Nastavená hodnota osvětlení může být buď zadána pevně jako parametr, nebo ji je možno měnit po sběrnici jako hodnotu určeného komunikačního objektu.

Procedura uzavřené smyčky může obsahovat proporcionální, integrální a diferenciální zpětnovazebné členy. Podle jednotlivých komponentů je řízen výstup  $y$  v závislosti na rozdílu  $x$  nastavené a změřené hodnoty. Funkce jednotlivých prvků jsou uvedeny v následující tabulce, kde se mimo výstupu  $y$  a rozdílu  $x$  objevuje i čas  $t$  a parametr  $a$ .

Člen	Vzorec	Popis
Proporcionální	$y = a \cdot x$	Přímo řízený výstup jednoduchým lineárním převodem
Integrální	$y = a \cdot x \cdot t$	Výstup je tvořený stanovenou hodnotou na počátku a zvětšující se vypočtenou hodnotou $y$ po určitou dobu
Diferenciální	$y = x/t$	Výstup je stanoven z rychlosti změny systémové odchylky $y$


Tabulka č. 3: Kontrolér s uzavřenou smyčkou

Použití pouze P kontroléru vede k systematické odchylce, kterou nelze zmenšit bez vznikajících oscilací. D kontrolér reaguje při značné změně parametrů velmi rychle a u řídicích systémů osvětlení se používá jen zřídka. Je to z toho důvodu, aby změna úrovně osvětlenosti byla pro uživatele pokud možno nepostřehnutelná.

Pro řízení systému osvětlení je v praxi dostačující pouze kontrolér integrální. Ve většině případů má tento kontrolér spíše nepřímý vliv na řízený výstup a využívá se již zmíněného procesu integrálního resetu. V praxi se jedná o stupňovité řízení aplikované pomocí 4 bitového stmívacího telegramu PDT 3.007. Jeho výhodou je, že přenáší pouze stálé změny a neobsahuje odlišné hodnoty na rozdíl od absolutního stmívání DPT 5.001 s 8 bitovou hodnotou. Když aktuální hodnota intenzity osvětlení neleží v blízkosti nastavené hodnoty, reguluje se postupnými kroky o šířce 1/64 (1,6%) nebo 1/32 (3,2%) až k rozsahu hystereze, kdy kontrolér svou činnost zastaví.

Preferování PDT 3.007 při integrálním řízení neznamena, že pro uvedené procesy není možné použít PDT 5.001. Kontrolér lze nastavit tak, že pomocí 8 bitových telegramů lze snižovat nebo zvyšovat hodnotu osvětlení podobně jako v předchozím případě. Rozlišení je mnohem jemnější, protože rozsah hodnot 0 až 255 odpovídá přesnosti kroku okolo 0,4%. Na druhou stranu dochází ke značnému zatížení sběrnice při používání tohoto typu telegramu, jehož malé rozlišení je navíc v praxi zcela nepotřebné.

Z důvodů omezení nákladů i prostorových nároků výrobci často integrují snímač a kontrolér do jednoho kombinovaného přístroje. Příkladem takového přístroje může být výrobek ABB s typovým číslem LF/U 2.1. Spolu s tímto snímačem jsou na obrázku č. 7 zobrazeny i některé datové objekty. Z nich je patrné, že uvedený přístroj je vybaven mimo uvedených funkcí i některými dalšími možnostmi, mezi které patří například přepínání mezi ručním a automatickým režimem, změna nastavené hodnoty pomocí samostatného objektu, funkce Master/Slave a mnohé další.



Number	Name	Object Funct...	Length
0	Presence	On / Off	1 bit
1	Automatic mode	On / Off	1 bit
2	Automatic mode Off via	Switching	1 bit
3	Automatic mode Off via	Dimming	4 bit
4	Automatic mode Off via	Dimming value	1 Byte
5	Setpoint value for constant light...	Value in Lux	2 Byte
8	Setpoint value	calibrate	1 bit
9	Brightness, measured value	Value in Lux	2 Byte
10	Master, dimming value	8-bit value	1 Byte
11	Slave 1, dimming value	8-bit value	1 Byte
12	Slave 2, dimming value	8-bit value	1 Byte
16	Status dimming value of actuator	Dimming value	1 Byte

Obrázek č. 7: Snímač s integrovaným kontrolérem a jeho datové objekty

### 2.3.3 Akční člen

Pro udržování stálé úrovně osvětlení lze použít pouze akční členy stmívací vybavené řízením nejméně tří veličin. Jedná se o klasické spínání 1 bitovým objektem, relativní stmívání pomocí 4 bitového objektu a také absolutní stmívání realizované 8 bitovým objektem. U akčních členů použitých pro řízení osvětlení by mělo být

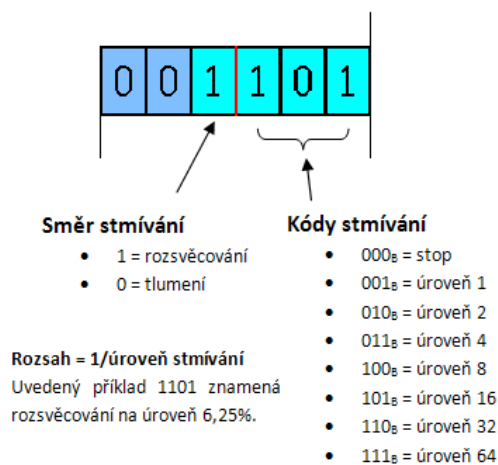
možné pomocí kontroléru nastavit závislost stmívání na čase a interval pro odesílání telegramů. Novější stmíváče KNX na trhu tyto požadavky většinou splňují.

Problémy se mohou objevit u různých výrobků při nastavování rychlosti samotné funkce stmívání. Doba přechodu mezi jednotlivými stmívacími kroky by měla být konstantní pro celý rozsah od 0 do 100 %. Jsou-li například každé 2 sekundy odesílány telegramy s hodnotou 1/64, stmíváč by měl dosáhnout maximální hodnoty nejrychleji za 128 sekund. Tento časový rozsah je optimální pro samotný řídicí systém, ne však pro ruční ovládání, kde je požadována kratší stmívací perioda. Má-li být možné i ruční ovládání, často se volí kompromis, kdy akční člen stmívá pomaleji a kontrolér naopak přenáší informace rychleji, aby nenastal stmívací proces krokování. Tento způsob vede k zatížení sběrnice, které lze zmírnit použitím stmívacího kroku 1/32 namísto 1/64.

### 2.3.4 Relativní stmívání

Pro dostatečné pochopení předcházející teorie je žádoucí blíže vysvětlit datový bod DPT 3.007, který se používá speciálně pro stmívání a řadí se k nejjednodušším příkladům kombinace různých funkčních bloků.

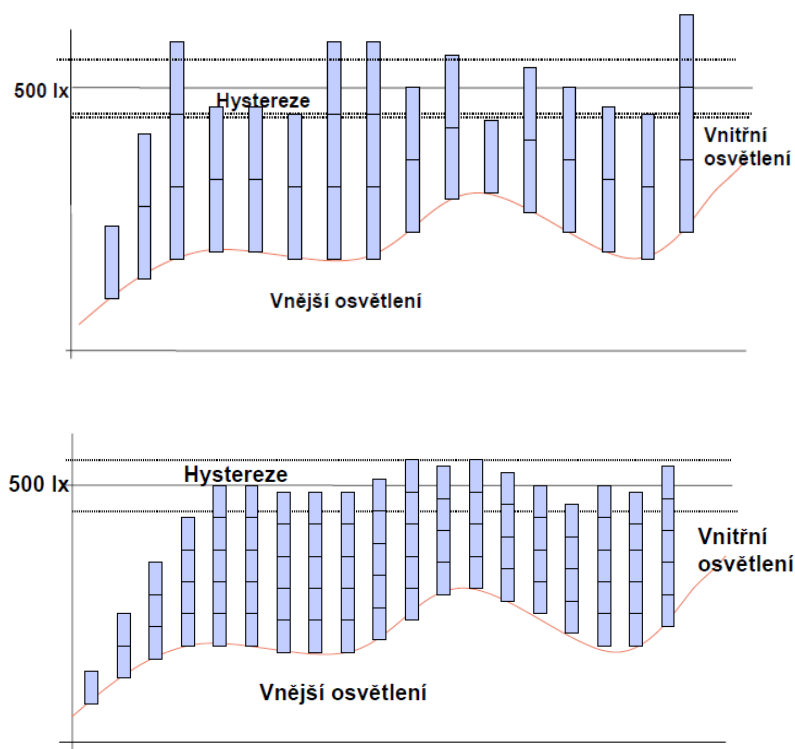
Skupinový objekt má celkově 4 bity a skládá ze spínacího objektu (1 bit) a z hodnoty objektu (3 bity) představující stupňování. První spínací bit rozhoduje o zvyšování nebo snižování hodnoty jasu v porovnání s aktuálním stavem a následující tři bity určují úroveň rozsahu jasu od 0 do 100%. Na obrázku č. 8 je naznačena ukázka posledních šesti bitů určité části telegramu stmívání nazývaní se užitečná data. Vpravo dole jsou uvedeny převody stmívacích úrovní do binárních čísel, podle nichž pak akční členy stmívají nebo rozsvěčují připojenou zátěž vždy na následující úroveň. Kód 000<sub>B</sub> stanovuje přerušování aktuálního procesu stmíváče, kdy zůstane zachována právě dosažená hodnota jasu.



Obrázek č. 8: Funkční blok stmívání

### 2.3.5 Poznámky k instalaci

Při použití zcela nových svítidel anebo u předdimenzovaných místností vzniká v uvedených souvislostech problém, kterému je nutné se vyvarovat. Následující obrázek naznačuje situaci, kdy je změna osvětlenosti významnější než nastavená hystereze pro jednotlivý stmívací krok například 1/32. Svítidlo následně opakovaně překračuje nebo naopak nedosahuje na cílovou hodnotu. Tento stav systému je značně nežádoucí a je možné ho potlačit zúžením šířky stmívacího kroku nebo rozšířením hystereze.



Obrázek č. 9: Nesprávné nastavení systému řízení a jeho vhodná úprava

Elegantnější řešení je použití akčního členu se dvěma časovými základnami, kde je možné nastavit krátkou časovou základnu pro manuální stmívání a dlouhou pro automatické stmívání.

Optimální instalaci snímače ovlivňuje několik faktorů. Především strop nebo případné stropní konstrukce, kam je snímač ve většině případů instalován, by měly vykazovat podobné povrchové vlastnosti v celé místnosti. Důležitější podmínkou je však taková montáž snímače, aby vnější i umělé osvětlení přímo nepůsobilo na přijímací čočku přístroje.

Při aplikaci popisovaného řízení osvětlení do místnosti vybavené několika řadami svítidel s proměnným podílem přirozeného světla lze s ohledem na pozici snímače postupovat různě. Kvalitnější snímač s integrovaným kontrolérem je schopen

generovat různé řídicí hodnoty jednotlivým kanálům akčních členů. Z tohoto důvodu je postačující použít v místnosti pouze jediný takový snímač. V opačném případě by bylo nutné vybavit každou řadu svítidel jedním levnějším snímačem, ovšem v některých případech by mohlo docházet k nežádoucímu vzájemnému ovlivňování snímačů. Technicky dokonalejším řešením je využití jednoho snímače s funkcí Master/Slave, která bude detailněji popsána v samostatné kapitole. Jedná se o přímé řízení jen jedné řady svítidel ve zvolené části místnosti. Ostatní řady jsou nastaveny jako podřízené obvody prostřednictvím řídicí funkce a jejich výsledná hodnota osvětlení je ovlivňována nastavením odchylky od základní hodnoty.

## 2.4 Řízení jasu

Řízení jasu se realizuje především s ohledem na minimalizaci pořizovacích nákladů nebo také při nuceném použití pouze spínaných svítidel, kdy nastávají značné odchylky mezi aktuální a nastavenou hodnotou osvětlení. Technicky se jedná o regulaci osvětlení otevřenou smyčkou s plynulým nebo dvoustupňovým řízením. Oproti předchozí metodě není toto řízení zcela optimální kvůli chybějícímu zpětnovazebnímu členu a uživatel také přichází o přínosy dané snížením nákladů na energii.

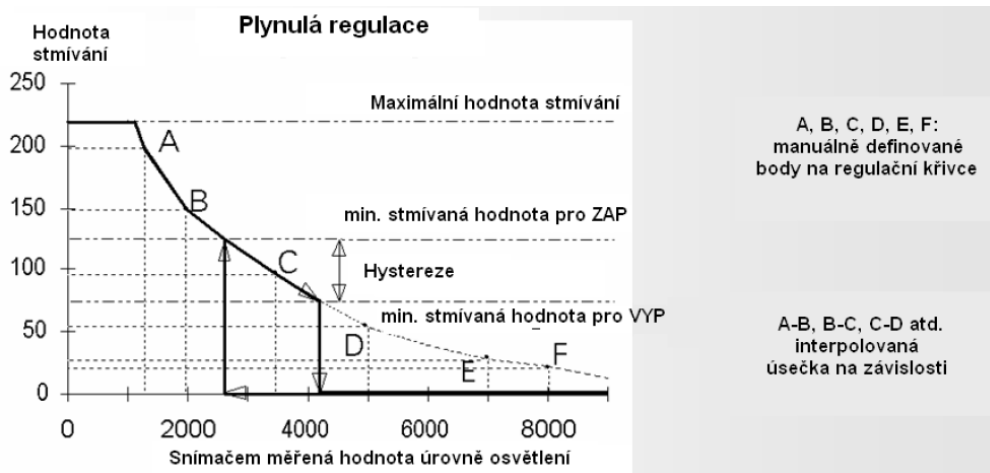
U otevřené regulační smyčky se používá snímač, který měří pouze vnější hodnotu jasu nezávisle na vnitřní nastavené hodnotě. Ze změřené venkovní hodnoty osvětlení je následně pomocí regulačních křivek vypočtena požadovaná nastavená hodnota. U tohoto typu řízení nikdy nenastanou oscilace, jelikož zde chybí zpětnovazební smyčka. Ovšem nevýhodou je složité nastavování systému s plynulou regulací, které může pro potřeby přesného nastavení trvat i několik dní.

### 2.4.1 Plynulé a dvoustupňové řízení

Pro plynulé řízení se používají stmívače opatřené řízenou funkcí, kterou může být regulační křivka, nebo v nejjednodušším případě pouze přímka stanovená dvěma páry hodnot. Jsou to maximální úroveň venkovního osvětlení zajišťující stoprocentní osvětlení místnosti a minimální osvětlenost zajišťující vypnutí všech svítidel.

Pro snadnou regulaci mezi zapnutým a vypnutým stavem osvětlení je nutné nastavit vhodnou hysterezi. Na následujícím obrázku je ukázka takové regulační křivky složené z několika úseček vytvořených pomocí definovaných bodů.

Při použití dvoustupňového řízení je výše uvedená regulační křivka zjednodušena na dva možné stavy, protože svítidla je možné jen zapínat nebo vypínat.



Obrázek č. 10: Regulační křivka pro plynulou regulaci

#### 2.4.2 Použité přístroje a jejich nastavení

Pro řízení s otevřenou smyčkou se používají v podstatě podobné přístroje jako u uzavřené smyčky. Odlišnosti se objevují v nastavení kontroléru a volbě přístrojů při dvoustupňovém řízení. Nejvýhodnější je opět použití snímačů s logaritmickým rozlišením měřených hodnot, jehož maximální šířkový krok by neměl být větší než 3,2% rozdílu hodnot stmívání. Prakticky lze použít i některý z analogových vstupů předávající měřenou hodnotu ve formátu DPT 9.004 přímo v luxech.

Datový typ řady 9.xxx je definován pro různé fyzikální proměnné. Nazývá se 2 bytová plovoucí hodnota a obsahuje významový bit S, exponent E a mantisu M. Významový bit (1 bit) určuje znaménko celého výrazu, který je navíc vynásoben základem 2 umocněným exponentem E (4 bity). Zbýlých 11 bitů připadá na mantisu, která představuje samotnou měřenou hodnotu převedenou do dvojkové soustavy a vynásobenou rozlišením 0,01. Pro kladná čísla je významový bit S nulový a pro záporná čísla má hodnotu 1. Záporná čísla se kódují jako dvojkový doplněk tak, že výstupní hodnota se invertuje a přičte se k ní jednička. Rozsah 11 bitů je -2048 až +2047, pokud je měřená hodnota mimo tento rozsah, využije se uvedeného exponentu. Celková struktura vzorce tedy vypadá takto:

$$\boxed{2 \text{ bytová plovoucí hodnota} = \pm (0,01 \times M) \times 2^E}$$

Při měření osvětlení datovým typem DPT 9.004 se nepoužívá celkové možné rozpětí datového bodu. Používají se pouze kladné hodnoty s rozlišením 1 Lux a s celkovým rozsahem 0 až 670760 Luxů.

Příklad:

00101110 00011010

$$S = 0 \rightarrow \text{znaménko} +$$

$$E = 101_B \rightarrow 5_D$$

$$M = 11000011010_B \rightarrow 1562_D$$

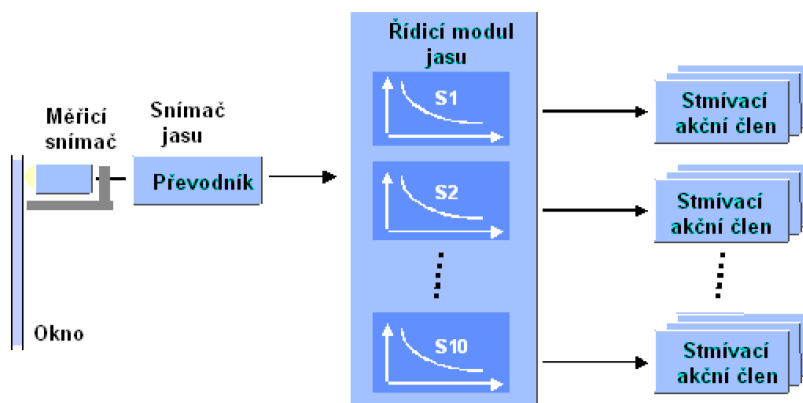
$$\text{Osvětlení } E = +(0,01 \times 1562) \times 2^5 = \mathbf{500 \text{ Lx}}$$

Obrázek č. 11: Datový bod DPT 9.004

Pro akční členy v případě plynulé regulace platí stejné podmínky jako v podkapitole 2.3.3. Pro dvoustupňové řízení mohou být použity binární výstupy.

Samotná instalace snímače má svá pravidla. Především je důležité, aby byl snímač namontován přímo do venkovního prostoru, ideálně mimo žaluzie nebo rolety. U budov s okny směřujícími různými směry je vhodné instalovat nejméně dva snímače nasměrované do jihovýchodního a severozápadního směru. U rozsáhlých projektů je ideální umístit snímač na každou fasádu budovy.

Jelikož snímač osvětlení se nachází většinou ve venkovním prostoru, je vhodné zvolit kontrolér s umístěním do rozvaděče. Přes převodník nebo přímo ze snímače kontrolér přijímá pomocí telegramů měřené hodnoty již ve formátu PDT 9.004, podle kterých následně generuje řídicí hodnoty v závislosti na regulačních křivkách a předává je akčním členům.



Obrázek č. 12: Přenos měřené hodnoty snímače osvětlení

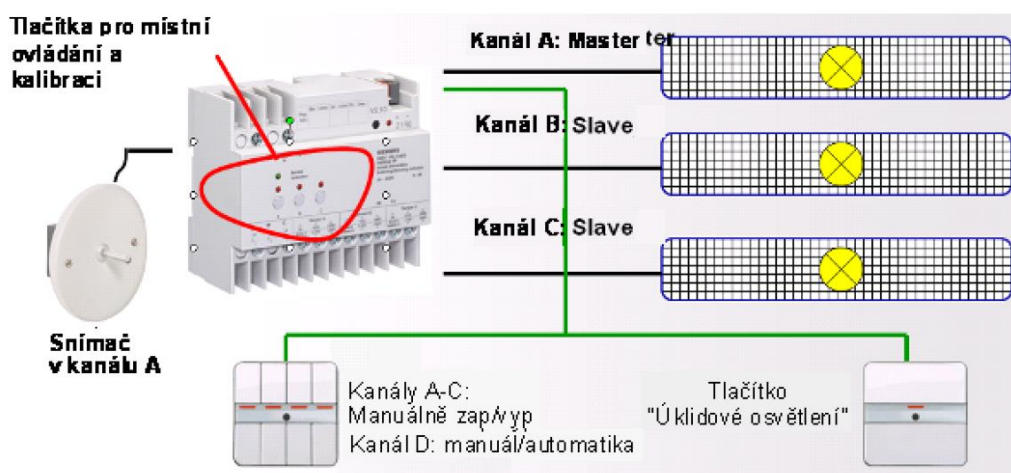
## 2.5 Regulace Master/Slave

Pro dosažení úspor nákladů lze využít kombinovaný způsob řízení osvětlení s regulací Master/Slave. Tuto jednoduchou metodu je možné aplikovat na řízení s otevřenou nebo uzavřenou smyčkou i s využitím jejich dílčích výhod.



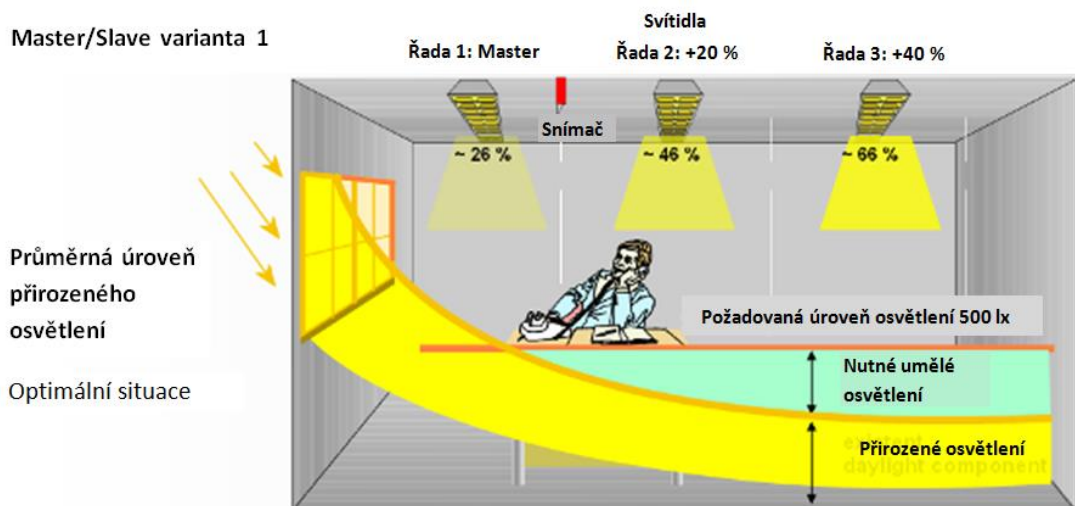
Principiálně se jedná o řízení hlavního světelného úseku s následným vlivem na úseky podřízené. Hlavním světelným úsekem může být jedna řada svítidel, která je řízena obdobně jako v případě uzavřené regulační smyčky a která se umísťuje většinou nejdále od okna. Snímač je umístěn uvnitř místnosti a co možná nejvhodněji ve smyslu měřeného povrchu. Jeho údaje jsou zpracovány řídicím programem, který následně zasílá řízené povely ke kanálu akčního členu přiřazeného v tomto případě pouze odpovídajícímu světelnému úseku. Ostatní podřízené světelné úseky jsou jednotlivě řízeny pomocí dílčí trvale nastavené odchylky od hlavní regulační křivky. Potřebné odchylky se stanovují porovnáním řízeného úseku s údaji jednotlivých podřízených úseků, které lze získat pomocí několika jednoduchých měření při úrovních umělého osvětlení např. 25, 50 a 75%. Vychází se z největšího zaznamenaného rozdílu, aby byla dosažena nastavená hodnota v luxech v celém prostoru. Provedením instalace uvedeným postupem odpadají náklady na další snímače, kterými by bylo nutné vybavit každý světelný úsek. Pro uvedenou aplikaci je nejvýhodnější použít snímač s integrovaným kontrolérem napojený na vícekanálový stmívací akční člen, u kterého je možné nastavit vnitřní odchylku mezi jednotlivými kanály.

Odpovídající řešení je také použití stmívacího akčního členu schopného odesílat po sběrnici hodnotu svého aktivního stavu. Tento 8 bitový údaj se ve funkčním bloku přidá k definované odchylce a výsledná řízená hodnota je následně odesílána s jinou skupinovou adresou určenému světelnému úseku. Nutnost použití více telegramů má u tohoto řešení za následek větší zatížení sběrnice.



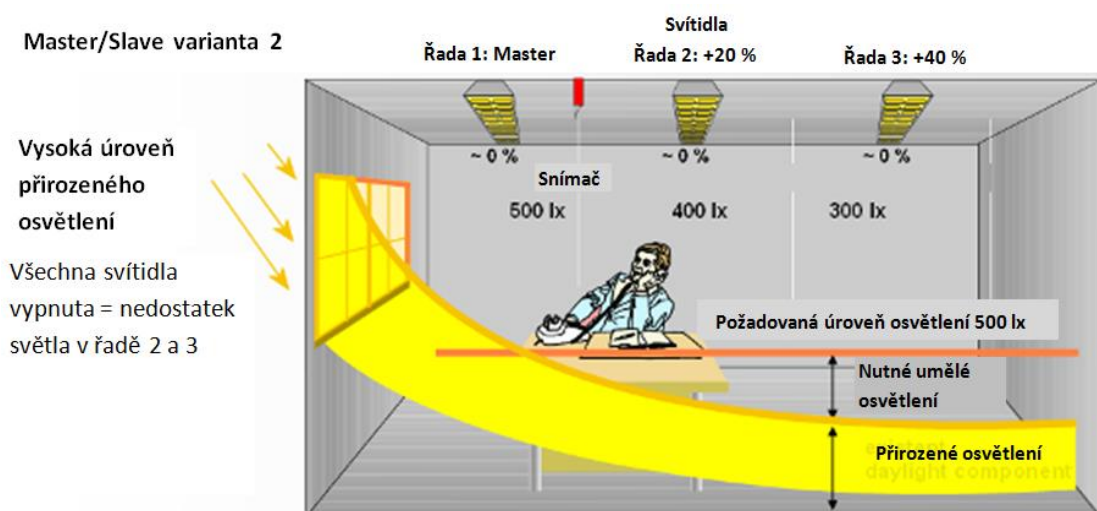
Obrázek č. 13: Příklad použití funkce Master/Slave s manuálním přepínáním

I když se popsané řešení jeví jako velice jednoduché, mohou nastat v některých situacích nečekané problémy, které nemusí být při nepodrobném projektování patrné. Vše spočívá ve volbě hlavního světelného úseku a výběru místa pro montáž snímače. Na následujících obrázcích je uvažována místnost se třemi řadami svítidel, z nichž je jedna vybrána jako hlavní světelný úsek. Co nejbližší zvolené řadě svítidel se pak nachází snímač. Optimální situace je zobrazena na následujícím obrázku.



Obrázek č. 14: Optimální situace pro řízení pomocí funkce Master/Slave

Při výběru řady nejbližší k oknu ovšem může nastat následující situace. Hlavní řada je řízena v rozsahu 0 až 100 % a k podřadným světelným úsekům je směrem od okna přidáno nastavenou kladnou odchylkou 20 a 40 procent. Tím se sníží rozsah řízení podřadných úseku na 20 - 100 % resp. 40 - 100 %. Pokud následně hlavní řada dosáhne řídicí hodnoty 0 %, prostřední řada bude nastavena na +20 % a poslední na +40 %. Jednoduše řečeno mohlo by se stát, že by při dostatečném venkovním osvětlení některá svítidla stále částečně svítla. Takto zbytečně spotřebovávanou energii by bylo možné uspořit tím, že by podřadná svítidla vypínala spolu s hlavním světelným úsekem. Bezprostředně po dosažení nulové řídicí hodnoty pro hlavní úsek by se ale mohlo stát, že v zadní části místnosti bude příliš šero.



Obrázek č. 15: Neoptimální situace pro řízení pomocí funkce Master/Slave

Pokud se zvolí jako hlavní úsek řada nejdále od okna, situace je zcela opačná. Ovládání podřadných úseků se provádí pomocí záporné nastavené odchylky

procentuálně se zvyšující směrem od nejtmaší oblasti. Zvolená konfigurace funguje spolehlivě při vysoké úrovni venkovního osvětlení, ovšem při úplném setmění plně svítí pouze hlavní úsek a ostatní řady jsou na hodnotách 80 % resp. 60 %. Tato situace není také optimální a jde ji opět předejít přidavným nastavením, kde se v případě 100 % řídicí hodnoty hlavního úseku plně sepnou i úseky podřadné.

Z uvedených poznámek k instalaci je patrné, že optimálního řízení u obou situací nelze dosáhnout. Obecně je vhodnější z pohledu uživatele zvolit raději variantu s převýšením nastavené hodnoty osvětlení. Nakonec vždy záleží na domluvě projektanta s investorem, jak uvedené problémy vyřešit, popřípadě najít jiné řešení.

Samozřejmě i pro uvedenou instalaci se vyskytuje elegantnější řešení, kterým se výše popsané problémy dají minimalizovat za cenu vyšší investice. Primitivní řešení je vybavit každou řadu snímačem, ovšem při vyšším počtu světelných úseků se taková instalace stává velice nákladnou. Nejvhodnější řešení uvedených problémů je použití speciálního kontroléru s dynamickým řízením odchylky. U tohoto přístroje není odchylka pro podřadné světelné úseky stálá, ale určuje se pomocí jednoduché lineární funkce.

$$S = M \times (1 + O)$$

$S \rightarrow$  *stmívaná hodnota podřadného úseku – Slave [%]*

$M \rightarrow$  *stmívaná hodnota hlavního úseku – Master [%]*

$O \rightarrow$  *odchylka [%]*

**Obrázek č. 16: Kontrolér osvětlení s dynamickou odchylkou**

Díky takovému řízení lze dosáhnout dobrého kompromisu s ohledem na uvedené problémy. Při použití kladné odchylky snadno všechna svítidla dosáhnou 100 % podobně jako v jednom z předchozích případů. Jiná situace však nastává při malých řídicích hodnotách hlavního úseku, kdy absolutní rozdíl s podřadnými úseky se blíží k nule. Takové řízení podřadných úseků je pro uživatele příhodnější než použití stálé odchylky. Dokonce při dostatečném venkovním osvětlení se díky násobené odchylce jednoduše dosáhne požadovaného vypnutí všech svítidel.

### **3 Řízení vytápění a klimatizace**

Řízení vytápění a klimatizace je dnes nedílnou součástí moderního systému řízení budov. Správná teplota v místnosti ovlivňuje duševní pohodu, efektivitu práce a další činnosti a pocity uživatele. Z hlediska úspor energie se tomuto odvětví klade stále větší důraz, proto se na trhu objevuje mnoho různých řešení, jak začlenit vytápění a klimatizaci do řízení celé budovy.

#### **3.1 Řízení vytápění**

Podíl pro vytápění a ohřev vody se z celkové kalkulace spotřeby energie odhaduje na 30 %. Z tohoto důvodu je v současnosti cílem efektivní využití energie v oblasti vytápění, a to jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska životního prostředí. Jedná se obecně o dosažení požadované úrovně komfortu a pohodlí s co možná nejnižší spotřebou energie. S použitím inteligentních řídicích systémů lze využít několik principiálně odlišných forem řízení vytápění i jejich kombinace. Jedná se především o individuální řízení místnosti, řízení okruhů vytápění a řízení zdrojů tepla.

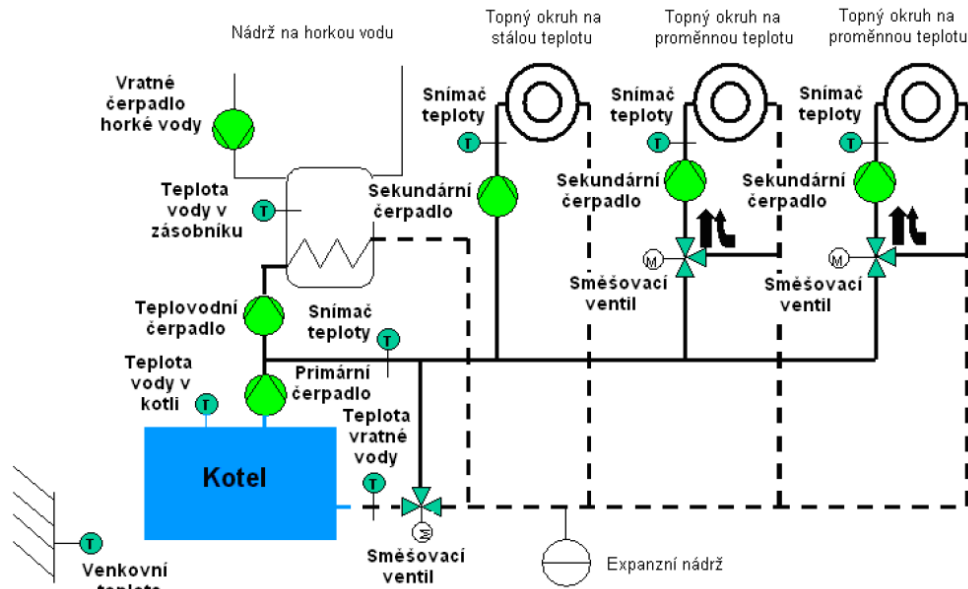
#### **3.2 Otopný systém**

Projektování otopného systému ve větších budovách není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát. Ve výsledném projektu se odráží především výběr vhodného typu primární energie a otopná křivka. Důležitým kritériem při výběru primární energie je její dostupnost a cena. Mezi nejčastější zdroje v komerčních budovách patří zemní plyn, ale je možné zvolit i jinou variantu jako například tuhá paliva, elektřinu, topnou naftu a další. Podle zvoleného typu primární energie je možné uvažovat s jedním nebo více zdroji tepla s možným využitím zásobníku teplé vody.

Při zvažování výběru zdroje je nutné nahlížet nejen na současnou cenu, ale také na cenový vývoj v následujících letech a samozřejmě i na investiční a provozní náklady. Podle uvedeného výběru lze poté realizovat konkrétní provedení otopného systému v místnostech. Většinou se jedná o klasické teplovodní vytápění s radiátory, podlahové vytápění, přímotopy a podobně.

Důležitým faktem při projektování otopného systému je otopná křivka, která je závislá na umístění objektu a typu vytápění. Její charakteristickou oblastí je téměř lineární závislost venkovní teploty na uvažované průtokové teplotě zvoleného otopného systému. S touto závislostí se mohou provádět různé modifikace s ohledem na volbu vysokoteplotního či nízkoteplotního systému, nebo systému s minimální teplotou. Tyto a další operace, jako je například výpočet výkonů otopných prvků nebo umístění topidel, nejsou již součástí oboru elektro a zabývají se tím specializované topenářské firmy. Umíněné detaily projektování otopného systému zde budou uvedeny jen okrajově a dále bude pojednáno pouze o různých oblastech řízení vytápění s následnými možnostmi úspor energie.

V dalším textu bude uvažováno nejčastěji používané řešení zobrazené na následujícím obrázku. Jedná se o systém vytápění s jedním kotlem s boilerem pro užitkovou vodu. Na kotel jsou napojeny topné okruhy na stálou nebo proměnnou teplotu realizované směšovacími ventily.



Obrázek č. 17: Příklad systému vytápění.

### 3.3 Řídicí systémy

Při řízení vytápění je možné použít různé řídicí systémy vzhledem k volbě snímačů a akčních členů. Uvedené možnosti popsané v následující tabulce se vztahují k teplovodnímu systému s jedním zdrojem tepelné energie.

Možnosti regulace	Volba regulace	Poznámky, výhody/nevýhody
Podle snímačů	Individuální řízení místnosti	Každá místnost regulována samostatně
	Řízení v závislosti na pokojové teplotě	Ostatní místnosti závislé na referenční místnosti
	Řízení v závislosti na venkovní teplotě	Nejsou informace o teplotě v budově
	Venkovní teplota a řídicí hodnota pokojové teploty	Kombinace výše uvedených
Podle akčních členů	Přímé topné okruhy	Požadované teplo regulováno pouze spínáním sekundárních oběhových čerpadel
	Smíšené topné okruhy	Požadované teplo regulováno otevíráním a uzavíráním směšovacích ventilů a při nedostatku tepla i obvodem kotle

Tabulka č. 4: Možnosti regulace vytápění.

V klasických bytech nebo v menších domech s centrálním zdrojem tepla lze dosáhnout úspor energie pomocí individuální KNX regulace jednotlivých místností bez zásahu do otopného systému. U větších budov a staveb je obzvláště výhodné použití individuálního řízení místností v kombinaci s přímou regulací otopného okruhu a kotle, jelikož pomocí takového systému je produkováno pouze potřebné množství tepla. V tomto případě musí být kotel vybaven odpovídajícím řízením pomocí KNX s možností přímého připojení ke sběrnici. Mezi výrobce takových zařízení komunikujících pomocí specifikovaných rozhraní přímo s KNX sběrnicí patří například Viessmann, Buderus, Stiebel-Eltron a další.

Při integraci vytápění do řízení budovy jsou možná různá řešení uvedená v předchozím odstavci. Tyto možnosti řízení vytápění se liší především vlastním principem, použitým vybavením a množstvím uspořené energie. Porovnání nejeфекtivnějších řešení je přehledně uvedeno v následující tabulce. Jedná se o individuální řízení místností a řízení systému vytápění.

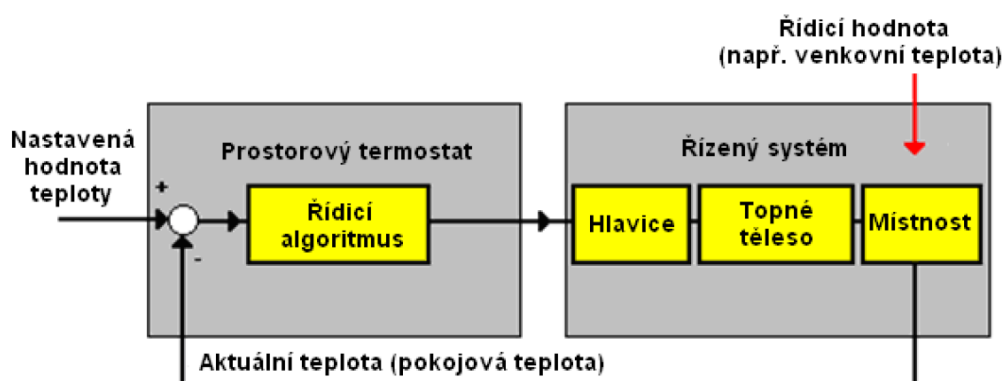
Porovnání	Individuální řízení místnosti	Řízení systému vytápění	
		bez vlivu kotle	s vlivem kotle
<b>Aplikace</b>	Změna ovládacích hlavice, žádné úpravy otopného systému	Instalace se směšovacími hlavice	Instalace s přímým přístupem ke kotli
<b>Principy</b>	Otevírání a zavírání zatěžovacích okruhů	Směšování a řízení zatěžovacích okruhů, zvyšování a snižování průtokové teploty	Přímé řízení kotle a směšování zatěžovacích okruhů
<b>Úspory energie, snížení nákladů</b>	Závisí na využívání místností, nižší využití = vyšší úspory, bez vlivu na kotel	Značné úspory v instalacích s akumulací tepla, odebíráno jen potřebné množství energie	Výrazné snížení nákladů při řízení na optimální úroveň, možnost úplného vypnutí kotle
<b>Pořizovací náklady</b>	Nízké	Střední	Vysoké
<b>Příklady vybavení</b>	Jednotlivé prostorové termostaty, akční členy topení, elektrotepelné nebo elektromotorické hlavice	Centrální řídicí jednotka, analogové nebo digitální vstupy a výstupy, směšovací hlavice a jejich řízení, spínací akční členy pro čerpadla, rozhraní pro řízení kotle	Výrobce specifikovaná rozhraní pro specifické typy instalace

Tabulka č. 5: Aplikace řídicích systémů vytápění.

### 3.4 Individuální řízení místnosti

System pro individuální řízení místnosti je velice jednoduchý a lze jej nainstalovat i zprovoznit bez speciálních znalostí v oblasti řízení vytápění. Každá místnost musí být vybavena prostorovým termostatem a pohonem ventilu regulující topné těleso. V následujícím popisu bude uvažováno použití přímých topných okruhů s klasickými teplovodními radiátory.

Prostorový termostat srovnává aktuální naměřenou teplotu v místnosti s teplotou předem nastavenou a zasílá příkazy systému v závislosti na použitém řídicím algoritmu. Tyto ovládací příkazy mohou obsahovat vypočtenou procentuální změnu, příkazy typu ZAP/VYP a nebo například v kombinaci s chlazením mohou určovat, zda má být v provozu režim topení či chlazení.



Obrázek č. 18: Princip individuálního řízení místnosti

Pro udržení definované teploty v místnosti je možné použít dvou odlišných způsobů řízení. Jedná se o dvoustavové (dvoustupňové) řízení a o plynulou regulaci.

Dvoustavové řízení patří mezi nejjednodušší, jelikož řídicí příkazy nejsou vypočítávány a použitý přístroj pracuje pouze v režimu ZAP nebo VYP. Použití tohoto prostého řízení má za následek plynulé kmitání pokojové teploty kolem nastavené hodnoty. Tato hystereze způsobuje překračování teploty při uzavření ventilů a naopak zpoždění reakce při jejich otevírání. Dvoustupňový režim je tedy nevhodný pro pomalé otopné i chladicí systémy, a to především z důvodu tvorby velkých překmitů a tím i zbytečných ztrát. Avšak uvedený systém řízení je nákladově mnohem efektivnější, je-li v místnosti více topných těles. Jedním akčním členem, který je spínán použitým termostatem, lze totiž ovládat současně několik termoelektrických hlavice.

Při použití plynulé regulace je naopak nutné ke každému topnému tělesu nainstalovat plynule regulovatelnou ovládací hlavici. Používá se řídicí algoritmus, jehož činnost umožňuje upravit pokojovou teplotu tak, aby se blížila nastavené hodnotě bez překmitů.

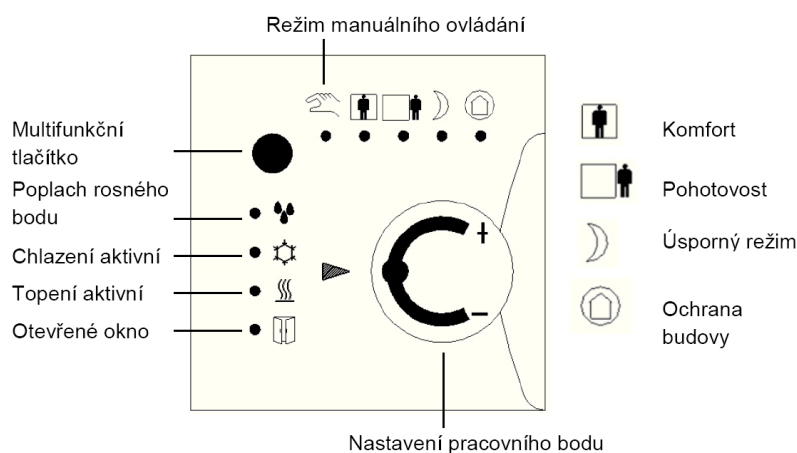
Při výběru způsobu řízení je potřebné všechny tyto skutečnosti zvážit a zvolit mezi řízením jednoduchým a cenově přijatelnějším, nebo komfortnějším řešením s ohledem na vyšší investici.

### 3.5 Přístroje pro individuální řízení místnosti

Na trhu se objevují přístroje KNX s nepřeberným množstvím funkcí od různých výrobců. Mohou se v některých ohledech funkčně odlišovat, avšak obecné principy v oblasti nastavení a komunikace těchto přístrojů jsou podobné.

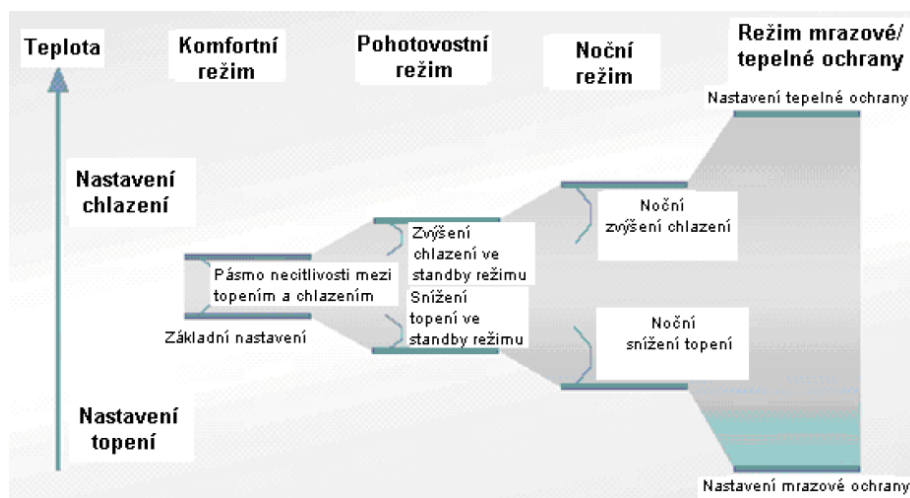
#### 3.5.1 Prostorový termostat

Prostorový termostat je inteligentním prvkem systému řízení vytápění a u většiny modelů obsahuje 4 pracovní režimy, které jsou vymezené čtyřmi úrovněmi teploty pro topení i chlazení.



Obrázek č. 19: Standardní prostorový termostat

Každý z těchto režimů má mezi teplotními úrovněmi pásmo necitlivosti, jehož teplotní rozsah se mění v závislosti na zvoleném režimu. Popisy pracovních režimů a souvisejících teplotních úrovní jsou uvedeny v tabulce č. 6 a na obrázku č. 20.



Obrázek č. 20: Zobrazení zjednodušeného nastavení topení a chlazení



Pracovní režim	Komentář	nastavená teplota	
		topení	chlazení
<b>Komfort</b>	Normální pracovní režim, nejvyšší teplotní úroveň pro topení a nejnižší teplotní úroveň pro chlazení, nejmenší pásmo necitlivosti, spouštěn manuálně, časovým spínačem nebo snímačem pohybu	21 °C	24 °C
<b>Standby</b>	Pohotovostní režim, určen pro kratší nepřítomnost, širší pásmo necitlivosti, spouštěn např. snímačem pohybu, místnost může být rychle vytopena na nastavenou teplotu nebo vychlazena	19 °C	26 °C
<b>Úsporný</b>	Noční režim, snížení nastavené hodnoty teploty pro topení a zvýšení pro chlazení, spouštěn manuálně, časovým spínačem nebo snímačem pohybu	<19 °C	>26 °C
<b>Mrazová a tepelná ochrana</b>	Režim šetřící energii, ochranný režim, má nejvyšší prioritu, v zimě chrání otopný systém před zamrznutím, spouštěn manuálně, časovým spínačem nebo otevřením okna s pomocí okenních kontaktů	7 °C	dle použití

Tabulka č. 6: Pracovní režimy KNX.

Pracovní režim mrazové a tepelné ochrany má status nejvyšší priority. To znamená, že při jeho aktivaci nelze spustit jiný pracovní režim. Pro přepnutí systému například do normálního pracovního režimu musí být ochranný režim deaktivován například uzavřením oken, manuálně nebo jiným způsobem.

Přepínání pracovních režimů je možné provádět externě pomocí KNX nebo ovládacím tlačítkem přímo na termostatu. Přepínání pomocí KNX se ve většině případů provádí pomocí jednobitových objektů, ovšem stále častěji se doporučuje používat společný datový typ s označením DPT 20.102, který patří do kategorie datových bodů pro HVAC. Jedná se o 8 bitový objekt nastavitelný jedinou skupinovou adresou. Pro pokročilejší řízení se používá podobný datový typ DPT 20.105. Jejich porovnání a zjednodušený přehled kódování je uveden v následující tabulce.

DPT	Název	Kódování	
<b>20.102</b>	DPT HVAC režim	0 = Auto 1 = Komfort 2 = Standby	3 = Ekonomický 4 = Ochrana budovy 5 ... 255 = rezerva
<b>20.105</b>	DPT HVAC režim řízení	0 = Auto 1 = Topení 2 = Ranní zatopení 3 = Chlazení 4 = Noční průvan 5 = přechlazení 6 = Vyp	7 = Test 8 = Nouzové topení 9 = Pouze ventilátor 10 = Volné chlazení 11 = Led 12 ... 19 = rezerva

Tabulka č. 7: Datové body určené pro HVAC.

Při nastavování parametrů prostorového termostatu se také podle typu instalace určuje regulace dvoustavová nebo plynulá.

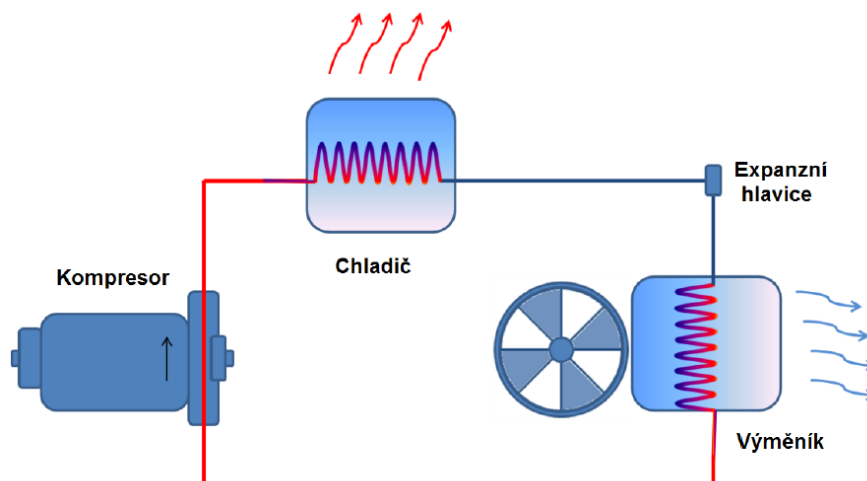
### 3.5.2 Akční člen

Již dříve bylo zmíněno, že je možné použít dvě varianty instalace s odlišnými akčními členy. Spínací akční člen nebo přímo akční člen topení se používá při řízení jedné nebo několika termoelektrických hlavic. Prostorový termostat je v této situaci nastaven na dvoustupňové řízení a vysílá signál na jeden kanál akčního členu, který podle potřeby zcela otevírá či zcela uzavírá topné hlavice v dané místnosti. Uvedené řešení je jednodušší a cenově příznivější, ovšem má i některé nevýhody. Především je nutné počítat s určitou reakční dobou termoelektrického elementu. Navíc se k ovládacím hlavicím musí přivést přídavné napájení 230 V nebo 24 V podle typu výrobku. Při výběru hlavic s napájecím napětím 24 V je nutné dodržet správné délky přívodních vodičů.

Pro systém s plynulou regulací se používá specializovaný akční člen. Výhodou tohoto systému je velmi přesné řízení a jednoduché připojení, protože hlavicí s plynulou regulací stačí připojit pouze ke sběrnici. Nevýhodné je to, že jedním kanálem akčního členu lze ovládat pouze jednu topnou hlavici, což se projevuje vyšším zatěžovacím proudem na sběrnici a samozřejmě vyššími pořizovacími náklady.

## 3.6 Řízení klimatizace

Klimatizace je dnes běžnou součástí většiny kancelářských a administrativních budov, škol, hotelů atd. V našich zeměpisných šířkách nastává potřeba klimatizovat především v moderních prosklených budovách, kde v průběhu letního dne může teplota výrazně narůstat.



Obrázek č. 21: Technické řešení klimatizace

Klimatizační systém se skládá z různých komponentů, z nichž tím nejzákladnějším je chladící médium, které cirkuluje obvodem a mění své fyzikální stavy. Zjednodušené schéma na obrázku č. 21 znázorňuje průběh chladícího média, které je v plynném stavu stlačováno kompresorem a v chladiči zkapalňuje. Tento fyzikální děj má za následek vývin tepelné energie uvolňované nuceně nebo volně do okolí. Kapalně médium následně prochází přes hlavici výparníku s opačným procesem, neboli stav média se mění z kapalného na plynné. Během této změny médium získává teplo od okolního vzduchu. Tento chladnější vzduch je následně vháněn ventilačním systémem do místnosti.

### **3.6.1 Ovládání klimatizace**

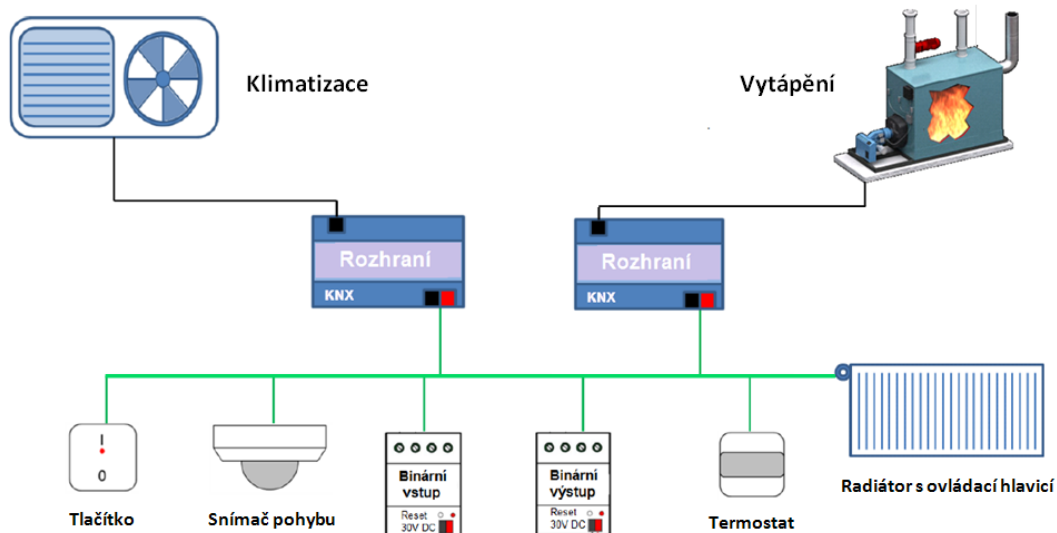
Ovládání klimatizace se řídí stejnou filozofií jako ovládání topení, a to včetně použití identických akčních členů i ostatních přístrojů. V prostorovém termostatu je aktuální teplota srovnávána s nastavenou teplotou a při zaznamenání kladné odchylky začíná chladící jednotka pracovat. Pracovní režimy pro klimatizaci jsou shodné jako pro vytápění a intenzita chlazení se reguluje většinou změnou otáček ventilátoru v klimatizační jednotce. Pro ovládání chlazení je opět možné využít datového bodu DPT 20.105 popsáno v tabulce č. 7.

Pomocí uvedeného datového bodu je možné jednoduše řídit topení i chlazení jedním telegramem. Jak již bylo uvedeno dříve, sběrníkové propojení topení a chlazení je v praxi velmi výhodné z hlediska koordinace řízení obou systémů, mezi kterými je možné přepínat pomocí komunikačního objektu manuálně nebo například pomocí časového spínače.

## **3.7 Integrace do KNX**

Na světovém trhu jsou nabízeny různé vzory a zhotovení systémů topení a chlazení. Integrovaný do celkového řízení budovy lze prostřednictvím uzavřeného protokolu výrobce nebo společného automatického protokolu, který je možný připojit k systému KNX pomocí univerzálního rozhraní. Uzavřený protokol je závislý na výrobku a jeho integrace může být obtížná, ne-li nemožná. S použitím otevřeného protokolu se propojené rozhraní stává součástí KNX systému a je možné realizovat integraci klasickými mechanismy pomocí ETS.

Propojení systémů se sběrníci je alternativně možné také přes analogové a digitální akční členy. Zjednodušeně lze popsat tuto komunikaci tak, že naměřená teplota je převáděna analogovým vstupem na určitou hodnotu napětí a následně se zasílá po sběrnici k určenému přístroji. Digitální výstup poté podle nastavení spouští vytápění či chlazení.



**Obrázek č. 22: Příklad integrace topení a chlazení do systému KNX**

Při řízení vytápění se často používá centrální jednotka, ke které jsou připojeny všechny přístroje a komponenty systému. Informace od těchto přístrojů řídicí jednotka zpracovává a patřičně reaguje. Při propojení klimatizace s KNX je podle typu možná komunikace jednosměrná nebo obousměrná. V případě obousměrné komunikace je možné přijímat i odesílat telegramy oběma směry, a tím lépe řídit činnost samotné klimatizace.

## 4 Další možnosti úspor energie

Úspory energie dosažené pomocí řízení osvětlení nebo vytápění jsou nejnápadnější, ovšem existují i jiné možnosti nebo kombinace řešení, které mají podobný užitek. Některé situace rovněž nedovolují použití kompletní instalace KNX a vyžadují jiné řešení. Jedná se především o integraci KNX do již stávající elektroinstalace nebo o případy, kdy by investice do inteligentní instalace byla nevýhodná nebo převýšila hodnotu dosažených úspor energie.

### 4.1 Ovládání osvětlení se stávajícími rozvody

Instalace KNX nemusí být přínosem pouze pro nové stavby. Naopak její začlenění do budov s klasickou elektroinstalací přináší v některých případech značné úspory energie bez větších zásahů do dostávajících rozvodů. Možností vhodného využití instalace KNX je mnoho. Ty zde uvedené patří k nejjednodušším a využívají se v praxi nejvíce.

S výhodou se může využít inteligentní instalace i u starých továrních hal, které jsou celý den osvětlovány zářivkami v řadách pod stropem, a to bez větších zásahů do původních rozvodů a bez nutnosti složité montáže pod stropem někde uprostřed haly zaplněné ohromnými stroji. V takových budovách se totiž téměř všude propojovala zářivková svítidla pětižilovým kabelem a takzvaně se rozfázovaly, neboli zářivky se postupně za sebou připojovaly k jiné fázi z důvodu symetrického zatížení. Úspor energie lze v tomto případě docílit jednoduchou úpravou rozvodů v rozvaděči. Při použití vhodných přístrojů lze docílit stavu, kdy při překročení nastavené venkovní intenzity osvětlení dojde k vypnutí jedné fáze u světelných rozvodů. Využívá se venkovního snímače osvětlení, jehož údaje vyhodnocuje akční člen umístěný v rozvaděči. Prakticky to vypadá tak, že nesvítí každá třetí zářivka v řadě. Samozřejmě dá se vypínat i více fází než jedna, záleží ovšem na hodnotě intenzity osvětlení a na dodržení normou stanovené hodnoty osvětlení při práci v uvažovaném prostoru. Tato zdánlivě banální úprava, kterou pracovník například v tovární hale většinou ani nezaregistruje, přináší podniku veliké úspory energie především v letních měsících.

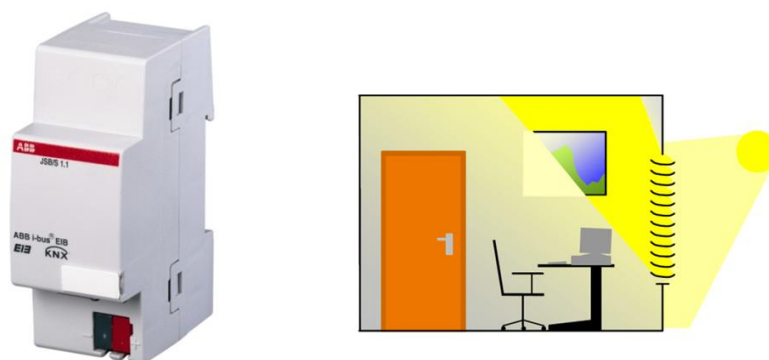
U druhého způsobu využití řízení osvětlení se používá pohybové čidlo opět v kombinaci s akčním členem ovládajícím spínání osvětlení. Princip je pochopitelně takový, že se v případě velkoplošných kanceláří osvětluje jen ta část, kde čidla zaznamenají pohyb. Prázdné pracovní stoly nebo celé kanceláře, v kterých se žádná osoba nevyskytuje, automaticky osvětleny nejsou. Tato metoda úspor energie má největší účinek naopak v zimních měsících, kdy je méně přirozeného denního světla. Další vhodné využití je při situacích, kdy ve velké kanceláři typu *open space* pracuje například už po pracovní době pouze několik zaměstnanců.

## 4.2 Řízení žaluzií

Zdokonalení inteligentní instalace za účelem úspor energie v oblasti vytápění nebo chlazení lze dosáhnout více způsoby. Mimo uvedené použití snímačů přítomnosti, časového modulu a dalších pomocných přístrojů je jedním z řešení zdánlivě nenápadný proces, jehož vliv na úspory energie ovšem předčí ostatní doplňkové instalace. Jedná se o využití automatického řízení žaluzií k podpoře vytápění resp. chlazení místnosti s využitím slunečního záření.

### 4.2.1 Přístroj JSB/S 1.1 a jeho funkce

Řídicí žaluziový modul je sběrniceový přístroj, který ovládá činnost žaluziových akčních členů a zajišťuje tak ochranu proti oslnění nebo řízení denního přirozeného osvětlení. Přístroj lze nalézt v širokém sortimentu výrobce ABB a je konstruován pro montáž do rozvaděčů na DIN lištu s montážní šířkou 2 moduly (36 mm). Přístroj je napájen pouze po sběrnici KNX s proudovým odběrem max. 10 mA a spotřebou max. 200 mW. Další technické údaje i jiné důležité informace o přístroji lze nalézt v produktovém manuálu výrobce [5].



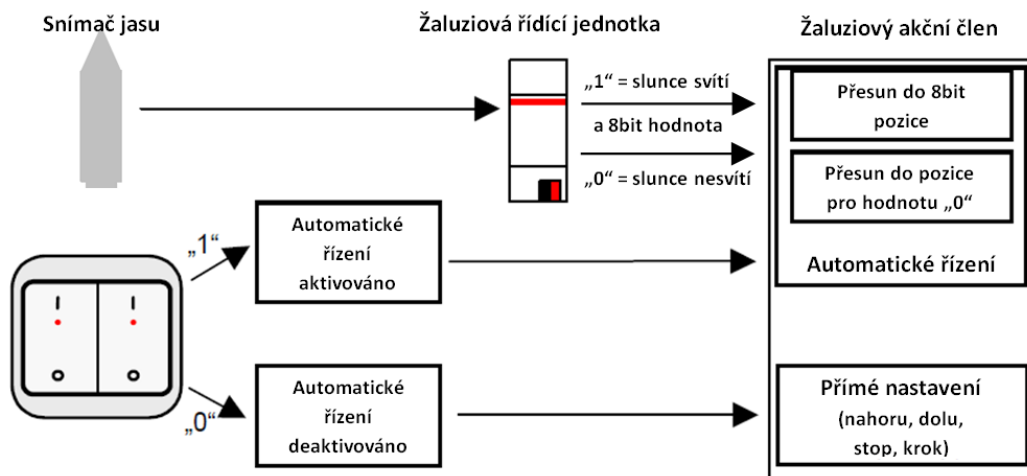
Obrázek č. 23: Využití denního světla pomocí přístroje JSB/S 1.1

Funkci přístroje lze nejjednodušeji popsat následujícím způsobem. Poloha Slunce je nepřetržitě vypočítávána a aktualizována, poté logicky přiřazena k mezním hodnotám slunečního osvětlení nastavených v aplikačním programu. Lamely žaluzií se následně natáčí do vypočtené polohy, a to pouze pokud Slunce skutečně svítí. Toho se využívá, jak již bylo zmíněno, k ochraně před oslňujícím světlem nebo naopak k využití rozptýleného denního světla definovaným směrem do místnosti. Při funkci ochrany před oslňujícím světlem se lamely žaluzií natočí tak, aby sluneční paprsky nemohly přímo pronikat do místnosti, avšak žaluzie je otevřena na maximální možnou polohu. Pomocí jedné přístrojové jednotky je možné ovládat lamely žaluzií na čtyřech fasádách budovy s možností nastavení provozního režimu pro horizontální i vertikální žaluzie.

Při řízení polohy žaluzií je možné brát ohled také na vliv zastínění způsobeného až dvaceti vnějšími stínícími objekty (např. protějšími budovami, stromy, atd.). Pokud

se nevyskytují žádné stínící objekty, jsou všechna okna řízena identicky. V opačném případě je možné individuálně řídit až 200 oken nebo definovaných skupin oken (50 na jednu fasádu).

Na obrázku č. 24 je zobrazeno nastavení systému řízení žaluzií pomocí sledování polohy Slunce s využitím snímače jasu, klasického žaluziového akčního členu a přepínače. V instalaci jsou přístroje mezi sebou propojeny sběrníkovým kabelem a motůrky žaluzií jsou napojeny na svorky akčního členu. Jako přepínač lze využít buď nějaký KNX ovládací snímač, nebo klasický vypínač či tlačítko připojené přes univerzální tlačítkové rozhraní k systému KNX.



Obrázek č. 24: Nastavení systému řízení žaluzií pomocí sledování polohy Slunce

#### 4.2.2 Nastavení parametrů pomocí ETS

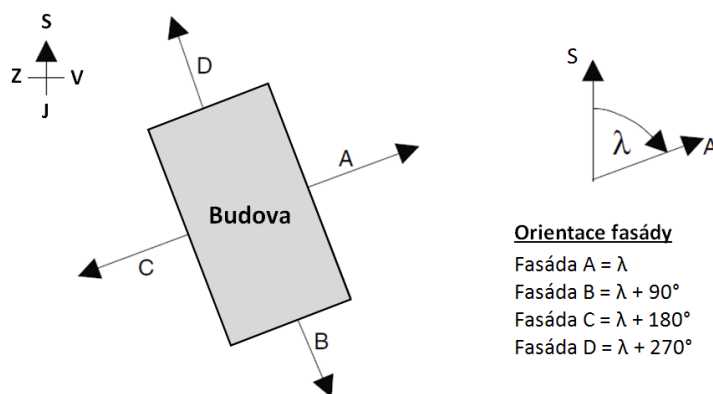
Geometrické údaje o polohách jednotlivých žaluzií, polohách fasád, oken, stínících objektů atd. se nastavují v parametrech přístroje pomocí softwaru ETS.

Ovládání žaluzií je aktivováno pouze v případě, kdy je překročena určitá hodnota intenzity slunečního záření a sluneční paprsky v přímém směru zasahují okna na zvolené fasádě. Když je sluneční záření příliš slabé nebo sluneční paprsky nedopadají přímo na fasádu, ovládání žaluzií je deaktivováno a lamely se posunou do nastavené polohy v akčním členu. Obvykle se lamely vysouvají zcela do horní části, aby se do místnosti dostalo co nejvíce přirozeného světla.

Kromě nezbytných parametrů budovy a použitých žaluzií je v řídicím modulu také nutné přesně stanovit datum, čas a časové pásmo (Coordinated Universal Time, pro ČR je UTC + 1), což je základem pro výpočet polohy Slunce.

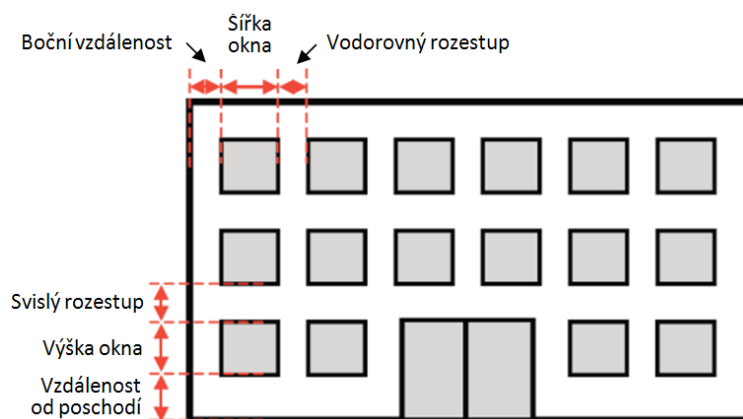
## Parametry budovy

Pro správnou funkci přístroje je nutné předem nadefinovat proporce budovy. To znamená určit její délku, šířku a pozici vůči světovým stranám, přesněji řečeno úhel natočení budovy ( $\lambda$ ) vzhledem k severu.



Obrázek č. 25: Proporce budovy

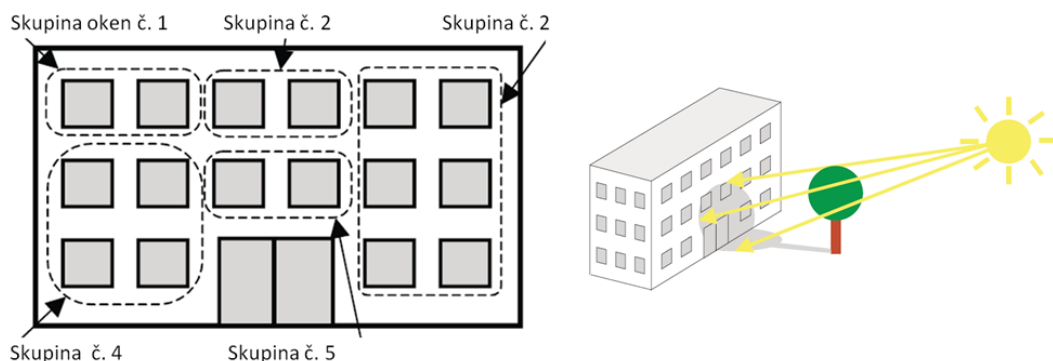
Pokud se v blízkosti budovy nevyskytuje žádný stínící objekt a jsou-li všechna okna totožná, lze s nimi pracovat jako se sítí oken charakterizovanou geometrickými rozměry, které jsou naznačeny na obrázku č. 26. Tyto údaje jako například vzdálenost mezi okny, jejich délka, šířka, atd. se zadávají v parametrech řídicí jednotky. Následně se všechny žaluzie na celé fasádě ovládají stejnými řídicími povely.



Obrázek č. 26: Sít' oken

V blízkosti projektované budovy se mohou vyskytovat různé stínící objekty jako například stromy nebo sousedící budovy, které zabraňují průchodu slunečního záření. Jejich vliv na nehomogenní rozložení slunečního záření na jedné fasádě budovy lze eliminovat rozdělením oken do skupin s různými parametry, jak je znázorněno na následujícím obrázku.





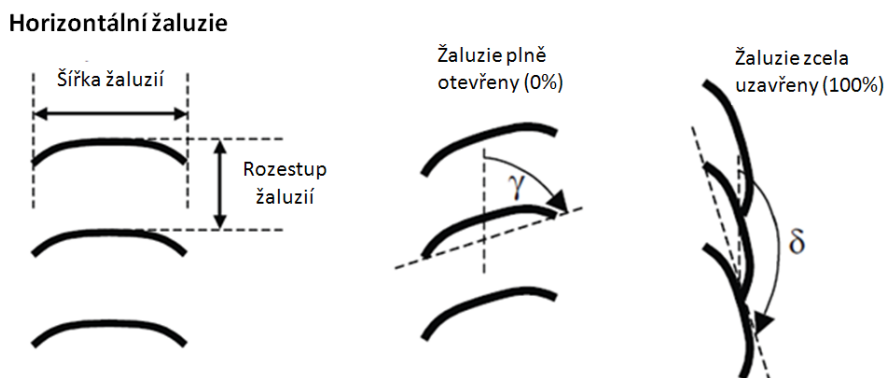
Obrázek č. 26: Vliv stínícího objektu a rozdělení oken do skupin

Vzdálenost, velikost a další rozměry stínícího objektu se pochopitelně opět zadávají do řídicího modulu. Specifické zadávání těchto hodnot se liší v závislosti na tvaru stínícího objektu nebo na poloze vůči projektované budově. Při rozdělení oken do skupin se zadávají obdobné parametry jako u sítě oken (obr. č. 26), ovšem nastavují se pro každou skupinu zvlášť. Z toho vyplývá, že žaluzie na oknech přiřazených do jedné skupiny jsou ovládány odlišnými řídicími povely než žaluzie na oknech přiřazených do skupiny jiné.

### Parametry žaluzií

Pro uvedenou aplikaci může být použit téměř jakýkoliv typ žaluzií (vertikální i horizontální), jejichž geometrie musí být jednoznačně definována. Nejčastěji používané profily jsou ploché a mírně konkávní žaluzie zobrazené na obrázku č. 27. Šířka a délka mezery mezi žaluziemi představují nejdůležitější geometrické údaje, ze kterých se poté vypočte úhel natočení lamel v závislosti na poloze Slunce. Dalšími potřebnými údaji jsou úhel při maximálním otevření ( $\gamma$ ) a uzavření ( $\delta$ ). Úhly se měří mezi imaginární linií, která spojuje středy nebo hrany lamel, a linií pozice lamely.

Jak nastavit další parametry, jako například určování úhlové odchylky nebo nastavení úhlu vyzařování a další specifikace, lze nalézt v produktovém manuálu výrobce.



Obrázek č. 27: Geometrie žaluzií

## 5 Úspory energie

Úspor energie použitím instalace KNX lze dosáhnout jak při realizaci nových projektů, tak i při doplnění do stávající elektroinstalace. Na velikost úspor má vliv celá řada faktorů, které je nutné před samotnou realizací důkladně zvážit. Už počáteční návrh řešení, výběr přístrojů a jejich nastavení se velkou měrou podílí na výsledném efektu samotného projektu a návratnosti investice. Každý investor, který se rozhodne uplatnit výhody KNX instalace, by se měl důkladně informovat u výrobce či distributora o všech možnostech řešení zamýšlené instalace. Největší chybou v mnoha případech bývá, že investor či majitel upustí od realizace inteligentní instalace z důvodu velkých počátečních nákladů.

### 5.1 Úspory dosažené ovládním osvětlení

Principiálně se jedná o větší využití denního světla namísto světla umělého a také o zamezení zbytečného plýtvání elektrické energie při osvětlování prázdných prostorů. Jakým způsobem se konkrétní instalace realizuje, je pojednáno v kapitole řízení osvětlení. Možností jak využít přístrojů KNX je více, záleží na poloze budovy, konkrétnímu uspořádání kanceláří, pracovních stolů, strojů a podobně. Cílem je, aby se při vysoké intenzitě venkovního osvětlení odpojila svítidla v blízkosti oken nebo případně všechna svítidla v celé místnosti. Pro zvýraznění efektivity systému řízení osvětlení se do instalace mohou začlenit různé pomocné přístroje, mezi které patří například snímač pohybu, časový modul a další. Použitím uvedených přístrojů lze pozvednout instalaci na vyšší úroveň a docílit tak výraznějších úspor energie.

Důležitou součástí správné činnosti inteligentní instalace jsou vhodné propojená svítidla tak, aby jejich společné spínání resp. vypínání odpovídalo jednomu z uvedených záměrů. Pokud při pozdějším doplňování KNX do stávající elektroinstalace v budově je propojení svítidel nevhodné, musí se pro správné splnění požadavků instalace svítidla přepojit.

### 5.2 Úspory dosažené ovládním topení a chlazení

Za předpokladu vhodného naprojektování, nastavení parametrů a při použití vhodných přístrojů lze dosáhnout průměrných úspor energie mezi 5 a 10 %. Mimo uvedené základní prvky pro řízení místnosti je možné zvýšit efektivitu otopného obvodu začleněním dalších pomocných prvků podobně jako u řízení osvětlení. Mezi ně patří časový spínač pro řízení pracovních režimů, okenní kontakty připojené přes binární vstupy, snímače pohybu, logické prvky a další. Použití uvedených doplňujících přístrojů a montážních aplikací pak má ještě větší vliv na konečné úspory než v případě řízení osvětlení.

System řízení vytápění s integrací časového modulu dosahuje větších úspor tak, že odlišně reguluje hlavice topení například v nočních hodinách nebo o víkendu. Další

z mnoha možností zvýšení úspor je využití okenních kontaktů, které zabrání zbytečnému vytápění místností s otevřeným oknem. Také je možné kombinovat individuální řízení místnosti se snímačem přítomnosti nebo s ovládáním žaluzií a podobně.

Mimo výše uvedených kombinací lze obecně dosáhnout nejvyšších možných úspor s KNX regulací v případě řízení topení a chlazení pomocí jedné řídicí instalace, aby bylo možné se vyvarovat používání obou systémů současně.

### **5.3 Úspory dosažené ovládáním žaluzií**

Princip využití inteligentní instalace v reálných aplikacích při řízení žaluzií je nejlépe názorný na budově kancelářských prostor dnešního typu, tedy stručně řečeno obrovské prosklené budovy s kancelářemi. U takových budov je možné dosáhnout největších úspor především v oblasti chlazení. Řízení žaluzií lze pochopitelně také zdokonalit kombinací s pomocnými přístroji uvedenými u řízení vytápění nebo osvětlení.

### **5.4 Konkrétní hodnoty úspor energie**

Přesnou procentuální hodnotu úspor energie je možné ve většině případů pouze odhadovat, jelikož je ovlivňována mnoha různými faktory. Tyto faktory jsou pro každý řízený systém různé a ne vždy je možné všechny identifikovat. V případě řízení osvětlení jsou to například typy a konstrukce svítidel, plocha oken, pozice budovy atd. Řízení topení a chlazení ovlivňují například izolace střechy, stěn, konstrukce oken, plocha a umístění radiátorů a jiné.

Z uvedených vlivů na efektivitu instalace lze usuzovat, že přesná velikost úspor energie je vždy individuálně závislá na konkrétním provedení projektu a také budovy. Nemalý vliv na velikost úspor má také kvalitně zpracovaný projekt, který je následně kompletně realizován s vhodně zvolenými a nastavenými přístroji. Ve zbylém textu se předpokládá úspěšná realizace projektu v celém jeho rozsahu.

V následující tabulce jsou uvedeny potencionální roční úspory energie v procentech pro popisované systémy řízení KNX i s případnou kombinací s pomocnými přístroji. Konkrétní procentuální hodnoty byly získány z dostupných zdrojů výrobce ABB, slouží jako názorné údaje k modelovému projektu a nemusí za každých podmínek odpovídat skutečnosti.

ÚSPORY ENERGIE	OSVĚTLENÍ	VYTÁPĚNÍ	CHLAZENÍ
Snímač přítomnosti	12 %	6 %	---
Řízení dle časového programu	5 %	5 %	---
Automatické řízení žaluzií	15 %	5 %	28 %
Konstantní úroveň osvětlení	13 %	---	---
Snímač vnější teploty	---	---	5 %

Tabulka č. 8: Potenciální úspory energie za jeden rok

Je třeba si z uvedených údajů uvědomit, že konkrétní celkové úspory u řízení osvětlení nemusí být příznivější než u řízení vytápění, protože hodnoty úspor energie jsou zde uvedeny v procentech. Je běžné, že celková výše ročních nákladů na vytápění několikanásobně převyšuje náklady na osvětlení, a tedy výsledné úspory vyjádřené například v korunách jsou většinou u vytápění mnohem vyšší.

## 6 Modelový projekt

Modelový projekt instalace KNX bude předveden na budově malé základní školy zachycené na obrázku č. 31. V přízemí budovy se nacházejí technické místnosti a šatny. Ve zbylých dvou patrech jsou rozmístěny učebny, sborovna a kabinety pedagogů. Ve třetím patře se nacházejí menší pomocné učebny a zbytek prostoru pokrývají nevyužité půdní prostory. KNX instalace bude navržena podle výše uvedených postupů pouze do využívaných prostor a místností, kde její použití bude mít užitek. Ve všech podřadných místnostech, jako jsou např. archivy, sklady učebnic, prostory pro potraviny, dílny a podobně, nebudou prvky KNX instalovány a zanechá se zde elektroinstalace stávající.

Pro účely modelového projektu bude vytvořen jeho návrh, dále budou uvedeny požadavky na montáž a zpracovány projektové výkresy místností a rozvaděčů. Následně bude odhadnuta počáteční investice a provedena kalkulace její návratnosti za pomoci údajů uvedených v předchozí kapitole. V objektu se v budoucnu plánuje kompletní rekonstrukce stávajících elektrorozvodů ve stylu klasické instalace. Uvedený modelový projekt slouží jako doplnění této rekonstrukce inteligentní instalací a její pozvednutí na nejvyšší možnou úroveň řízení s maximálním využitím úspor energie. Při provádění kalkulace nákladů byly započítány prvky týkající se KNX, doplňující klasické elektroinstalace a montážní práce s tím spojené. Ostatní náklady např. za svítidla, žaluzie, zásuvky, montážní práce a podobně uvažovány nejsou, protože se netýkají zmíněné doplňující inteligentní elektroinstalace.

Modelový projekt bude pro účely návrhu rozdělen na oblast vytápění a osvětlení. Jelikož se nejedná o novou budovu, budou zde uvažovány pouze nejjednodušší systémy řízení s co nejmenším zásahem do stávající otopné i elektrické instalace. Chladicí jednotky se v budově nenachází, z toho důvodu nebude řízení klimatizace uvažováno. Existuje více variant, jak by bylo možné řízení vytápění a osvětlení navrhnout. V následujícím textu bude uvažována vždy ta varianta řešení, která je cenově nejpříjemnější a není pro své účely nadbytečná.

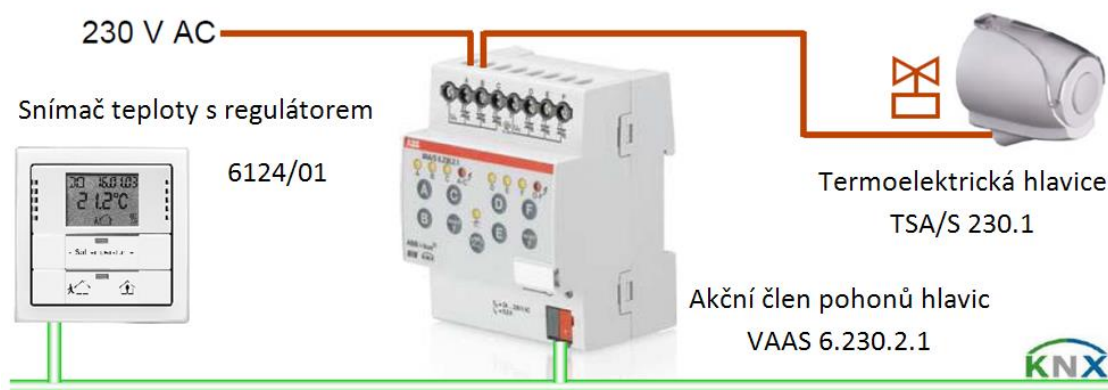
V kompletní instalaci budou použity běžně dostupné přístroje od výrobce ABB. Jejich konkrétní umístění v místnostech a v rozvaděčích je zobrazeno ve výkresech uvedených v příloze.

### 6.1 Návrh řízení vytápění

Vytápění objektu se provádí centrálním plynovým kotlem umístěným v přízemí a klasickými radiátory. Z důvodu požadavku na co nejmenší zásah do instalace byla zvolena varianta individuálního řízení místnosti s ovládáním pomocí termoelektrických hlavic umístěných u každého topného tělesa. Ve zvoleném řešení se neuvažují žádné úpravy otopného systému ani přímý vliv na kotel. Další informace nebo projektová řešení ohledně kotle a otopného systému proto nebudou dále uvažovány.

Pro všechny učebny platí, že se topná tělesa nacházejí pod každým oknem. V ostatních místnostech jsou rozmístěna podobně. Konkrétní rozmístění radiátorů je možno vyčíst z výkresů uvedených v příloze.

Princip Individuálního řízení místnosti s obecným popisem přístrojů je objasněn v samostatné podkapitole 3.4. V této kapitole jsou popsány konkrétní zvolené přístroje, kterými je potřeba vybavit uvažovanou instalaci. Patří mezi ně především ovládací hlavice, akční členy, prostorové termostaty a další pomocné přístroje.



Obrázek č. 28: Návrh řízení vytápění v projektu

### 6.1.1 Ovládací hlavice

U každého topného tělesa je nutné stávající manuální ventil (hlavici) zaměnit za termoelektrickou hlavici KNX. Hlavice se namontuje pomocí speciálního adaptéru, který se našroubuje na závit v místě původního ventilu. Každá hlavice je napojená na akční člen, který ji ovládá pomocí nastavených řídicích příkazů.

Pro regulaci vytápění byla zvolena *Termoelektrická ovládací hlavice* (obr. č. 28) s označením TSA/K 230.1 pracující pouze ve dvoustavovém režimu ZAP nebo VYP. Napájecí napětí hlavice je 230 V AC a její spotřeba 1,8 W. Hodnota procházejícího proudu v ustáleném stavu je 8 mA a při spínacím procesu 300 mA po dobu max. 200 ms. Doba pro otevření nebo zavření hlavice se pohybuje okolo 3 minut. Tyto i další technické údaje lze nalézt v manuálu uvedeného výrobku dostupného na webových stránkách výrobce.

### 6.1.2 Akční člen topení

Každá hlavice musí být ovládána akčním členem, který může být dle umístění buď řadový, nebo zapuštěný. Řadový akční člen je určen pro montáž do rozvaděče a zapuštěný se umísťuje do instalační krabice blízko hlavice. Pro ovládání hlavice je možné použít speciální akční členy určené k ovládání vytápění nebo také klasické spínací akční členy, které je možné nastavit na ovládání hlavice v aplikačním programu.

Je třeba si uvědomit, že u spínacího akčního členu je klasické relé. Z toho důvodu sice snese větší proudové zatížení, ale mnohem menší počet spínacích cyklů. U akčního členu určeného přímo pro vytápění je polovodičový spínací prvek, který je určen pro menší jmenovitý proud, ale snese naopak mnohem větší počet spínacích cyklů. Z uvedených důvodů je pro ovládací hlavice užitečnější použít akční členy určené pro vytápění.

Pro ovládání hlavic v modelovém projektu byl zvolen *Akční člen pohonů hlavic ventilů* s označením VAA/S xx.230.2.1 umístěný do rozvaděče. Jedná se o dvanácti nebo šesti násobný přístroj ovládaný pomocí sběrnice s možností také manuálního ovládání. Písmena "xx" v názvu značí počet kanálů přístroje. Na každý kanál akčního členu lze připojit minimálně jednu ovládací hlavici se jmenovitým napětím 24 V nebo 230 V AC. Každý kanál je ovládán zvlášť a obecně platí, že maximální počet připojených hlavic se řídí podle jmenovitého a spínacího proudu na výstupu přístroje. Pro výstup uvažovaného akčního členu platí maximální hodnoty 160 mA pro jmenovitý proud a 750 mA pro proud spínací. Při porovnání údajů hlavic a akčního členu se dojde k důležitému závěru, že na jeden kanál lze připojit maximálně 2 ovládací hlavice. Další technické údaje, způsob zapojení nebo popis manuálního ovládání lze opět získat z technického manuálu přístroje.

### 6.1.3 Prostorový termostat

Do každé místnosti je nutné umístit prostorový termostat. Princip jeho funkce a popis přístroje byly uvedeny v podkapitole 3.5.1. Z důvodu malé počáteční investice byla vybrána cenově přijatelnější varianta, kde se termostat skládá ze dvou přístrojů. Samotný přístroj ze zvolené designové řady se nasadí na sběrniceovou spojku umístěnou v klasické elektroinstalační krabici. Ke spojce je přiveden sběrniceový kabel, který slouží ke komunikaci a současně přístroj napájí.

Jako prostorové termostaty byly zvoleny dva podobné přístroje, jejichž umístění se určí podle typu místnosti. Do učeben, ředitelny, školní družiny a ostatních více užívaných místností bude osazen *Snímač teploty s regulátorem* řady Solo® s označením 6124/01 napojený ke sběrnici přes *Sběrniceovou spojku* typu 6120/12-101. Tento přístroj umožňuje manuální ovládání vytápění, nastavování teploty v místnosti i další možné manipulace týkající se vytápění. Spolu se snímačem teploty se do dvojitého rámečku umístí tlačítkový snímač, který bude sloužit k manuálnímu ovládání žaluzií a osvětlení.

V ostatních místnostech bude umístěn přístroj s názvem *Snímač teploty s regulátorem a prvkem ovládacím 2-/4násobným* řady Solo® s označením 6128/01 napojený rovněž přes sběrniceovou spojku 6120/12-101. Zvolený přístroj bude sloužit nejen jako prostorový termostat, ale jeho ovládací prvky se využijí i k jiným funkcím v příslušné místnosti.

Termostat se umísťuje na vhodné miesto, kde nebude ovplyvňovaný tepelnými zdrojmi ani priamym slunečným žiarením. Běžné je tedy umístění termostatu ke dveřím v úrovni očí.

#### **6.1.4 Snímač přítomnosti**

Pro vylepšení řízení vytápění se využije snímače přítomnosti umístěného v každé učebně a v prostorech pro pedagogy. Pro modelový projekt byl zvolen přístroj s názvem *Snímač přítomnosti Busch-Präsenz Mini KNX* v provedení 6131/21 *Premium*, který bude současně využit i k řízení osvětlení, jelikož obsahuje interní snímač intenzity osvětlení. Uvedený snímač přítomnosti se umísťuje vždy na strop nejčastěji do středu místnosti a montuje se do speciální elektroinstalační krabice. Snímač má integrovanou sběrnicovou spojku, ke které se připojuje sběrnicový kabel sloužící současně jako napájení přístroje.

Pro uvažovanou montážní výšku 3 m je detekční dosah snímače 8 m pro stojící osoby a 6,5 m pro osoby sedící. Bylo by možné použít kvalitnější typ snímače s větším dosahem, ale pro účely navrhované instalace a vzhledem k rozměrům zvažovaných prostorů jsou zvolené snímače dostačující. Snímač zabírá kompletní kuželovitý prostor pod sebou v rozsahu 360°. Lze jej ovšem nastavit i tak, aby monitoroval každou čtvrtinu prostorového kužele o rozsahu 90° odděleně. Tím se může například zajistit jiná reakce na pohyb u dveří a u oken. Jednoduše řečeno je možné programově vytvořit z jednoho přístroje až 4 snímače natočené vždy jiným směrem. Další technické údaje a možnosti využití lze opět nalézt v produktovém manuálu.

## **6.2 Návrh automatického řízení žaluzií**

Projektovaná budova je orientovaná čelní stranou k jihu, proto bude uvažováno řízení žaluzií pouze na přední fasádě. Rozložení oken je ideální z pohledu nastavování parametrů v přístrojích, protože okna jsou rozložena symetricky po celé budově a mají stejné rozměry s výjimkou prostředního pásu, kde jsou okna o jedno křídlo delší. Montáž žaluzií bude uvažována pouze v učebnách a v prostorech pro pedagogy, tedy v prvním a druhém patře a v podkroví.

Při kalkulaci nákladů bude uvažována pouze část elektro, tudíž zde nebudou zahrnuty montážní práce a materiál týkající se žaluzií. Pro popis funkce přístrojů postačí, že se bude jednat o klasické horizontální mírně konkávní žaluzie (obr. č. 27) poháněné pohonem o jmenovitém napětí 230 V AC.

### **6.2.1 Použité přístroje**

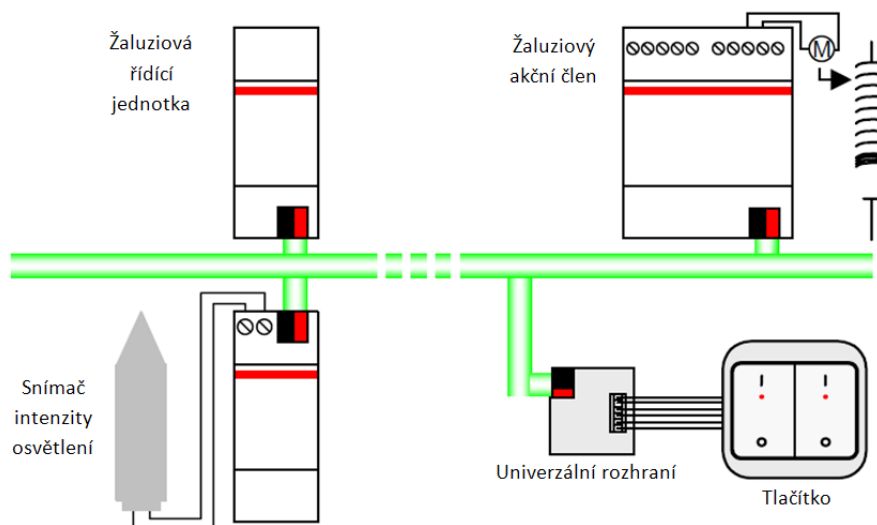
Pro řízení žaluzií je nezbytný *Žaluziový řídicí modul* s označením JSB/S 1.1, který je podrobně popsán v samostatné podkapitole 4.2.1. Pro využití jeho funkce je nutné instalovat přístroje k zaznamenávání intenzity slunečního záření, zjišťování polohy



Slunce a určování data i času. Všechny uvedené požadavky budou uskutečněny jedním přístrojem umístěným na střeše budovy. Jedná se o *Snímač povětrnostních údajů* s označením WES/A 2.1, který mimo jiné snímá intenzitu venkovního osvětlení ze tří směrů a přesně určuje polohu Slunce. Zaznamenává také aktuální datum i čas pomocí vestavěného přijímače GPS. Zaznamenaná data jsou zasílána do přístroje WZ/S 1.1 s názvem *Povětrnostní stanice*. Ten je umístěn v rozvaděči, kde přijímá a dále zpracovává měřené údaje, které odesílá na sběrnici.

Řídící povely od žaluziového modulu bude přijímat *Akční člen žaluziový* s označením JRA/S 8.230.1.1 disponující osmi nezávisle nastavitelnými kanály pro ovládání pohonů žaluzí.

K přednostnímu manuálnímu ovládání žaluzí bude sloužit *Prvek ovládací 4-/8násobný řady Solo®* s označením 6127/01 umístěný ve dvojitém rámečku s prostorovým termostatem 6124/01. Tento ovládací prvek je nutno připojit stejně jako termostat přes *Sběrnickou spojku* typu 6120/12-101 a k jeho osmi tlačítkům je možné přiřadit v programu ETS různé funkce. V tomto případě bude horním dvojtlačítkem možné deaktivovat automatické řízení žaluzí i svítidel a uvede se v činnost ovládání ruční realizované zbývajícími tlačítky.



Obrázek č. 29: Zjednodušený plán systému řízení žaluzí

### 6.3 Návrh řízení osvětlení

Ovládání osvětlení bude řešeno pro každou uvažovanou místnost individuálně. Jelikož se v objektu nachází zářivková svítidla bez možnosti stmívání, využije se pouze prosté spínání. Instalace bude ovšem vybavena akčními členy stmívacími a připravena pro případnou budoucí výměnu původních svítidel za svítidla se stmívatelnými elektronickými předřadníky.

Pro řízení osvětlení bude použit již zmíněný *Snímač přítomnosti Busch-Präsenz Mini* 6131/21. Tento přístroj s vestavěným snímačem intenzity osvětlení umožňuje

řízení místnosti na stálou osvětlenost. Jeho měřící rozsah dosahuje 1000 luxů a je schopen zasílat na sběrnici spínací i stmívací telegramy. Akční člen spínací/stmívací s označením SD/S x.16.1 bude podle přijímaných řídicích hodnot ovládat světelné okruhy. Písmeno "x" v názvu opět značí počet kanálů přístroje. Akčním člen je určen ke spínání zářivkových svítidel a obsahuje mimo hlavních sverek i řídicí svorky 0-10 V, které slouží v ovládání elektronických předřadníků. Konkrétní zapojení vodičů je uvedeno ve výkresech rozvaděčů v příloze. Pro vylepšení řízení osvětlení se využije i samotný snímač přítomnosti ve všech místnostech podobně jako v případě řízení vytápění.



**Obrázek č. 30: Akční člen spínací/stmívací SD/S 8.16.1**

Pro osvětlení v šatnách a na toaletách bude použit pouze Spínací akční člen s označením SA/S xx.10.2.1, který bude ovládán Snímačem přítomnosti Busch-Präsenz Mini s označením 6131/20. Jedná se o levnější variantu snímače přítomnosti popsaného u ovládání vytápění bez možnosti snímání intenzity osvětlení.

Manuální ovládání osvětlení v místnosti se bude stejně jako u žaluzií aktivovat ovládacím snímačem 6127/01 nebo případně pomocnými ovládacími prvky snímače teploty 6128/01.

## 6.4 Poznámky k programování

Všechny použité přístroje KNX se stanou plně funkčními až po oživení pomocí softwaru ETS. V tomto programu se nastavují veškeré parametry a logická propojení přístrojů podle použitých funkcí instalace. Každý přístroj KNX obsahuje nepřeberné množství funkcí a možností nastavení, proto je vhodné vždy řádně prostudovat technický manuál každého přístroje.

Pro správnou funkci instalace je nutné vhodně propojit komunikační objekty snímačů a akčních členů pomocí skupinových adres. Datové typy stejných skupinových adres se musí vždy shodovat. Výsledný program se nahrává speciálním postupem do použitých přístrojů pomocí některého z komunikačních rozhraní.

Kompletní instalace KNX bude rozdělena do tří linií. Použitím dvou liniových spojek vznikne jedna primární a dvě sekundární linie. Hlavní linie bude umístěna ve druhém patře a budou na ní napojeny veškeré logické a řídicí prvky včetně přístroje pro zpracování povětrnostních údajů. Zbývající dvě vedlejší linie budou umístěny do prvního patra a do přízemí. Provedení instalace tímto způsobem se zajistí nejrychlejší přenos telegramů po celé budově.

V uvažovaném projektu se budou povětrnostní údaje a telegramy ze snímačů přítomnosti a osvětlení zasílat cyklicky, což vede k zatížení sběrnice. Pomocí filtračních tabulek v liniových spojkách se zajistí, že telegramy určené jen pro přístroje například v prvním patře se nedostanou k přístrojům v jiných patrech a nebudou zbytečně zatěžovat sběrnici.

Protože na výslednou realizaci navrhovaného projektu má vliv především správně vytvoření program v ETS a oživení přístrojů, odvíjí se od toho i požadovaný finanční obnos za uskutečnění těchto služeb.

#### **6.4.1 Nastavení řízení vytápění a osvětlení**

Při programování řízení osvětlení a vytápění lze postupovat dle teoretických poznatků uvedených v jednotlivých kapitolách. Každý kanál akčního členu bude nastaven individuálně a pomocí logických funkcí provázán s příslušným snímačem osvětlení a přítomnosti v místnosti. Průměrná předepsaná hodnota osvětlenosti pro prostory určené ke studiu je podle aktuální normy (730580) ČSN 73 0580-3 *Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol* stanovena na hodnotu 300 luxů. Řízení na stálou osvětlenost se bude tedy řídit podle uvedené referenční hodnoty. Pro ostatní místnosti jsou hodnoty osvětlenosti nižší.

Díky možnostem KNX lze regulovat teplotu v každé místnosti individuálně. Proto se může v učebnách nastavit jiná teplota než v jiných místnostech, což vede k dalším úsporám energie. Hodnoty vnitřní výpočtové teploty pro školní budovy lze nalézt v normě ČSN EN 12831 (060206) *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Podle této normy musí být teplota v učebnách, kabinetech, jídelnách atd. minimálně 20 °C a ve vedlejších místnostech jako v šatnách nebo na chodbách minimálně 15 °C. Hlavice topení se tedy naprogramují tak, aby udržovaly uvedené hodnoty podle jejich umístění v budově. Na požadavek investora nebo při změně norem je pochopitelně možné kdykoliv nastavenou hodnotu změnit.

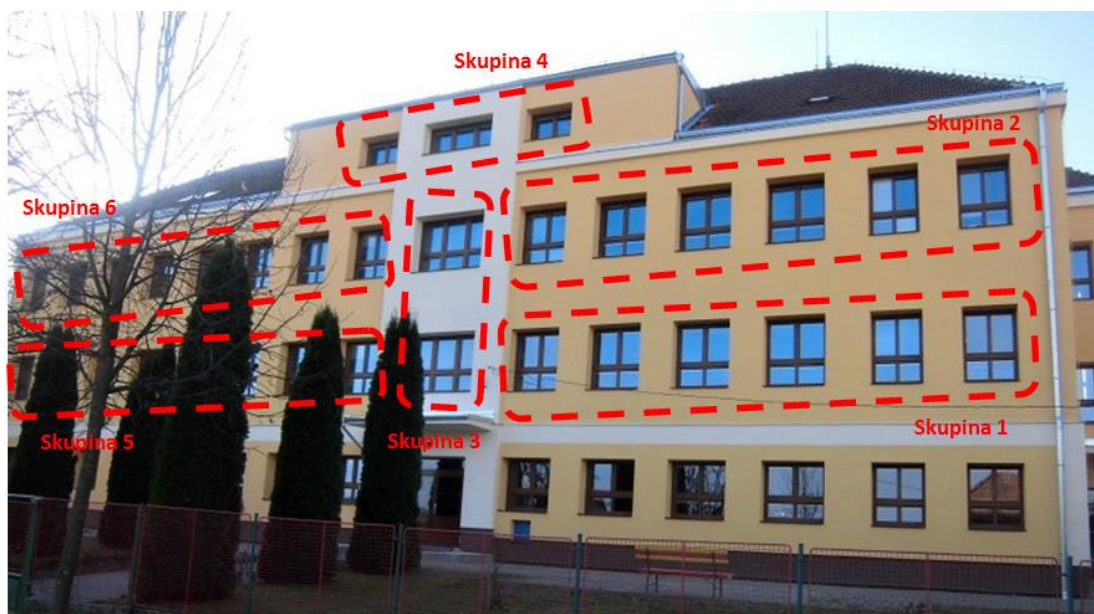
Pro manuální ovládání žaluzií i svítidel se využije ovládacích tlačítek na snímačích s naprogramovanou reakcí na dlouhý a krátký stisk. V programu ETS lze nastavit reakční doby pro stisknutí tlačítek a samozřejmě i jejich funkce. U řízení žaluzií

se bude dlouhým stiskem ovládat celkový pohyb pohonu pomocí funkce *nahoru/dolu* a krátký stisk bude sloužit k natočení lamel pomocí funkce zvané *krok/stop*. Podobné nastavení snímačů bude provedeno u ovládání osvětlení. Krátký stisk slouží ke klasickému spínání svítidel a dlouhým stiskem se realizuje stmívání.

#### 6.4.2 Nastavení řízení žaluzií

Jak pracovat s řídicím žaluziovým modulem bylo vysvětleno již dříve. Samotné kanály ovládacího akčního členu lze opět nastavovat individuálně podle polohy na fasádě a také podle možných stínících objektů. Řízení žaluzií bude také propojeno pomocí logických funkcí se snímačem přítomnosti a intenzity osvětlení. Vytvořený algoritmus může žaluzie ovládat různým způsobem, proto je nutné všechny možnosti řádně konzultovat s investorem, aby výsledné řízení vyhovovalo jeho požadavkům.

Před budovou se vyskytuje stromovitý porost, který ovšem brání průniku přímým slunečním paprskům pouze do oken v prvním patře. Tento nedostatek se odstraní rozdělením oken do skupin podle obrázku, kde skupina 1 a 5 bude ovlivněna stínícími objekty. U skupiny 3 stínění nebude uvažováno, skupina bude řízena odděleně, protože okna mají jiné rozměry a nejedná se o učebny. Skupiny 2, 4 a 6 budou řízeny stejnými řídicími povely bez vlivu na zastínění. Další ovládané skupiny oken 7 a 8 nejsou na obrázku zobrazeny. Nacházejí se na levém boku budovy a budou ovládané samostatně bez vlivu na zastínění. Ovládání žaluzií na oknech v zadní části budovy nebude uvažováno, jelikož se v těchto místech přímé sluneční paprsky za celý den vůbec neobjeví.



Obr. č. 31: Rozdělení oken do skupin

## 6.5 Projektová dokumentace

Základem každého zdárně dokončeného a plně funkčního projektu je kvalitně zpracovaná projektová dokumentace. Pro účely této práce budou uvedeny pouze některé součásti celkové dokumentace. Jedná se o výše uvedený návrh projektu i s popisem použitých přístrojů, dále odhad nákladů a také výkresy instalace uvedené v příloze.

Výkresy instalace se skládají z výkresů elektrorozvodů v budově a z výkresů rozvaděčů. Elektrorozvody byly navrženy pro každé patro budovy a byly nakresleny do původních stavebních plánů v programu AutoCAD 2006. Jelikož se jedná o starší plány kreslené ještě ručně, jejich kvalita po importování do uvedeného programu není optimální, ale pro zobrazení poloh přístrojů a elektrorozvodů je dostačující. Přesná poloha prvků v místnostech by byla předmětem jednání s investorem ještě před zahájením stavby. Původní elektroinstalace ve výkresech není uvažována, protože její dokumentace se při stavbě budovy vůbec neprováděla. Případné změny a uvažované zachování stávajících rozvodů by se musely řešit individuálně.

Stávající hlavní rozvaděč RH se nachází za vchodem do budovy. Odtud budou nataženy příklady do nových rozvaděčů umístěných na chodbách každého podlaží R0, R1, R2. V rozvaděči R2 budou umístěny prvky pro třetí nadzemní podlaží. V těchto rozvaděčích budou umístěny nové prvky KNX i s příslušenstvím, které jsou potřebné k provedení uvažovaného projektu. Umístění jednotlivých přístrojů a jejich zapojení v rozvaděčích je kompletně zpracováno a uvedeno v příloze.

## 6.6 Odhad počáteční investice

Celkem je plánováno ovládat 95 topných těles, 51 světelných okruhů a žaluzie na 41 oknech rozdělených na 13 okruhů. Podle uvedených údajů je nutné určit celkový počet akčních členů. Na jeden kanál akčního členu nemusí být nutně připojen pouze jeden ovládaný přístroj, vždy totiž záleží na jmenovitém zatížení jednoho výstupního kanálu. Tyto potřebné údaje jsou pro každý přístroj uvedeny v jeho technickém manuálu.

Například na jeden kanál akčního členu pro topení VAA/S lze napojit dvě uvažované ovládací hlavice TSA/K. Na jeden kanál uvažovaného ovládacího prvku pro osvětlení je možné připojit pro spínané výstupy zátěž maximálně 2300 W a pro řídicí výstupy 100mA. Jmenovitý proud žaluziového akčního členu na výstupu je max. 6 A.

Podle uvedených údajů a dalších požadavků elektroinstalace byly stanoveny potřebné počty přístrojů a následně vypočteny náklady na jejich pořízení. Veškeré ceny KNX přístrojů jsou převzaty z oficiálního internetového obchodu.

Všechny použité přístroje jsou uvedeny v tabulce č. 9. Mimo přístrojů uvedených v této kapitole jsou zde pochopitelně zařazeny i ostatní potřebné prvky KNX instalace jako napájecí zdroj, komunikační rozhraní a další. Pozice všech zde uvedených elementů instalace jsou zakresleny ve výkresech v příloze.

Přístroje KNX	Označení	Počet	Cena v Kč
<b>Prvky pouze pro vytápění</b>			
Termoelektrická ovládací hlavice	TSA/K 230.1	95	95 x 700
Akční člen pohonů hlavíc ventilů, 12nás.	VAA/S 12.230.2.1	3	3 x 8800
Akční člen pohonů hlavíc ventilů, 6nás.	VAA/S 6.230.2.1	3	3 x 5200
Snímač teploty s regulátorem	6124/01 Solo®	14	14 x 3700
<b>Prvky pouze pro osvětlení</b>			
Akční člen spínací a stmívací, 8nás.	SD/S 8.16.1	5	5 x 12700
Akční člen spínací a stmívací, 4nás.	SD/S 4.16.1	1	7200
Akční člen spínací, 8nás.	SA/S 8.10.2.1	1	7600
Akční člen spínací, 2nás.	SA/S 2.10.2.1	2	2 x 4200
Snímač přítomnosti	6131/20	14	14 x 2700
<b>Prvky pro osvětlení a vytápění</b>			
Snímač přítomnosti a intenzity osvětlení	6131/21 Premium	21	21 x 3500
Snímač teploty s ovládacím prvkem	6128/01 Solo®	14	14 x 4400
Ovládací prvek 4-/8násobný	6127/02	14	14 x 2200
Sběrníková spojka	6120/12-101	42	42 x 1700
<b>Prvky pro ovládání žaluzií</b>			
Žaluziový řídicí modul	JSB/S 1.1	1	12000
Snímač povětrnostních údajů	WES/A 2.1	1	6500
Povětrnostní stanice	WZ/S 1.1	1	15000
Žaluziový akční člen, 8nás.	JRA/S 8.230.1.1	2	2 x 8400
<b>Společné prvky</b>			
Napájecí zdroj	SV/S 30.320.1.1	3	3 x 4800
Aplikační logický modul	ABL/S 2.1	1	10700
Aplikační časový modul	ABZ/S 2.1	1	7500
Liniová spojka	LK/S 4.2	2	2 x 7000
USB rozhraní	USB/S 1.1	1	4500
<b>Ostatní</b>			
Sběrníkový kabel	Y(St)Y 2x2x0,8	500 m	3500
Adaptér k ovládací hlavici	VA/Z	95	95 x 25
Krabice instalační pro snímač 6131/2x	6131/29	35	35 x 200
Rámeček pro 6128/01	1721-8xx Solo®	14	14 x 100
Dvojrámeček pro 6124/01 a 6127/02	1722-8xx Solo®	14	14 x 150
<b>Celkem za přístroje</b>			<b>640 000 Kč</b>
<b>Vytvoření programu a oživení</b>	~15% z ceny aktivních prvků		95 000 Kč
<b>Celkem KNX</b>			<b>735 000 Kč</b>

Ostatní příslušenství a montáž	Označení nebo popis	Cena v Kč
Silové kabely	CYKY-J 3x1,5; CYKY-O 2x1,5; atd.	40000
Rozvaděče a komponenty	rozvaděče, svorky, kabely, atd.	10000
Jistící prvky	B6, B10, OFI-40/4/03	8000
Ostatní materiál	montážní krabice, sádra, atd.	7000
Náklady na práci	montáž, zapojení kabelů, atd.	~250000
Další náklady	podle skutečnosti	~50000
<b>Celkem</b>		<b>365 000 Kč</b>

<b>Kompletní součet nákladů</b>	<b>735 000 + 365 000 =</b>	<b><u>1100 000 Kč</u></b>
---------------------------------	----------------------------	---------------------------

Tabulka č. 9: Odhad nákladů

## 6.7 Úspory energie modelového projektu

Výpočet úspor bude proveden podle výrobcem uváděného postupu a deklarovaných údajů uvedených v tabulce č. 8. Výsledná hodnota úspor energie byla stanovena jako maximálně možná. Zároveň byly použity všechny dostupné možnosti inteligentní instalace v uvažovaném objektu, doporučované postupy a veškeré dostupné údaje týkající se popisované problematiky. Jak již bylo zmíněno v předešlých odstavcích, na hodnotu úspor energie má vliv několik faktorů, které je třeba vždy před realizací projektu zvážit. Z tohoto důvodu se může reálná hodnota úspor energie částečně odlišovat od té teoreticky stanovené.

### 6.7.1 Odhad ročních nákladů

Měsíc	VYTÁPĚNÍ (GJ)	OSVĚTLENÍ (GJ)
Leden	159,5	14,0
Únor	128,6	10,4
Březen	98,1	9,6
Duben	46,0	7,6
Květen	11,5	6,4
Červen	3,0	5,8
Červenec	0,0	6,0
Srpen	0,0	6,4
Září	13,2	7,7
Říjen	59,2	9,5
Listopad	112,2	11,0
Prosinec	144,0	13,8
<b>CELKEM</b>	<b>775,4 GJ</b>	<b>108,3 GJ</b>
	<b>215,4 MWh</b>	<b>30,1 MWh</b>

Tabulka č. 10: Roční potřeba energie

Pro výpočet návratnosti investice je nutné z dostupných údajů určit odhad spojený s náklady na vytápění a osvětlení ve sledované budově. Údaje o spotřebě energie za vytápění a osvětlení budou převzaty z energetického štítku budovy z roku 2014. Měsíční hodnoty spotřebované energie jsou uvedeny v následující tabulce a jejich součet bude dále použit jako průměrná hodnota pro následující roky.

V technické zprávě pro vytápění uvažovaného objektu z roku 2014 se uvádí, že se používá zemní plyn s výhřevností 34,5 MJ/m<sup>3</sup>. Cena plynu se uvádí většinou v Kč/m<sup>3</sup>, proto se spotřeba 775,4 GJ převede na objem 22500 m<sup>3</sup> plynu za rok.

Stanovení přesné ceny plynu nebo elektřiny není jednoduché, protože se skládá z paušální ceny a z ceny za spotřebu, která se mění s celkovou spotřebou. Pro výpočet úspor se používá pouze cena za spotřebu a paušální poplatek se neuvažuje. Jelikož ceny energií se mění podle regionu i podle odběratele, pro výpočet návratnosti investice se použijí průměrné aktuální ceny energií převzaté z internetových stránek www.cenyenergie.cz. Aktuální údaje ke dni 3. 4. 2015 jsou uvedeny následující tabulce. Následně jsou vypočteny potencionální roční úspory zaokrouhlené na tisíce.

Potencionální roční úspory byly stanoveny jako součet všech použitých možností z tabulky č. 8. V modelovém projektu byly použity všechny uvedené možnosti s výjimkou řízení klimatizace. Úspory uvažované při ovládní osvětlení a využití automatického řízení žaluzií budou reálně možné až při použití stmívatelných svítidel a vhodně zvolených a namontovaných žaluzií s možností elektrického ovládní.

	Odhadovaná spotřeba	Cena za jednotku	Náklady za rok	Potencionální roční úspory	Naspořená částka za rok
<b>Vytápění</b>	22500 m <sup>3</sup> /rok	15,28 Kč/m <sup>3</sup>	344 000 Kč	16 %	55 000 Kč
<b>Osvětlení</b>	30 100 kWh	4,75 Kč/kWh	143 000 Kč	45 %	64 000 Kč
<b>Celkem je možné uspořit částku 119 000 Kč</b>					

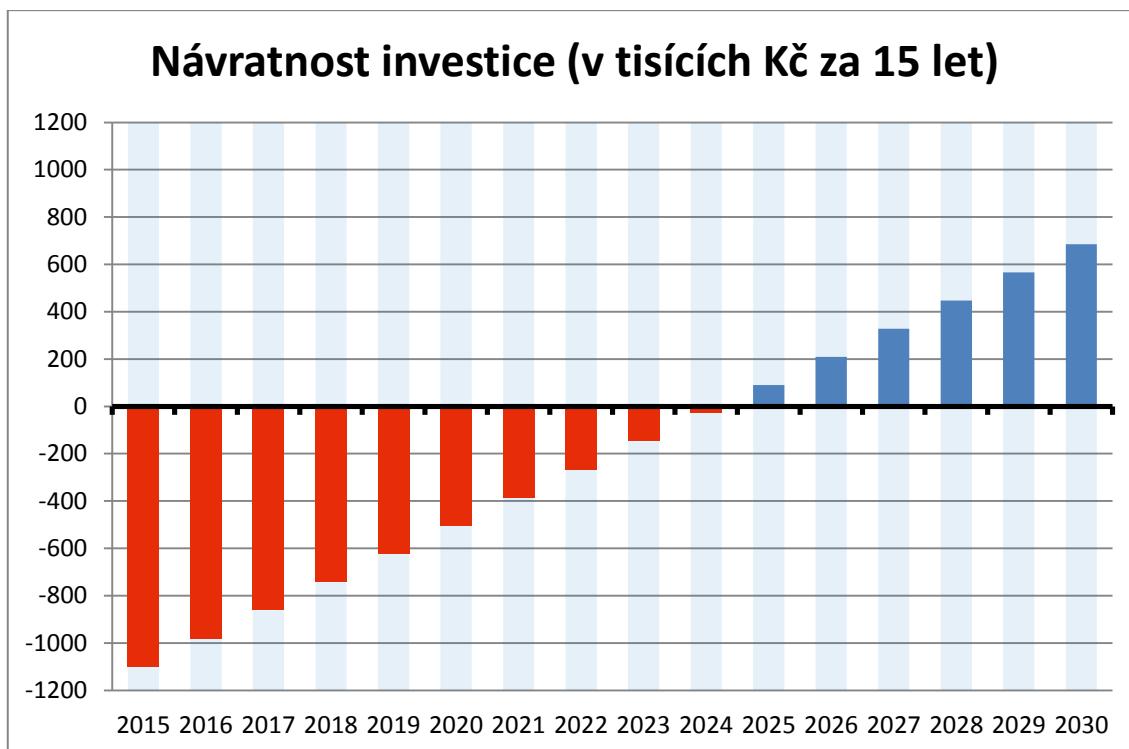
**Tabulka č. 11: Výpočet potencionálních úspor**

Zavedením automatického řízení vytápění a osvětlení pomocí elektroinstalace KNX je možné teoreticky dosáhnout úspor až 119 tisíc Kč ročně. Tato částka odpovídá pro názornost asi 7800 m<sup>3</sup> zemního plynu nebo 25 MWh elektrické energie.

### 6.7.2 Návratnost investice

Návratnost potenciálních úspor je znázorněna na sloupcovém grafu č. 1, ve kterém se jako první objevuje počáteční investice a každý rok se k ní připočítávají dosažené úspory. Základní náklady na vytápění nebo osvětlení jsou pochopitelně každý rok různé. Výsledné úspory jsou ovšem počítány procentuálně, a proto jsou zde náklady pro jednoduchost uvažovány jako průměrné neboli konstantní pro každý rok. Takto zhotovený graf charakterizuje plynulé zhodnocení počáteční investice. Kalkulace s úsporami je zde uvedena pro následujících 15 let a bude zhodnocena v závěru práce.





Graf č. 1: Návratnost investice

## Závěr

Hlavním cílem této práce bylo poukázat na výhody investování do inteligentní instalace KNX za podmínek vhodného řešení projektu a správného využití přístrojů. Investice do inteligentní instalace je mnohonásobně vyšší než při použití instalace klasické. Je to způsobeno především náročnějším projektováním a cenou použitých přístrojů. Naproti tomu široká škála technických možností a různých řídicích aplikací systému KNX výrazně zvýší efektivnost elektroinstalace a předčí instalaci klasickou. V modelovém projektu byly použity pouze přístroje ABB, lze ovšem předpokládat, že při použití přístrojů jiných výrobců by bylo dosaženo podobných výsledků.

Princip využití inteligentní instalace v reálných aplikacích by byl nejlépe názorný na moderní budově kancelářských prostor dnešního typu, tedy stručně řečeno obrovské prosklené budovy s kanceláři. V této práci byl však zvolen zcela odlišný způsob využití chytré elektroinstalace. Jedná se o začlenění technologie KNX do stávající instalace v budově postavené v polovině šedesátých let (Obr. č. 31). Zanedlouho se v objektu plánuje kompletní rekonstrukce stávajících elektrorozvodů ve stylu klasické instalace. Uvedený modelový projekt slouží jako doplnění této rekonstrukce a její pozvednutí na nejvyšší možnou úroveň řízení osvětlení a vytápění.

Investice do modelového projektu byla odhadnuta na částku 1,1 milionu Kč. Taková vysoká suma by jistě odradila mnoho investorů, kteří by hledali jiné řešení. Z výsledného grafu je ovšem patrné, že původní vysoká investice se již po devíti letech navrácí v podobě úspor a poté se dále zhodnocuje. Výsledek uvedeného modelového projektu se tedy jeví velice pozitivně, jelikož k návratnosti celkové investice dochází již po několika letech provozu.

Výsledný graf je ovšem nutno brát jen jako orientační, protože se jedná spíše o teoretický odhad. Ve skutečnosti by bylo nutné postupovat při návrhu a kalkulaci nákladů podrobněji než v uvedeném projektu a započítat do nákladů všechny montážní práce spojené s rekonstrukcí budovy. Graf byl navíc vytvořen za zjednodušujících podmínek, kdy se roční spotřeba energie stanovila jako konstantní. Spotřebovaná elektrická energie i energie použitá k vytápění se pochopitelně každým rokem mění. Tím by se měnila také hodnota úspor energie, která by ve skutečnosti nebyla konstantní, ale pohybovala by se okolo výsledné hodnoty 119 tisíc Kč ročně. Záleží vždy na několika okolnostech, jako jsou klimatické podmínky v průběhu roku, délka topné sezony, množství oblačnosti v letních měsících a podobně. Nicméně i přes tyto nedostatky lze předpokládat, že by se návratnost investice v reálném projektu projevovala podobně, jako je tomu na výsledném grafu. Tím je potvrzen původní předpoklad, že montáž KNX instalace se v určitém časovém odstupu jeví jako velice výhodná. Jak již bylo několikrát řečeno, existuje mnoho faktorů, které mohou ovlivnit velikosti úspor energie. Z tohoto důvodu je nutné ke každému zpracovávanému projektu přistupovat individuálně, zvážit všechny možnosti použití inteligentní elektroinstalace a důkladně provést její realizaci.

Další nepochybnou výhodou technologie KNX je možnost dodatečného rozšíření instalace bez větších zásahů do již použitých rozvodů. Stačí připojit nové přístroje ke sběrnici, nahrát do systému upravený program a instalace může pracovat dále s ještě efektivnějším účinkem. S ohledem na zpracovaný modelový projekt může být příkladem této myšlenky budoucí začlenění řízení klimatizace do celkového řízení budovy. Nejvýraznějších úspor lze například dosáhnout při použití řízení žaluzií v kombinaci s technologií chlazení. Tato technika nemohla být v modelovém projektu uvažována, protože budova není vybavena chladicím systémem, který je součástí spíše novějších budov. Pomocí uvedeného řízení je možné především v letních měsících dosáhnout úspor energie mezi 20-30 % metodou odklánění slunečních paprsků vnikajících oknem do místnosti. Použitím řízení klimatizace, vytápění i osvětlení by se dosáhlo návratnosti investice za mnohem kratší čas než v uvedeném příkladě. Tuto metodu řízení je proto vhodné realizovat především v nových komerčních a administrativních budovách.

Jako praktickou radu lze uvést, že velmi častou chybou při návrhu instalace KNX je nedostatečná představivost při umísťování rozvaděče. Rozvaděč, který by při použití běžně instalace nezabral ani jeden čtverečný metr na stěně, může při použití mnoha funkcí aplikace KNX obsadit celou stěnu jedné místnosti. Na tuto skutečnost je třeba pamatovat a vyvarovat se případným komplikacím.

Závěrem lze říci, že použitím inteligentní instalace KNX lze dosáhnout celosvětově požadované optimalizace energetické účinnosti především v rozsáhlých komerčních nebo administrativních budovách, ale také v objektech škol, hotelů a podobně. Technologie KNX umožňuje dodržovat tři základní zásady pro správné řízení budov z hlediska úspor energie. První zásadou je podmínka, aby byla energie spotřebována jen v okamžiku, kdy je to skutečně potřeba. Druhá zásada je podobná a zaměřuje se na to, aby bylo vždy spotřebováno pouze nutné množství energie. Poslední zásada poukazuje na spotřebu energie s nejvyšší možnou účinností. Dodržením uvedených zásad se dosáhne celosvětového trendu, jelikož na řízení budov jsou kladeny stále větší nároky zejména z hlediska úspor energie.

Z těchto důvodů by bylo vhodné moderní inteligentní instalaci KNX v určitých aplikacích a projektech více využívat, jako je tomu jinde ve světě. Investice do systému KNX obohacuje samotnou elektroinstalaci a poskytuje projektovanému objektu úplně jiný rozměr.

## Seznam použité literatury a pramenů

- [1] PECH, Jindřich. 2013. *Využití inteligentní aplikace KNX při elektroinstalaci*. Jihlava. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [2] ABB, *Školící dokumentace systému KNX*, Jablonec nad Nisou, 2014
- [3] ABB, *Domovní elektroinstalační materiál 2014*, Jablonec nad Nisou, 2014
- [4] ABB, *Domovní elektroinstalační materiál 2015*, Jablonec nad Nisou, 2015
- [5] Materiály výrobců. *ABB i-bus KNX* [online]. 2015 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: [http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto\\_g/English/HTML/start.htm](http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/HTML/start.htm)
- [6] ČSN 33 2130 ed. 2. *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. TNK 22 Elektrotechnické předpisy, 1. 9. 2009.
- [7] ČSN 73 0580-3. *Denní osvětlení budov: Denní osvětlení škol*. 1994. TNK 76 Osvětlení.
- [8] Fořt, P., Kletečka, J., *Učebnice AutoCAD 2006*, Computer Press, Brno, 2007
- [9] TOMAN, Karel a Josef KUNC. 1998. *Systémová technika budov: elektroinstalace podle standardu EIB*. Praha: FCC PUBLIC, 87 s. ISBN 80-901-9854-6.

## Seznam obrázků, tabulek a příloh

### Obrázky

- Obrázek č. 1: Asociace KNX (logo)
- Obrázek č. 2: Topologie
- Obrázek č. 3: Individuální adresa
- Obrázek č. 4: Skupinová adresa
- Obrázek č. 5: Optimalizované řízení osvětlení pro celou místnost
- Obrázek č. 6: Řízení s uzavřenou smyčkou pro stálou osvětlenost
- Obrázek č. 7: Snímač s integrovaným kontrolérem a jeho datové objekty
- Obrázek č. 8: Funkční blok stmívání
- Obrázek č. 9: Nesprávné nastavení systému řízení a jeho vhodná úprava
- Obrázek č. 10: Regulační křivka pro plynulou regulaci
- Obrázek č. 11: Datový bod DPT 9.004
- Obrázek č. 12: Přenos měřené hodnoty snímače osvětlení
- Obrázek č. 13: Příklad použití funkce Master/Slave s manuálním přepínáním
- Obrázek č. 14: Optimální situace pro řízení pomocí funkce Master/Slave
- Obrázek č. 15: Neoptimální situace pro řízení pomocí funkce Master/Slave
- Obrázek č. 16: Kontrolér osvětlení s dynamickou odchylkou
- Obrázek č. 17: Příklad systému vytápění.
- Obrázek č. 18: Princip individuálního řízení místnosti
- Obrázek č. 19: Standardní prostorový termostat
- Obrázek č. 20: Zobrazení zjednodušeného nastavení topení a chlazení
- Obrázek č. 21: Technické řešení klimatizace
- Obrázek č. 22: Příklad integrace topení a chlazení do systému KNX
- Obrázek č. 23: Využití denního světla pomocí přístroje JSB/S 1.1
- Obrázek č. 24: Nastavení systému řízení žaluzií pomocí sledování polohy Slunce
- Obrázek č. 25: Proporce budovy
- Obrázek č. 26: Síť oken
- Obrázek č. 26: Vliv stínícího objektu a rozdělení oken do skupin
- Obrázek č. 27: Geometrie žaluzií
- Obrázek č. 28: Návrh řízení vytápění v projektu
- Obrázek č. 29: Zjednodušený plán systému řízení žaluzií
- Obrázek č. 30: Akční člen spínací/stmívací SD/S 8.16.1
- Obrázek č. 31: Rozdělení oken do skupin

## **Tabulky**

Tabulka č. 1: Přenosová média.

Tabulka č. 2: Kódování individuální adresy

Tabulka č. 3: Kontrolér s uzavřenou smyčkou

Tabulka č. 4: Možnosti regulace vytápění.

Tabulka č. 5: Aplikace řídicích systémů vytápění.

Tabulka č. 6: Pracovní režimy KNX.

Tabulka č. 7: Datové body určené pro HVAC.

Tabulka č. 8: Potenciální úspory energie za jeden rok

Tabulka č. 9: Odhad nákladů

Tabulka č. 10: Roční potřeba energie

Tabulka č. 11: Výpočet potencionálních úspor

## **Graf**

Graf č. 1: Návratnost investice

## **Přílohy**

Příloha č. 1: Výkresy elektrických rozvodů

Příloha č. 2: Výkresy rozvaděčů