



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra měření**

Návrh a realizace řízení uzavřeného systému s použitím KNX
Design and Realization of Control of the Closed System Using KNX

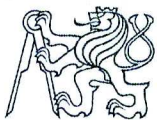
Diplomová práce

Studijní program: (MP5) Inteligentní budovy
Studijní obor: Inteligentní budovy

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Pitelka

Bc. Jan Šváb

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Jan Šváb**

Studijní program: **Inteligentní budovy**

Název tématu česky: **Návrh a realizace řízení uzavřeného systému s použitím KNX**

Název tématu anglicky: **Design and Realization of Control of the Closed System Using KNX**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a realizujte řízení pro uzavřený systém. Použijte systém KNX. Navrhněte základní komponenty řídicího systému. Zpracujte výrobní dokumentaci rozvaděče. Proveďte a popište parametrizaci KNX přístrojů. V programovacím prostředí logického kontroléru SpaceLynk vytvořte vizualizaci systému řízení. Realizujte online videopřenos čelního pohledu na řízený model. Proveďte porovnání systému řízení modelu a systému řízení reálného apartmánu. Vyhodnoťte možnosti vhodného zabezpečení. Navrhněte a aplikujte optimální princip řízení teploty.

Seznam odborné literatury:

- [1] MERZ, H., HANSEMANN, T., HÜBNER, Ch.: Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [2] ANTONINI, A., MAGGI, F., ZANERO, S.: A Practical Attack Against a KNX-based Building Automation System. 2nd International Symposium for ICS & SCADA Cyber Security Research 2014 (ICS-CSR 2014) [online]. 2014, 53-60 [cit. 2017-02-01]. ISSN 978-1-78017-286-6.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vojtěch Pitelka (BACS s.r.o.)

Datum zadání diplomové práce: 31. ledna 2017

Platnost zadání do¹: 30. září 2018

Prof. Ing. Jan Holub, Ph.D.
vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 31. 1. 2017

¹ Platnost zadání je omezena na dobu tří následujících semestrů.



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 22. 5. 2017

Bc. Jan Šváb



Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucímu práce panu Ing. Vojtěchu Pitelkovi, který mi v průběhu práce poskytoval cenné rady, připomínky a celkově usměrňoval mou činnost při vytváření této diplomové práce. Zároveň zajišťoval finanční stránku projektu, bez níž by nebylo možné dosáhnout zde prezentovaného cíle.

Mé poděkování patří také společnosti Schneider Electric s.r.o., konkrétně panu Petru Uchytlovi, který zprostředkoval spolupráci při získávání zařízení KNX.



Obsah

OBSAH.....	5
ANOTACE.....	7
KLÍČOVÁ SLOVA.....	7
ANNOTATION	8
KEY WORDS	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	9
ÚVOD	11
1 INTELIGENTNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY BUDOV	13
1.1 ZÁKLADNÍ DEFINICE.....	13
1.2 PRVKY INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ.....	14
1.3 HISTORICKÝ VÝVOJ INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ	15
1.4 SOUČASNÝ STAV	16
1.5 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ	17
2 DĚLENÍ INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ	19
2.1 USPOŘÁDÁNÍ ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ.....	19
2.2 TOPOLOGIE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	21
2.3 INTEROPERABILITA ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	23
3 ZÁSTUPCI INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ	26
3.2 KNX.....	28
4 NÁVRH A REALIZACE MODELU	34
4.1 POPIS MODELU	34
4.2 SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	35
4.3 PŘÍSTROJE PRO ŘÍZENÍ SYSTÉMU	36
4.4 FUNKCE MODELU.....	40
5 KNX PŘÍSTROJE	49
5.1 ETS.....	50
5.2 POSTUP PROGRAMOVÁNÍ.....	52
5.3 PARAMETRIZACE KNX PŘÍSTROJŮ	55
6 VIZUALIZACE ŘÍZENÍ.....	58
6.1 SPACELYNK.....	58
6.2 VIZUALIZACE PC A TABLET.....	60



6.3	VIZUALIZACE PRO MOBILNÍ TELEFON	71
6.4	VIZUALIZACE APARTMÁNU.....	72
6.5	POROVNÁNÍ OBOU VIZUALIZACÍ	87
7	ZABEZPEČENÍ.....	89
7.1	MOŽNÁ OHROŽENÍ SPOLU S PŘÍKLADY	89
7.2	OCHRANA PROTI NAPADENÍ	90
7.3	PRAKTICKÁ UKÁZKA	94
7.4	KONKRÉTNÍ NAVRŽENÍ ZABEZPEČENÍ PRO AKVÁRIUM.....	98
	ZÁVĚR	101
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	103
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	108
	PŘÍLOHY.....	110



Anotace

Diplomová práce je zaměřena na vytvoření komplexního přehledu o problematice inteligentních systémů budov a praktické aplikaci systému KNX pro řízení demonstračního modelu. V textu jsou uvedeni někteří ze zástupců systémů pro domovní automatizaci, jejich základní dělaní a podrobnější popis. Praktická část je zaměřena na tvorbu samotného modelu, popis parametrizačního prostředí ETS5 i konfigurace vizualizace pro ovládání akvária. Závěr této části je věnován zabezpečení sběrníkové instalace i přenosu dat, jenž je pro řídicí systémy budov kritickým.

Klíčová slova

Řídicí systémy budov, KNX, ETS5, demonstrační model, akvárium, SpaceLYnk, vizualizace, KNX IP Secure, KNX Data Secure, šifrování



Annotation

The diploma thesis is focused on creating a comprehensive overview of intelligent building systems and practical application of the KNX system for the management of the demonstration model. There are shown some representatives of systems for home automation, their basic classification and more detailed description. The practical part is focused on modeling of the model itself, the description of the ETS5 parametrization environment as well as the configuration of the visualization for controlling the aquarium. The conclusion of this section is dedicated to the fieldbus and data transmission security as they are critical to building automation systems.

Key Words

Building automation systems, KNX, ETS5, demonstration model, aquarium, SpaceLYnk, visualization, KNX IP Secure, KNX Data Secure, encrypting



Seznam symbolů a zkratek

IoT	.....	Internet věcí (Internet of Things)
EPA	.....	Agentura pro ochranu životního prostředí
EN	.....	Evropská norma
ČSN	.....	Česká technická norma
ISO	.....	Mezinárodní organizace pro normalizaci
LON	.....	Lokální operační síť
LAN	.....	Lokální síť
WiFi	.....	Komunikační standard pro bezdrátový přenos
GSM	.....	Globální systém pro mobilní komunikaci
EIB	.....	Standard datové sběrnice systémů
EHS	.....	Evropský protokol systémů budov
EIBA	.....	Asociace EIB
TZB	.....	Technické zařízení budov
RF	.....	Rádiová frekvence
TP	.....	Kroucený pár
IP	.....	Internetový protokol
RGB	.....	Red, Green, Blue (červená, zelená, modrá barva)
LED	.....	Světlo emitující dioda
DC	.....	Stejnoseměrný proud/napětí
AC	.....	Střídavý proud/napětí
T _P	.....	Požadovaná teplota vody [°C]
T _{AV}	.....	Aktuální teplota vody [°C]
T _{AM}	.....	Aktuální teplota v místnosti [°C]
pH	.....	Potenciál vodíku



DIN	Nosná lišta
CO2	Oxid uhličitý
PC	Osobní počítač
CMOS	Doplňující se kov-oxid polovodič
MJPEG	Formát videa (Motion JPEG)
IR	Infrared (Infračervené spektrum)
3G	3. Generace mobilních telekomunikačních technologií
SMS	Služba krátkých textových zpráv
UTP	Nestíněná kroucená dvoulinka
RS232	Sériová linka standardu 232
RS485	Sériová linka standardu 485
USB	Univerzální sériová sběrnice
URL	Jednotná adresa zdroje
3D	Trojrozměrný
TUV	Teplá užitková voda
HVAC	Vytápění, ventilace, klimatizace
PIN	Osobní identifikační číslo
HMI	Operátorské panely
TCP	Protokol transportní vrstvy
XML	Rozšířitelný značkovací jazyk
BAS	Řídící systémy budov
AES	Standard pokročilého šifrování
APDU	Aplikační protokol datové jednotky



Úvod

Diplomová práce je zaměřena na inteligentní systémy budov, konkrétně KNX a jeho využití pro řízení systému. Práce v rámci teoretické části obsahuje popis vývoje automatizace a řízení v oblasti budov, přičemž je zde uveden také pohled na budoucí vývoj. Pro získání základních znalostí k využití v praktické části jsou představeny klasické způsoby dělení systému s několika tradičními zástupci. Pro vytvoření představy o možnostech využití inteligentního systému jsou v této části uvedeny také ukázky realizovaných budov a objektů. Jednotlivé příklady jsou vybrány tak, aby byla patrná komplexnost a diverzita možných instalací.

Hlavním cílem práce je vytvořit uzavřený systém s řízením pomocí KNX, který představuje demonstrační model pro činnost firmy BACS s.r.o. zabývající se inteligentními elektroinstalacemi. Požadavkem pro výběr a návrh je vytvoření takového modelu, jenž se bude lišit od běžně využívaných prezentačních kufrů s omezeným počtem funkčních prvků, umožní ovládání technologií vyskytujících se v běžných rodinných domech a zároveň dokáže zaujmout uživatele. Za tímto účelem je vybráno akvárium, jež splňuje výše uvedené požadavky. Při vytváření modelu, parametrizaci jednotlivých zařízení i vytváření ovládacího prostředí je kladen důraz zejména na bezchybnou funkčnost a podobnost s řízením reálných objektů. S využitím volně přístupné vizualizaci má kdokoliv možnost vyzkoušet si ovládání modelu.

Práce je vytvořena formou i s totožným přístupem, jenž je využíván při reálné projekci domovní inteligentní elektroinstalace. V praktické části jsou tak mimo popisu prostředí parametrizace zařízení a vytváření vizualizace uvedeny také prvky technické dokumentace. Výše zmíněná vizualizace je pro úplnost porovnána s již funkčním a využívaným řídicím prostředím horského apartmánu.

V oblasti řízení akvária jsou hlavními požadavky jednoduchost ovládání, optimalizace řízení teploty a také přenos záběru čelní strany akvária pomocí IP kamery, díky níž je možné sledovat provedené změny v reálném čase. Jelikož se jedná o nepřenosný model, je tato funkce jednou z nejdůležitějších.

V rámci diplomové práce je také řešena problematika zabezpečení řídicích systémů inteligentních budov. Je přítomen popis snadno napadnutelných míst, jejich případná ochrana a zabezpečení i příklad pokusu provedení útoku. Zároveň je v závěru této práce uveden návrh konkrétního způsobu ochrany demonstračního modelu.



1 Inteligentní a řídicí systémy budov

Termín inteligentní budova je v Americe používán od 80. let 20. století a tak by se dalo říci, že již bude existovat pro tento pojem ustálená definice. Přestože se snažilo několik organizací ustanovit univerzální popis, stále existuje spousta možností jak určit toto označení. Jednotlivé způsoby se liší především v detailnějším popisu a stupních důležitosti jednotlivých aspektů. [1]

1.1 Základní definice

První definice, jež byla vytvořena Intelligent Building Institute, popisuje inteligentní budovu jako tu, která poskytuje produktivní a ekonomicky efektivní prostředí skrz optimalizaci čtyř základních elementů: struktury, systému, servisu a managementu a komunikaci mezi jednotlivými odvětvími. [1]

V Evropě se na začátku 90. let s přispěním sdružení European Intelligent Buildings Group začala používat definice popisující inteligentní budovu jako objekt vytvářející prostředí maximalizující efektivitu obyvatel, přičemž současně umožňuje efektivní správu zdrojů s minimální časovou náročností. [1]

V Asii jsou na rozdíl od Evropy definice stanovovány se zaměřením na technologie pro automatizaci a řízení funkcí budovy. [1]

Začátkem 21. století se vývoj tohoto oboru začal ubírat především k energetické efektivitě, čímž došlo ke spojení inteligentních a takzvaných zelených budov. Společně se jim začalo říkat „Bright Green Buildings“¹. V současnosti jsou definice vytvářeny s ohledem na zapracování „Internet of Things“² technologií, jejich aplikacemi a vlivem na inteligentní budovy. [1]

Z mého pohledu je inteligentní budova v dnešní době chápána jako objekt, který dokáže vnímat stav okolního prostředí, jeho vliv na kvalitu života v budově a dokáže zareagovat na nastalé změny tak, aby byly zajištěny konstantní a co nejpříjemnější podmínky pro obyvatele. Z jistého úhlu pohledu se dá říci, že cílem inteligentní budovy je zajistit, aby se chovala jako člověk.

¹ Inteligentní, ekologicky šetrná a ekonomicky soběstačná budova.

² Jedná se o propojení vestavěných zařízení s internetem.



Ať už je definice jakákoliv, všechny budovy tohoto typu jsou řízeny určitým systémem, který zaručuje komunikaci a spolupráci mezi jednotlivými složkami. Právě jim je věnována teoretická část práce, kde je uveden popis vybraných systémů, jejich historie, současný stav i pohled na možný vývoj.

1.2 Prvky inteligentních systémů

Inteligentní budovy disponují integrovaným a kompaktním řídicím systémem (BMS³), příslušným vybavením a přístroji, senzory a detektory zajišťujícími kontrolní proces. Každý z jednotlivých elementů spolupracuje s ostatními a přenáší informaci o svém současném stavu nebo operaci za pomoci příslušných senzorů. Jednotlivé prvky pak reagují na získaná data dle předem naprogramovaného chování. [2]

Taková řešení jsou aplikována již téměř 40 let jak pro soukromé a kancelářské objekty, tak v nových i rekonstruovaných budovách. [2]

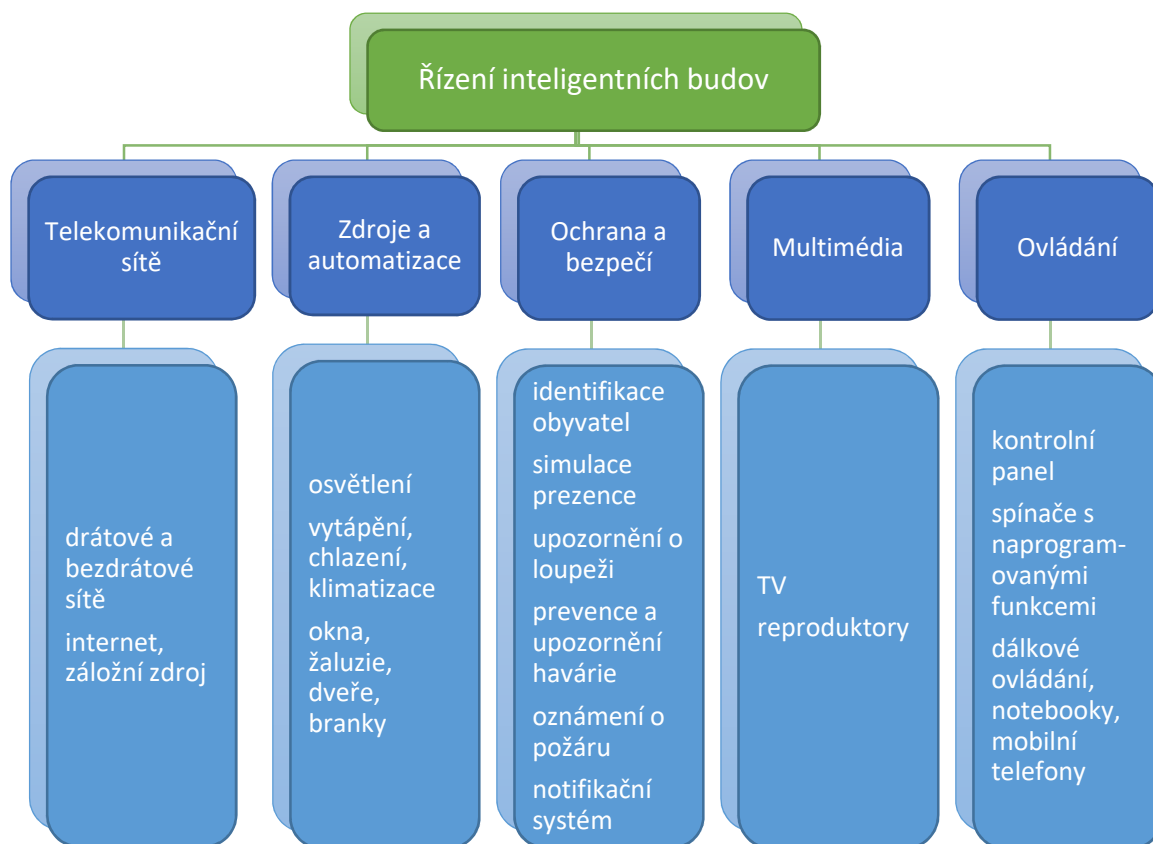
Cíle inteligentních budov jsou:

- Redukce provozních nákladů se speciálním důrazem na úsporu energií
- Zajištění bezpečnosti obyvatel i samotné budovy
- Zlepšení komfortu užívání budovy [2]

Těchto cílů je dosahováno pomocí správného řízení a aplikace nespočtu rozličných senzorů, detektorů, kontrolních a automatizačních elementů, které umožňují a podporují:

- Systémový sběr informací (kontrola, monitorování)
- Vhodnou analýzu operací
- Správné rozhodování [2]

³ Řídicí systém budovy, který ovládá a monitoruje mechanická a elektrická zařízení jako osvětlení, ventilace, požární a bezpečnostní systémy a další.



Obr. 1: Funkce inteligentních systémů

Na obrázku 1 jsou uvedeny základní funkce řídicích systémů. Jejich jednotlivé automatizační vybavení umožňuje optimální ovládání operací napájecích přijímačů s ohledem na předchozí naprogramované instrukce a současné informace spojené s teplotou, osluněním a přítomností obyvatel v objektu. Proto ovládání umožňuje rozumné a ekonomické využití dostupných zdrojů energie a zabezpečení. [2]

1.3 Historický vývoj inteligentních systémů

Chytré budovy začínaly automatizací inteligentního ovládání typických služeb budov, jako jsou procesní a komunikační zařízení. Vzhledem k rapidnímu vývoji elektroniky, počítačových a informačních technologií byly však systémy vyspělejší a míra jejich integrace progresivně stoupala od subsystémů až po kompletní aplikaci v budovách. [3]



Před rokem 1980 fungovala automatizace systémů budov na úrovni individuálních aparatur nebo zařízení. Po tomto roce vstoupily inteligentní systémy do fáze aplikace, kde došlo k velkému zlepšení v míře integrace i technologickém využití. Proměnu systémů lze v tomto období rozdělit do následujících 5 fází. [3]

V letech 1980 až 1985 byly všechny oblasti řízení, jako ovládání bezpečnosti, ventilace, vytápění, osvětlení, datové komunikace atd., integrovány na úrovni jediného či individuálního subsystému. [3]

Následujících 5 let bylo věnováno implementaci bezpečnostní a vstupní kontroly. Zároveň byly sjednoceny sítě pro textovou a datovou, respektive hlasovou a obrazovou komunikaci. V tomto okamžiku bylo dosaženo aplikace systémů ze stejné oblasti či s podobnými funkcemi. [3]

Po roce 1990 se podařilo integrovat jak automatizační, tak i komunikační systémy do budovy na úrovni jejího řídicího systému. V době, kdy byl na trh uveden mobilní telefon, bylo také možné ovládat budovu přes telefonní síť pomocí modemu. [3]

V průběhu implementace počítačů do budov začaly být dostupné rozličné přenosové sítě. Vzhledem k popularitě internetového protokolu síťových technologií a nárůstu síťové kapacity docházelo k jejich progresivnímu využívání. [3]

Po roce 2002 již bylo možné využívat chytré systémy na firemní a městské úrovni. Vývoj inteligentních systémů budov není nikterak uzavřen a je momentálně spojen jak s využitím v dalších budovách, tak i s informačními systémy přes globální internetovou infrastrukturu. [3]

1.4 Současný stav

Jak již bylo zmíněno v úvodní podkapitole *1.1 Základní definice* je v současné době směr inteligentních systémů věnován formě Internetu věcí (IoT). Čím dál více spotřebičů v domácnosti nabývá schopnosti připojení k internetu a nabízí tak možnost ovládání na dálku.

Výzkum společnosti Parks Associates uvádí, že na konci roku 2015 byl v necelých 20 % amerických domácnostech použit alespoň jeden produkt inteligentní budovy, což zahrnuje chytré termostaty, kamery s internetovým přístupem, domovní zvonky s videopřenosem, chytré dveřní zámky a podobně. Důležitým faktem je také skutečnost, že přes 50 %



vlastníků chytrého produktu je utvrzeno v názoru o důležitosti interoperability a propojení dalších technických zařízení budovy. [4]

V současnosti jsou nejvyužívanějšími systémy KNX, který je jediným celosvětovým standardizovaným systémem pro automatizaci budov. V České republice je tento systém využíván v budovách, jako je sportovní hala O₂ Aréna, kde je použito okolo 25 tisíc přístrojů, dále budova České pojišťovny v Praze, palác Flora, nemocnice Na Homolce nebo objekt ministerstva financí. [5] Konkurencí je mu na evropském trhu zejména systém LONWORKS, který byl vyvinut v Americe. Mezi další významné zástupce lze zařadit BACnet, jenž patří stejně jako předchozí systémy do skupiny otevřených systémů, a také Ego-n řadící se naopak k uzavřeným a centralizovaným systémům. Všichni tito zástupci budou v následujících kapitolách podrobněji rozebráni.

1.5 Předpokládaný vývoj

Všechny uvedené predikce samozřejmě nemohou být brány za 100%, jelikož jsou vytvářeny s ohledem na současný stav technologií a lidských potřeb. Z tohoto hlediska se však dá vypočítat jistý možný směr vývoje řídicích systémů a podob inteligentních budov, který poukazuje na již zmíněné IoT.

To je potvrzeno druhou částí uvedeného průzkumu americké společnosti Parks Associates, kde je předpokládaný nárůst využití alespoň jednoho chytrého produktu v běžné americké domácnosti odhadován až na 66 %. [4]

Na trh s inteligentními budovami vstupují také dvě velké společnosti, jejichž přítomnost může znamenat změnu v četnosti využívání systémů zmíněných v předchozí kapitole. Jedná se o americké firmy Apple a Google.

Apple v červnu 2014 představil proprietární software HomeKit, který umožňuje bezpečné ovládání domovních prvků pouze za pomoci mobilního telefonu a připojení k internetu. Nabízí tak možnost nastavení teploty v místnosti, zapnutí nebo vypnutí světel, spuštění přednastavené scény nebo ovládání hlasem i v případě nepřítomnosti v budově pomocí virtuálního asistenta Siri. [6] V současné době je však počet prvků, které podporují tuto možnost, velmi omezen a nabízí tak zákazníkovi pouze strohý výběr. [7] Adaptace systému výrobcí a koncovými uživateli probíhá velmi pomalu, což je často způsobeno desinformací zákazníka hledajícího uplatnění inteligentního systému řízení budovy, ačkoliv je tento systém v mnoha



případech jednodušší na instalaci a parametrizaci než u konkurence. [8] S popularitou značky Apple, počtem výrobků rozšířených mezi lidmi, jejich propojením a jednoduchostí integrace systému lze v nejbližších letech očekávat velmi vysoký nárůst zájmu o právě tento systém.

Společnost Google koupila na začátku roku 2014 firmu Nest za 3,2 miliardy dolarů a rozhodla se tak proniknout na trh inteligentních budov. Po počátečních úspěších, kdy docházelo k velkým inovacím, se však zdá, že společnost nedokáže konkurovat svými výrobky ostatním výrobcům. Podle článku *Google's Nest struggles could set back the IoT movement* [9] je Google, potažmo Nest, velmi dobrý ve vývoji a výrobě chytrých zařízení, což potvrzuje i Agentura pro ochranu životního prostředí EPA, která udělila jako jedinému termostatu v USA ocenění Energy star. Jedná se o potvrzení schopnosti šetřit energií, jež je u programovatelných termostatů těžko prokazatelná. V některých případech jsou totiž natolik složité, že je uživatel není schopen efektivně využívat a nelze jej jakýmkoliv způsobem donutit ke správnému nastavení jejich funkce. I proto se EPA rozhodla v roce 2009 odebrat všem programovatelným termostatům již udělená ocenění a předávat jej pouze v případě, kdy lze dokázat reálné úspory. Google však dokázal vytvořit termostat, který se v průběhu užívání učí a získané informace využívá k efektivnímu řízení spotřeby energie. Nezávislé studie prokázaly, že tento termostat dokáže v průměru ušetřit 10 až 12 % spotřeby energie na vytápění a 15 % při chlazení. V závislosti na typické ceně energií v USA lze vypočítat průměrnou ušetřenou částku mezi 131 a 145 \$ za rok. Návrh produktu je tedy nižší než 2 roky. [10] Tato skutečnost z nich však nedělá poskytovatele chytré domácnosti. Zde se nachází největší problém dosavadního neúspěchu, jelikož inteligentní dům je založen na komunikaci a spolupráci s ostatními prvky v budově. Toto tvrzení potvrdil Google rozvázáním spolupráce se společností Revolv, která se zaměřuje na takzvané huby. Ty jsou potřebné k propojení jednotlivých komponentů a zajišťují jejich provázanost. [9]

Google je však stále velmi silným producentem na trhu a platí u něj téměř to jistě jako u Applu. Jeho oblíbenost mezi uživateli může hrát velkou roli v dalším růstu a bude zajímavé sledovat vývoj obou uvedených společností. V současnosti nabízejí oba výrobci pouze samostatná zařízení bez možnosti vzájemné komunikace, která je však potřebná pro komplexní řízení domácnosti, jež je podmínkou inteligentní budovy. Dokud tedy nevytvoří systém schopný propojit více technologií dohromady, nedá se o nich hovořit jako o konkurentech na trhu inteligentních budov, ačkoliv k němu směřují.



2 Dělení inteligentních systémů

Inteligentní systémy lze rozdělit do několika kategorií dle jednotlivých vlastností. Jedním ze základních rozlišovacích indikátorů je uspořádání řídicích systémů, které může být centralizované, decentralizované či hybridní. Druhou možností je dělení dle topologie systému. Ta může nabývat podoby liniové, stromové nebo hvězdicové. Dalším způsobem rozdělení je dle interoperability systému a protokolů na otevřené a uzavřené. [11]

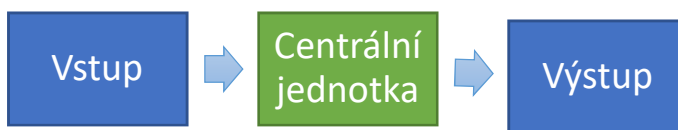
2.1 Uspořádání řídicích systémů

2.1.1 Centralizovaný systém

Jedná se o systém, který ke svému fungování využívá centrální jednotku. Z hlediska principu jde o způsob, kdy vstupní informace vcházejí do centrálního zařízení, např. počítače, kde jsou zpracovány, vyhodnoceny a poslány dále. [12]

Vstupními prvky mohou být jak binární, jako vypínače či pohybová čidla, tak i analogové senzory, mezi které patří nejčastěji snímač teploty. Pod výstupy si lze naopak představit binární akční členy, jako jsou relé a zásuvkové či světlené ovladače. Dále také analogové akční členy, jejichž příkladem může být například stmívač světel. [12]

Nejvhodnějším využitím těchto systémů je u menších rodinných domů či bytů. Instalace je náročná s ohledem na kabeláž, kterou je potřeba zrealizovat pro připojení senzorů a aktorů. Jejich nízká cena však může být výhodou. [12] Obr. 2 představuje schéma daného systému. Ze zástupců tohoto typu systémů lze uvést například iNELS Bus System či Ego-n, jenž je podrobněji popsán v kapitole 3.1.3 *Ego-n*.



Obr. 2: Schéma centralizovaného systému



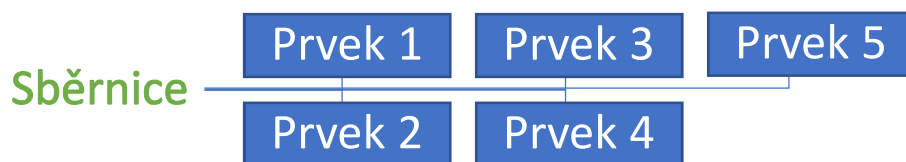
2.1.2 Decentralizovaný systém

Hlavním rozdílem oproti centralizovanému systému je skutečnost, že ke své funkci nepotřebuje centrální řídicí jednotku. Vstupní i výstupní prvky jsou přímo připojeny ke sběrnici, přes kterou spolu mohou komunikovat. Tento proces probíhá tak, že senzor odešle informaci neboli telegram aktoru, jenž provede odpovídající úkon. [12]

Jednotlivé prvky obsahují určitou úroveň inteligence potřebnou ke komunikaci. Každý má svou adresu a schopnost přijímat a vysílat informace. [12]

Jednou z výhod oproti centralizovaným systémům je například možnost připojení více senzorů a akčních členů. Dalším plusem je jednoduchost provedení elektroinstalace a menší množství kabeláže. V neposlední řadě tento systém nabízí velkou variabilitu, jelikož lze při změně činnosti pouze přeprogramovat potřebnou jednotku. Nevýhodou je naopak vyšší cena senzorů a akčních členů. [12] Na obrázku 3 je vidět schéma decentralizovaného systému.

Mezi hlavní zástupce systémů využívajících této topologie patří zejména evropský standard KNX, Lonworks či BACnet. Na českém trhu se také ustálil také řídicí systém Tecomat Foxtrot od společnosti Teco a.s.



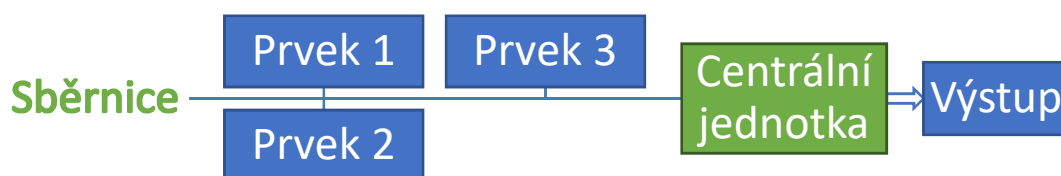
Obr. 3: Schéma decentralizovaného systému

2.1.3 Hybridní systém

Jedná se o spojení funkcí centralizovaného a decentralizovaného systému. Je zde možnost připojit jednotlivé vstupní prvky přímo na centrální jednotku, ale i ke sběrnici, která je připojena k hlavnímu řídicímu zařízení. Tyto jednotky je však nutné brát jako vzdálené pasivní vstupy a výstupy. [12] Obr. 4 představuje schéma hybridního systému.



Spojením obou systémů dochází také ke sdílení jejich výhod a nevýhod. Hybridní způsob řízení disponuje komunikačními schopnostmi centrální jednotky a komunikací po sběrnici. Také je zde oproti centralizovanému systému určitá míra úspory v použitém množství kabeláže. Zástupcem těchto systémů je například Nikobus. [12]



Obr. 4: Schéma hybridního systému

2.2 Topologie řídicích systémů

Dělení systémů podle jejich topologie je závislé zejména na způsobu připojení jednotlivých účastníků ke sběrnici nebo řídicí jednotce. [13]

2.2.1 Liniová topologie

Tento způsob připojení účastníků je velice podobný schématu decentralizovaných systémů. Jednotliví účastníci jsou přímo napojeni na sběrnici, viz Obr. 5. [13] Tento způsob zapojení je typický pro sběrniceový systém HDL Buspro.

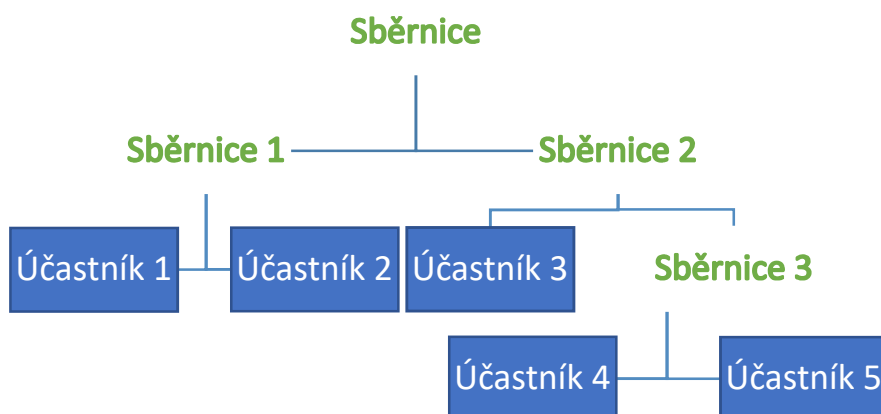


Obr. 5: Schéma liniové topologie [13]



2.2.2 Stromová topologie

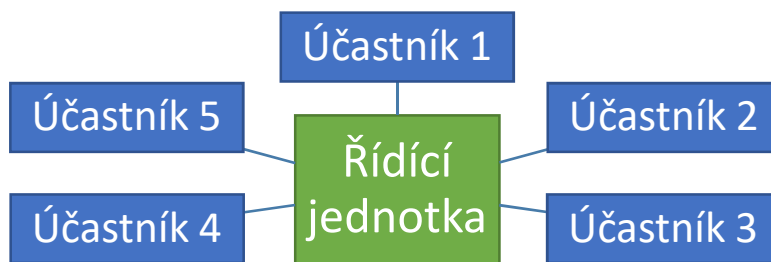
V tomto případě mohou být ke sběrnici připojeni jak uživatelé, tak i další sběrnice. [13] Obr. 6 názorně představuje způsob zapojení dle stromové topologie, který je typický pro systémy KNX či Lonworks.



Obr. 6: Schéma stromové topologie [13]

2.2.3 Hvězdicová topologie

Jednotlivé prvky jsou spojeny v jeden uzel. Ten lze chápat jako svorkovnici či řídicí zařízení. [13] Schéma hvězdicové topologie je zobrazeno na obrázku 7. Tento způsob zapojení je dostupný pro ARCNET, který však podporuje i liniovou a stromovou topologii. [11]



Obr. 7: Schéma hvězdicové topologie [13]



2.3 Interoperabilita řídicích systémů

2.3.1 Otevřené řídicí systémy

Otevřené systémy jsou definovány jako ty, které mají schopnost flexibility, vzájemné spolupráce a komunikace, přičemž mohou být jednotlivé prvky systému dodávány rozdílným výrobcem. Konkrétně se jedná o komunikační infrastrukturu, síťová zařízení, ovládací algoritmy a řídicí systémy. Skutečnost, že mohou jednotlivé složky instalace pocházet od odlišných prodejců a i přesto je umožněna jejich implementace do společného systému bez jakýchkoliv problémů v oblasti vzájemné provázanosti a spolupráce, je hlavním znakem otevřených řídicích systémů. [14]

Momentálně se tak jedná o velmi populární volbu při integraci inteligentního systému do objektu. Zákazník a budoucí uživatel má v tomto případě možnost výběru z mnoha prvků dostupných na trhu, které splňují daný komunikační protokol otevřeného systému a lze je implementovat do nemovitosti bez rizika ztráty komunikačních schopností mezi ostatními oblastmi technického vybavení budovy. Oproti proprietárním systémům je zde prostor pro jistou míru kreativity při zadávání, projekci i provádění samotné integrace systému a naskýtá se také více možností pro řešení různých problémů či změně původního konceptu.

Ze zástupců lze pro příklad uvést sběrníkový systém KNX, BACnet či Lonworks, jenž jsou blíže popsány v následujících kapitolách.

2.3.2 Proprietární řídicí systémy

Největším rozdílem oproti otevřeným řídicím systémům je nulová tolerance v oblasti komunikace a spolupráce mezi produkty rozdílných výrobců. Běžně se jedná o systém, který nabízí limitovanou nebo žádnou vzájemnou konektivitu a minimální systémovou flexibilitu. [14]

Proprietární systémy byly využívány především v počátcích výstavby inteligentních budov, kdy bylo hlavním cílem zajištění funkčnosti celého systému. Postupem času se však začal vyskytovat nedostatek při modernizacích budov. V tomto případě nastal problém, jelikož při nároku na propojení více budov s prvky od rozdílných prodejců nebylo možné tímto způsobem zakázku splnit. Proto vyvstal požadavek na otevřené systémy, které by byly schopny propojit více rozdílných prvků v jednom systému a zajistit tak jejich vzájemnou



provázanost a spolupráci. Postupně se tak dostaly do popředí využívání již zmíněné otevřené systémy. [14]

Pro doplnění lze uvést zástupce i těchto typů systémů, mezi něž lze zařadit například HDL Buspro či iNELS Bus System. Je však nutné podotknout, že oba zmíněné systémy zahrnují zařízení na principu komunikační brány, jenž dokáží zajistit propojení i s prvky KNX.

2.3.3 Vzájemné porovnání

Ed Sullivan se ve svém článku z roku 2003 *Proprietary or Open? Real Question is, 'What's in it for Me?* [15] zaměřuje na výhody a nevýhody obou druhů systémů. I když jsou více v oblibě otevřené systémy, je potřeba brát ohledy na konkrétní případ implementace. Podle autora není tak zásadní otázkou, zda je jednoduché integrovat otevřené systémy, které jsou nyní využívány v drtivé většině, ale zda je lepší volbou otevřený či proprietární systém. Obě možnosti přislubují velmi odlišné výhody a konečná volba může mít velký vliv na celkovou pořizovací cenu systému, následné benefity i případné komplikace. [15]

Nejprve jsou v článku uvedeny výhody uzavřených systémů, mezi které patří například jistota ve funkčnosti a kompatibilita systému, za níž si stojí samotní výrobci. Navíc prodejci nabízejí možnost nákupu všech prvků, od počáteční instalace až po servis a vylepšení, na jednom místě. Ve srovnání s otevřenými systémy jde však o dražší záležitost, což je pro většinu investorů prioritní faktor při rozhodování. [15]

Při volbě otevřených systémů vzniká prostor pro volbu těch nejlepších prvků z jednotlivých odvětví technického zařízení budov. Investor má možnost vybrat automatizační systém od jednoho prodejce, požární bezpečnostní systém od druhého a zabezpečovací systém od dodavatele třetího. Pro uživatele je toto mnohem přitažlivější volba, než být vázán na jednoho prodejce. Dalším kladem je možnost při jakékoliv nespokojenosti s určitou jednotkou vybrat jiného dodavatele a problémový prvek jednoduše vyměnit. [15]

V článku je také uvedeno srovnání tří nejpodstatnějších vlastností jednotlivých systémů. Protokoly jako BACnet nebo KNX, tedy otevřené systémy, jsou žádané zejména pro svou jednoduchou integraci, možnost flexibilní volby dodavatelů a nižší finanční nároky na výměny a rekonstrukce. Uzavřené systémy jsou naopak lepší s ohledem na spolehlivost vycházející z dodávky od jednoho výrobce a osvědčený výkon. Zajímavostí je, že i u proprietárních



systémů je jednoduchá integrace uvedena jako výhoda. Zde je však zastoupena pouze 34 %. Pro porovnání, u otevřených systémů byla důležitost této vlastnosti na hodnotě 80 %. [15]

Poslední část článku je věnována finanční stránce probírané problematiky. Ze zjištěných informací by se dalo odvodit, že otevřené systémy budou v konečném výsledku levnější volbou. Není to však úplně jednoznačné. Výsledná suma značně závisí na lokálních obchodních podmínkách, což může být v určitých případech značně odlišná hodnota. Další parametr, na kterém je finální částka závislá, jsou samozřejmě požadavky investora a obchodní schopnosti dodávající firmy. Zde může dojít k volbě velmi levné varianty, ale také naopak dražší. S pohledem do budoucnosti je očekáván postupný pokles cen systémové integrace, ne však s rapidním průběhem. [15]

Z mého pohledu je volba vhodného systému závislá především na účelu využití budovy a rozsahu řízení. V rámci objektu jako je kancelářská budova, u níž se očekávají časté změny v rámci prostorových dispozic a například funkčnosti jednotlivých zařízení, což může být zapříčiněno změnou majitele, je vhodnější využití otevřeného systému. Vzhledem k možnosti prakticky libovolných úprav, rozšíření a požadavku na komplexní řízení technických zařízení budovy je pro tento případ lepší volbou, než uzavřený systém. Ten však může najít uplatnění u menších instalací s požadavkem na řízení pouze některých oblastí, jimiž je například osvětlení a vytápění. Jedná se o objekty bytových rozměrů, kde nelze očekávat přidání dalších technologií a zajištění jejich komunikace. Při pořízení minimálního množství zařízení, které neobsahují zde nepotřebná rozšíření či rezervy vstupů, získá uživatel jednoduchou aplikaci pro ovládání příslušných funkcí. U takto malé instalace tak lze dosáhnout na nižší cenu než v případě využití otevřeného systému.



3 Zástupci inteligentních systémů

Inteligentních systémů je v dnešní době již velké množství a představení všech zástupců by zabralo příliš velkou část této práce. V následující kapitole proto budou uvedeni pouze nejznámější a nejvyužívanější automatizační prostředky vzhledem k rozdělení na otevřené a proprietární typy. Větší pozornost je věnována systému KNX, který byl prakticky použit pro řízení demonstračního modelu.

3.1.1 Lonworks

Lonworks je univerzálním, decentralizovaným a otevřeným distribučním systémem se stromovou topologií, o jehož existenci se zasloužila společnost Echelon. Jedná se o sběrníkový systém splňující normu EN 14908. Prvky a zařízení disponují vlastní distribuovanou inteligencí a jsou připojeny k místní operační síti. Využití Lonworks je zejména v řídicích jednotkách automatizačních řídicích systémů a v decentralizovaných systémech budov. [11]

Lonworks je technologií tvořenou několika prvky. Konkrétně se jedná o neuronový čip, protokol LonTalk, transceiver, Lonworks tools a Lonmark. Neuronový čip je jakýmsi mikroprocesorem systému, který se skládá z určitého počtu procesorů, jejichž úkolem je provádět konkrétní funkce. LonTalk je komunikačním protokolem pro jednotlivé neuronové čipy. Zajišťuje tak vzájemnou provázanost při programování čipů a jejich vzájemnému předávání informací. Transceiver je zařízení, které funguje jako vysílač a přijímač zároveň. Zde slouží k propojení čipů do jedné sítě. Název Lonworks Tools zahrnuje soubor softwarových nástrojů pro programování a implementaci. Příkladem mohou být programy jako Lonbuilder a Nodbuilder. Za jejich pomoci lze naprogramovat aplikaci v čipech či vytvořit síť a uzly. Posledním prvkem je takzvaný Lonmark, který zajišťuje kompatibilní výměnu dat mezi prvky, jenž jsou původně každý od odlišného výrobce. Jeho cílem je tedy zajistit, aby jednotlivé prvky splňovaly jejich základní funkčnost a dosahovaly požadovaných měřitelných parametrů. [11]

3.1.2 BACnet

BACnet je zkratkou pro anglický název Building Automation and Control Network a je dalším z řady otevřených a decentralizovaných inteligentních sběrníkových systémů, které jsou v dnešní době dostupné. Jedná se o komunikační protokol, jež vyvinula American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. V roce 1995 došlo k jeho



standardizaci a po rozšíření do celého světa byl také normalizován jako ČSN EN ISO 16484-5. [16]

Protokol BACnet ukládá, jakým způsobem a který druh zpráv může být vyslán jedním zařízením a přijat zařízením druhým. Telegramy mohou nést informace, jako jsou například binární digitální vstupy/výstupy, analogové vstupy/výstupy, jejich vypočtené hodnoty, spínací časovací programy, signalizace a mnohé další. Nejvýhodnější přenosovou cestou je stávající lokální síť LAN, jenž je přítomna v objektu. Další možností je využití Ethernetové sítě. V neposlední řadě je možné využít i další lokální sítě, jejichž příkladem může být například Master-Slave/Token-Passing, která je vhodná zejména pro menší prvky s menšími nároky na přenosovou rychlost, nebo LONTALK. Pro spojení na delší vzdálenosti je vhodnou volbou spojení Point-to-Point, jehož pomocí mohou být vzdálené budovy spojeny přes modem. [11]

Pro zajištění funkce zařízení je využíváno takzvaných objektů představujících jednotlivé přístroje systému. Každý z nich má své individuální parametry, jako je název či aktuální stav. S jejich využitím lze získat informaci o jednotlivých zařízeních bez potřeby znalosti jeho konstrukce či konfigurace. [11]

Příkladem projektů, v nichž bylo využito protokolu BACnet, jsou budovy parlamentu v Berlíně. Zde je systém tvořen několika řídicími vrstvami, přičemž každá z nich využívá hned několika odlišných produktů automatizační či řídicí techniky budov. Na zařízení dodaných od sedmi různých výrobců je zde napojeno přes 100 000 datových míst. Dalším z několika zajímavých projektů může být Univerzita v Rostocku, která je tvořena celkem 262 budovami nacházejícími se v okruhu 15 km od hlavního objektu. Všechny tyto nemovitosti jsou v současnosti napojeny na řídicí systém BACnet. [11]

3.1.3 Ego-n

Ego-n je zástupcem centralizovaných a zároveň proprietárních systémů, jenž patří společnosti ABB. Je vybaven řídicí jednotkou, která může propojit až 512 snímačů a akčních členů za pomoci čtyřvodičové sběrnice. [17]

Sběrnicové vedení lze rozdělit na dva typy. První je primární vedení propojující základní komponenty, čímž jsou myšleny senzory a aktory. Ty si mezi sebou předávají informace v podobě digitálních telegramů a jejich provoz je ovládán řídicím modulem. Na jeden takovýto modul je pak možné připojit až 64 prvků. Primární sběrnice je příkladem liniové topologie



o maximální délce 700 m a s délkou odbočky až 30 m. Sekundární vedení, které se nejčastěji vyskytuje mezi rozvaděči, slouží ke zprostředkování komunikace mezi jednotlivými řídicími moduly, moduly logických funkcí a moduly pro vzájemnou komunikaci se systémem Ego-n. [18]

Nastavení samotného systému je možné ve dvou podobách. Jak už název napovídá, režim Basic představuje základní formu nastavení. Jedná se o zapojení s jedním řídicím modulem a lze ho naprogramovat i bez potřeby využití počítače. Funkci jednotlivých prvků je poté možné nastavit pomocí jejich mechanických tlačítek. Druhou možností je zapojení s více řídicími moduly, které lze rozšířit o logické funkce nebo komunikaci WiFi a GSM. Nastavení nese název Plus, což představuje právě nadstandardní funkce oproti prvnímu uvedenému příkladu. Pro nastavení funkce systému je v tomto případě již potřeba připojení počítače, s jehož využitím lze za pomoci softwaru Ego-n Asistent naprogramovat vlastní požadavky na funkci jednotlivých prvků. [19]

Vzhledem k popsaným funkcím se systém uplatňuje především u rodinných domů, kde se stále zvyšuje poptávka po komfortnějším a energeticky úspornějším užívání jednotlivých budov. Pro firmy a provoz konkrétních kancelářských prostor je důležitý především druhý uvedený faktor, který pro společnost ABB a jeho systém získává potencionální zákazníky právě z oblasti komerčních budov. [20]

3.2 KNX

3.2.1 Obecné informace o KNX

Prvním a nejspíše i nejnámějším a nejvyužívanějším otevřeným sběrnicovým systémem je KNX/EIB. Jedná se o standardizovaný komunikační protokol založený na modelu otevřeného propojení pro automatizaci budovy. KNX je následníkem tří předchozích standardů, a to European Home System Protocol (EHS), BatiBUS a European Installation Bus (EIB). KNX je schváleno jako otevřený International Standard ISO/IEC 14543-3, Canadian Standard CSA-ISO/IEC 14543-3, European Standard CENELEC EN 50090 a CEN EN 13321-1 a China Guo Biao GB/T 20965. [21]

KNX je příkladem decentralizovaného systému. Nepoužívá tedy centrální jednotky a jednotlivé prvky spolu komunikují po systémové sběrnici. V případě potřeby tak lze najít ekvivalentní náhradu s podobnými funkcemi. Ta však musí splňovat normu KNX. [16]



3.2.2 Historie KNX

Standard KNX je založen na protokolu EIB, ale zároveň je navýšen o fyzické vrstvy, konfigurační módy a aplikační zkušenosti protokolů BatiBUS a ESH. [21] Počátek Evropské instalační sběrnice (EIB) je spojován s datem 8. 5. 1990, kdy došlo k založení European Installation Bus Association (EIBA) v Bruselu. Jejím cílem bylo prosadit svůj sběrniceový systém na trhu a následně vytvořit jeho mezinárodně normalizovanou podobu. O devět let později došlo ke spojení již zmíněných tří asociací v jednu společnou mezinárodní organizaci s názvem Konnex Association. V ten moment došlo i ke změně názvu systému na KNX/EIB, respektive KNX. V dnešní době tuto organizaci zastupuje přes 125 firem z oblasti elektrotechniky, vytápění, větrání a klimatizace i technických zařízení budov. [11]

3.2.3 Základní popis funkce KNX

Všechny prvky pro KNX instalaci jsou propojeny skrz dvoudrátovou sběrnici, která jim umožňuje výměnu dat. Funkce jednotlivých prvků je založena na jejich počátečním naprogramování a může být kdykoliv změněna. Pro komunikaci mezi jednotlivými prvky systému lze u KNX využít jak twisted pair⁴ vedení a sítě elektrického vedení, tak i radiových a infračervených přenosů či ethernetové sítě. [21]

Jedním ze dvou základních komponentů jsou senzory. Ty jsou na začátku každé akce, jelikož sbírají informace a posílají je přes sběrnici jako datový telegram, který může nést zprávu o aktuální teplotě v určitém místě, pohybech v místnosti nebo například rychlosti větru. Mezi senzory tak lze zařadit snímače teploty, senzory pohybu, osvětlení nebo ovládací tlačítka. [21]

Druhým typem jsou akční členy, které přijímají telegramy od senzorů a následně provádějí danou akci. Příkladem může být ovládání žaluzií, stmívání či rozjasňování světel nebo ovládání vytápěcích a klimatizačních systémů. Prvky, které se starají o tyto činnosti, jsou pro představu stmívající jednotky, elektrické topné ventily nebo informační displeje. [21]

⁴ Typ kabelu zhotovený ze dvou od sebe izolovaných vodičů, řadí se mezi symetrická vedení. [22]



3.2.4 Uplatnění systému KNX

Komunikační systém KNX je využíván zejména v případech zlepšení komfortu obývání objektu, zvýšení bezpečnosti a hospodárnosti budovy. Pomocí tohoto systému lze například dosáhnout vypnutí a zapnutí světel v celém domě pomocí jednoho tlačítka, zapnutí světlé scény, simulace přítomnosti v domě v době, kdy jsou obyvatelé mimo objekt, zastavení vytápění v případě otevřených oken nebo automatického nastavování žaluzií dle slunečního svitu dopadajícího na okna. Vzhledem k vyšší ceně produktů, které jsou prodávány s normalizovaným připojením ke KNX/EIB, je vhodné využití tohoto systému zejména v případech integrace více TZB do jednoho systému. Dalším vhodným využitím je moment, kdy jsou plánovány časté změny ve funkci objektu. [11]

3.2.5 Příklady provedených instalací

Jak již bylo zmíněno, systém KNX je velmi variabilní a nabízí tak nepřeberné možnosti v oblasti integrace. V práci jsou uvedeny pouze ty z nich, které vykreslují rozmanitost praktického využití, jenž zahrnuje stavby od rodinných domů přes komerční budovy až po historické objekty.

Jedním z několika názorných příkladů může být vila, která byla postavena v australském městě Melbourne. Celý objekt je rozložen do 4 podlaží, přičemž jedno z nich se nachází pod zemí, kde je umístěno wellness a zábavní centrum s golfovým simulátorem. Přízemí je tvořeno především prostory jako obývací pokoj, kuchyň či jídelna. Další dvě podlaží obsahují mimo jiné dětské pokoje, koupelny a toalety či ložnici spolu se samostatnou šatnou. V objektu je integrován plně automatizovaný systém, který byl navržen a instalován v souladu s luxusním životním stylem vlastníků domu a zároveň řídí použité obnovitelné zdroje energie v této ostrovní lokaci. KNX v tomto konkrétním případě slouží k ovládní osvětlení, podlahového vytápění, klimatizace, žaluzií a závěsů v návaznosti na sluneční záření a umožňuje tak komplexní elektrický a energetický management budovy. Takto složitý projekt off-grid⁵ systému byl zrealizován především na základě spolehlivosti, přizpůsobivosti a funkcionality KNX systému. Na střeše objektu jsou umístěny fotovoltaické panely produkující energii v průběhu dne, jež je následně několika způsoby přeměněna na teplo. Nádrž na dešťovou vodu s objemem

⁵ Samostatně pracující systém bez připojení na veřejné síť.



300 000 l slouží jako rezervoár pro výměníky tepla, které jsou připojeny na okruhy podlahového vytápění. Stejná metoda je použita k ohřevu 150 000 l bazénu spolu se zařízeními lázní. Solární systém je plně řízený a obsahuje v sobě senzory, jenž monitorují generování energie spolu s kapacitou, stavem i využitím baterií. Tyto informace umožňují systému provádět inteligentní rozhodnutí o využití energie v objektu a v případě potřeby izoluje konkrétní oblasti. Ty mohou být systémem KNX převedeny do stavu „obýváno/neobýváno“ s navázáním na izolování energetických okruhů. Ovládání osvětlení tak dává uživateli možnost konfigurace vlastních světelných scén, přičemž jeho ovládání je navázáno například v koupelnách na senzor přítomnosti, s jehož využitím lze automaticky spínat jak světla, tak i ventilaci, otopný žebřík a klimatizaci. Takto rozsáhlá instalace je u rodinného domu v současnosti spíše výjimkou. Proto také získala v roce 2016 ocenění pro nejlepší mezinárodní projekt, rezidentní instalace roku a také hlavní cenu CEDIA⁶ v kategorii nejlepší integrovaný domov nad 250 000 £. [23]

Příkladem využití v menším měřítku a podmínkách České republiky může být apartmán nacházející se ve Špindlerově Mlýně, jehož elektroinstalaci a systémovou parametrizaci měla na starosti společnost BACS s.r.o. Jeho rozloha je zhruba 150 m² a obsahuje obývací pokoj s kuchyňským a jídelním koutem, předsíň, toaletu, ložnici se samostatnou šatnou a koupelnou a dva dětské pokoje se společnou koupelnou a toaletou. Princip řízení objektu je velice podobný předchozímu příkladu, pouze s rozdílem rozsahu projektu. Osvětlení, závěsy, vytápění, ventilace i klimatizace jsou řízené systémem KNX, jenž umožňuje jak individuální ovládání, tak i automatické řízení dle nastavených požadavků. Mimo systémových tlačítek slouží k ovládání jednotlivých zařízení také vizualizace, která je podrobněji popisována v kapitole 6.4 *Vizualizace apartmánu*, kde je porovnána s vizualizací modelu. K nastavení teploty a jejímu udržování slouží termostaty umístěné v jednotlivých místnostech. Díky nim lze také přepínat mezi módy pro automatické nastavené požadované teploty. K vytápění je využíváno elektrického podlahového vytápění, podlahových konvektorů, klimatizačních jednotek a otopných žebříků v koupelnách. Za pomoci systému KNX lze řídit například cirkulaci teplé užitkové vody v závislosti na přítomnosti, časové spínání ventilátorů, blokaci podlahového vytápění či nastavování světelných scén.

⁶ Mezinárodní asociace sdružující více než 3 500 profesionálů z oblasti domovních technologií [24]



Jednou z méně tradičních instalací je zámek Biljoen v Holandsku. Jedná se o historickou budovu z 16. století ležící mezi lesy Veluwe a řekou IJssel, nedaleko města Velp. Během let dostal objekt několika oprav a renovací. Tou poslední byla integrace systému KNX, která proběhla v roce 2015. U historických objektů je instalace vždy velice problematická. Při výběru vhodného systému a následné realizace je potřeba brát ohled na stav objektu a také možnosti porušení historických maleb, zdí a stropů. Proto byl vybrán právě systém KNX a jeho RF bezdrátové komponenty, u nichž není potřeba žádných přívodních a komunikačních kabelů, tudíž ani větší zásah do objektu. Zároveň byla k realizaci přizvána společnost Hevac Controls z Holandska, která získala ocenění za umělecké aplikace systému KNX. V objektu bylo instalováno 415 KNX RF zařízení z celkového počtu 555 sběrníkových jednotek, což ukazuje na komplexnost využití bezdrátových zařízení. Řízení a ovládání bylo zajištěno decentralizovanými senzory, akčními členy, binárními vstupy a kombinací RF/TP (Twisted Pair kabel) spojek. Pro zachování elegantního a historického vzhledu objektu bylo využito porcelánových vypínačů, které v sobě skrývají RF inteligentní moduly pro ovládání osvětlení. Pro snížení spotřeby energie vytápění byly existující radiátory taktéž osazeny KNX zařízeními. Kvalita vzduchu je kontrolována senzory vlhkosti a CO₂. Moderní prvek instalace tvoří ovládání pomocí mobilních telefonů a tabletů, na kterých se po vložení na magnetické držáky na zdi automaticky zobrazí půdorys objektu s informacemi ohledně teplot, kvality vzduchu a spotřebě energie v jednotlivých místnostech. V neposlední řadě systém KNX nahrazuje v minulosti využívanou zámeckou stráž. Systém využívá monitorovacích IP kamer k zobrazení jejich video nahrávek a alarmů. Mimo samotné budovy je střežena i příjezdová cesta a hlavní brána. Jelikož je zámek umístěn přímo u řeky, je v instalaci přítomen i detektor zaplavení pro prevenci před poškozením řekou. Pomocí KNX RF systému lze takto starý objekt modernizovat do podoby dnes využívaných budov a zároveň zachovat jedinečný historický vzhled. Výhodou je také energeticky efektivnější obývání objektu i možnost využití mobilních zařízení pro ovládání zámku. [25]

Jiným neobvyklým využitím KNX systému je projekt kancelářské budovy Alibaba v Pekingu. Objekt největšího čínského maloobchodního řetězce byl dokončen v roce 2015 a na 500 000 m² obsahuje kromě open-space kanceláří i předváděcí místnosti, počítačové centrum, lobby, klub a konferenční místnosti. Charakteristickým prvkem této instalace je fakt, že mezi 8 000 zaměstnanci je přes 5 000 mobilních telefonů s aplikací pro ovládání osvětlení, žaluzií, klimatizace a dalších individuálních funkcí pro konkrétní kancelář. V budově je tedy



instalováno pouze minimum tlačítek. Systém KNX využívá k řízení 5 100 sběrníkových zařízení, zahrnující i senzory teploty, meteorologické stanice, detektory přítomnosti, senzory vlhkosti, elektroměry a další. Osvětlení je možno ovládat jak aplikací a tlačítkem pro spínání a stmívání, tak i automaticky k dosažení maximální energetické efektivity. Žaluzie jsou řízeny automaticky, ale mobilním telefonem lze upravit výšku zatažení a pozici lamel. Zároveň je možné nastavovat teplotu v konkrétní kanceláři, která je také vázána na přítomnost v místnosti. Systém KNX je využit také z hlediska zabezpečení. Monitorovací informace od požárního zabezpečovacího systému, spotřeby energie, nebo IP kamerového systému jsou zobrazeny ve vizualizačním prostředí. Tu lze také využít například k rezervování konferenčních místností, které je následně možné využít okamžitě při obdržení potvrzení. [26]



4 Návrh a realizace modelu

V návaznosti na uvedené teoretické informace z oblasti řídicích systémů byl v praktické části práce navrhnut, sestaven, parametrizován a zprovozněn demonstrační model inteligentního ovládání budovy.

V dnešní době se k prezentaci činnosti firem zabývajících se klasickou i inteligentní elektroinstalací využívá zejména předváděcích kufrů s omezeným počtem funkčních prvků. Pro vytvoření zajímavější, interaktivnější a zábavnější alternativy bylo v rámci této práce vybráno akvárium, na které bylo aplikováno řízení systémem KNX.

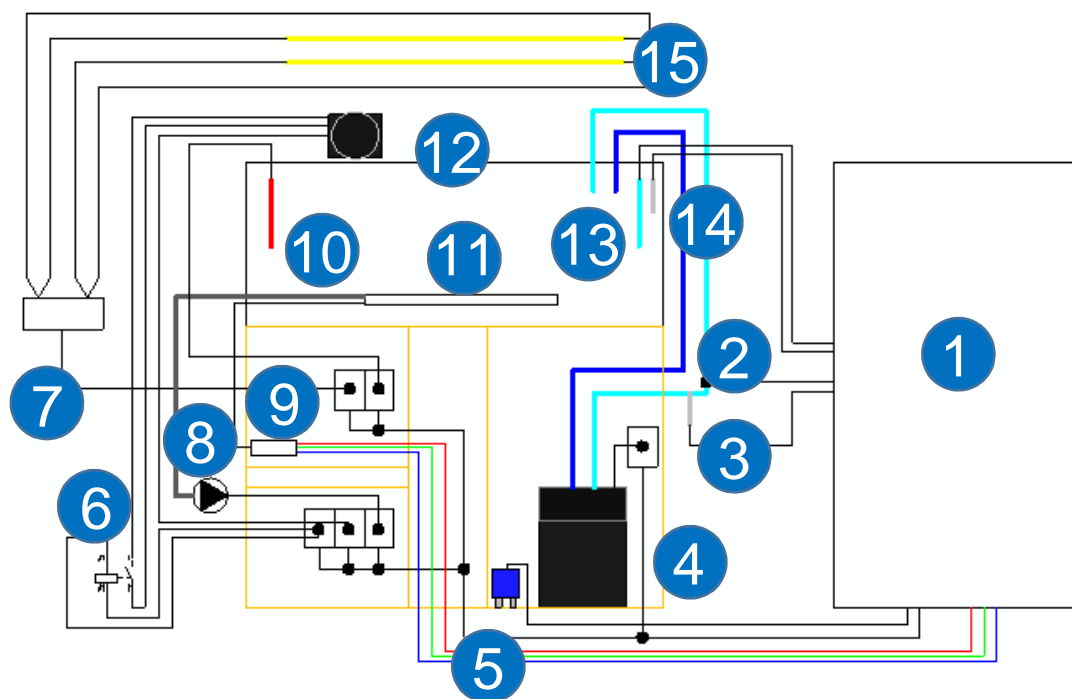
4.1 Popis modelu

Jak již bylo uvedeno výše, zmíněný model představuje akvárium pro sladkovodní ryby. Nádrž o rozměrech 120x50x40 cm o objemu 240 l je umístěna v kanceláři společnosti BACS s.r.o., které bude model sloužit k prezentaci své činnosti. Vzhledem k prostorovým rozměrům a hmotnosti je model nepřenositelný. Proto je součástí celkové instalace také IP kamera, která přenáší videozáběr čelní strany akvária a umožňuje pozorovat aktuálně provedené změny bez nutnosti přemístění modelu. Ovládání bylo navrženo se záměrem vytvoření přímé paralely k řízení rodinného domu či bytu. Základními funkčními prvky je tedy osvětlení, které představují zářivky a RGB LED panel, vytápění, filtrace a vzduchování. Zároveň jsou měřeny hodnoty hlavních parametrů kvality vody, jež jsou popsány níže.



4.2 Schéma zapojení

Na obrázku 8 je uvedeno schéma zapojení prezentačního modelu. Je zde zobrazen rozvaděč (1), jehož podrobnější výkres je umístěn v příloze. Ve schématu jsou umístěny jednotlivá zařízení, jako filtr (4), vzduchovací kompresor (8), předřadníky pro LED (9) a zářivky (7), samotný LED panel (11) a trubice (15), krmící jednotka (12) se spínacím relé (6) a otopné těleso (10). Dále je možné vidět použité senzory teploty Pt1000 umístěné ve filtračním potrubí (3) a akváriu (14), pH (13), průtoku (2) i zaplavení (5). V neposlední řadě je znázorněno také kabelové vedení a umístění zásuvek.



Obr. 8: Schéma zapojení modelu



4.3 Přístroje pro řízení systému

Součástí modelu, který je zobrazen na obrázku 9, je také rozvaděč umístěný vedle akvária. Ten byl vyroben na zakázku, přičemž bylo využito prvků od různých výrobců. Majoritní počet zařízení, které jsou v projektu využívány, byl dodán společností Schneider electric s.r.o. Stejně jako je tomu v reálných instalacích, i v tomto případě byla vytvořena technická dokumentace zahrnující výkres rozvaděče a kabelovou tabulku, jež jsou k práci připojeny jako příloha na CD. Schéma zapojení systému je uvedeno přímo v textu předchozí kapitoly.

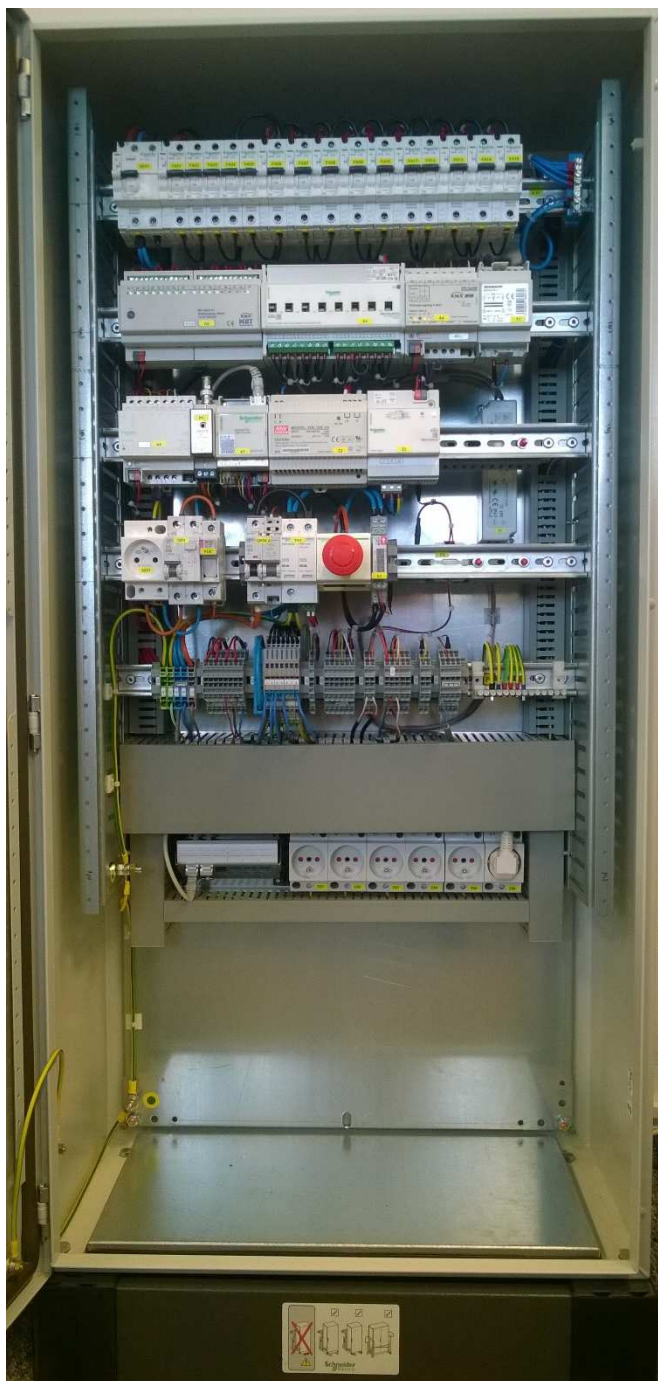


Obr. 9: Demonstrační model

Skříň o rozměrech 60x120x30 cm je umístěna vedle akvária na podstavci o výšce 10 cm. Rozvaděč je primárně rozdělen na dvě části, které jsou zachyceny na obrázku 10. V horní silnoproudé oblasti se nachází ochranné prvky, jako jsou jističe, proudový chránič, přepěťová ochrana nebo hlavní vypínač a vyrážecí cívka spolu s centrálním stop tlačítkem. Dále se zde nachází napájecí zdroje 24 V AC, 24 V DC, zdroj pro samotný systém KNX a také pro LED panel. V neposlední řadě jsou zde umístěny ovládací, signalizační a měřicí přístroje, mezi které patří binární vstupy, spínací akční člen, analogové vstupy a výstupy, LED RGB předradník, převodník pH, teplotní vstupy, elektroměr a vizualizační jednotka SpaceLYnk. Ve spodní části jsou ještě umístěny výstupní svorky jednotlivých zařízení a také servisní zásuvka, která je připojena na samostatný proudový chránič s jističem.



V druhé oblasti rozvaděče se nachází 6 zásuvek, přičemž dvě jsou určeny pro switch, 3 pro kamery a jedna jako stálé napájení krmícího zařízení. Vedle nich je upevněn patchpanel.



Obr. 10: Rozvaděč R-A



4.3.1 Napájecí zdroje

Základním prvkem je spínaný síťový zdroj Z2 24 V DC DR-100-24 od společnosti Mean Well, který napájí většinu rozvaděčových přístrojů. Tato jednotka dodává napětí 24 V, proud 4,2 A a skutečný výkon 100,8W. Zároveň obsahuje ochrany proti přetížení, zkratu, přepětí a přehřátí. [27]

Jako zdroj 24 V AC je v modelu využíván transformátor označený T1 s napětím 230 V na primárním a 12/12/24 V na sekundárním vinutí. Zařízení je schopno dodávat výkon 30 W. Tento prvek slouží k napájení analogových vstupů a výstupů.

Označení Z3 patří napájecímu zdroji KNX REG-K/320 mA, který je stejně jako předešlé prvky umístěn na DIN liště. Přístroj pracuje na napětí 230 V a do systému dodává proud 320 mA. Z této jednotky jsou napájeny teplotní vstupy, spínací akční člen i systémové tlačítko.

V rozvaděči je také umístěn spínaný síťový zdroj 12 V pro napájení RGB LED panelu. Tento prvek má integrovanou ochranu proti přetížení, zkratu a přepětí a kromě výstupního napětí 12 V dokáže do obvodu dodávat proud o hodnotě 5 A a výkon rovný 60 W. Ve výkresu rozvaděče, který je přiložen v příloze, je označen jako Z1. [28]

4.3.2 Jistící prvky

V horní části rozvaděče je umístěn proudový chránič QF01 a celkem 15 jističů označených FA01-FA15. Rozvaděč zároveň obsahuje svodič přepětí F01, hlavní vypínač QM00.A a proudový chránič QF0 s jističem FU0 pro servisní zásuvku.

Všechna rozvaděčová zařízení jsou připojena na dvoupólový proudový chránič s označením QF01 o jmenovitém proudu $I_N = 25$ A, citlivostí chrániče 30 mA a jmenovitém podmíněném zkratovém proudu 10 kA.

V rozvaděči je umístěno 14 jednopólových jističů B6/1 o jmenovitém proudu $I_N = 6$ A a typem charakteristiky B. Posledním jističem je jednopólový jistič B10/1 s $I_N = 10$ A a stejným typem charakteristiky. K 11 jističům jsou připojeny pomocné kontakty pro možnost sledování stavu jednotlivých prvků.

Jako ochrana proti přepětí slouží svodič s odnímatelnou patronou a póly 1P+N s označením F01. Hodnota napětí naprázdno je 10 kV a zkratový proud 50 A.



4.3.3 Rozvaděčové přístroje

Jedním z přístrojů pro ovládání modelu je spínací akční člen s označením A3. Jedná se o 8 kanálovou verzi REG-K/8x230/16 od společnosti Schneider electric s.r.o., která je napájena z KNX sběrnice a disponuje schopností detekce proudu. [29] Jak název napovídá, slouží především ke spínání jednotlivých prvků modelu, jako jsou například zářivky nebo filtrace. Podrobný popis zapojení a funkce jednotlivých kontaktů je popsán v kapitolách týkajících se konkrétních oblastí.

Označení A2 je přiřazeno binárním vstupům MDT BE-16024.01. Přístroj je použit ve verzi s 16 vstupy a pracuje na napětí 24 V DC. [30] Většina kontaktů je využita pro signalizaci stavu jističů, které jsou spojeny s pomocným kontaktem. Na dva vstupy jsou přivedeny senzory průtoku filtrované vody a zaplavení. Ostatní vstupy jsou určeny jako rezerva či pro plánované využití v podobě připojení senzoru hladiny vody.

Dalšími prvky jsou analogové vstupy a výstupy. Na jednotku A4, tedy analogové výstupy JUNG 2204.01, je v tuto chvíli připojen předřadník pro LED panel. Ten zabírá 3 ze 4 výstupů, jelikož jsou jednotlivé barvy RGB ovládány samostatně. Poslední kontakt je určen pro připojení předřadníku zářivek. U analogových vstupů A5 REG-K/x4, které jsou zástupcem výrobků již zmíněného majoritního dodavatele, je situace opačná. Zařízení taktéž disponuje 4 vstupy, ale momentálně je využit pouze jeden. Na kontakt C1 je přiveden pH převodník, který je popsán v následující části práce. Zbylé 3 vstupy jsou vysvorkovány jako rezerva pro další využití v podobě připojení senzorů CO₂ a dalších. Obě zmíněné jednotky pracují pod vstupním napětím 24 V AC a zpracovávají signál 0-10 V DC.

V předchozí části je zmíněn předřadník LED RGB. Tento prvek nese označení A6 a je napájen 12 V DC z již uvedeného zdroje Z1. Kromě svorek pro napájení obsahuje také vstupní kontakty pro jednotlivé barvy, kam je přiváděn signál 0-10 V DC, a jim příslušné výstupy, na které je připojen samotný LED panel.

Posledním zařízením z oblasti ovládacích jednotek je vizualizační prvek SpaceLYnk. Tento kontrolér je napájen 24 V DC a propojuje několik standardizovaných rozhraní a protokolů do jednoho uceleného řešení. V tomto případě slučuje systém KNX a ModBus, který je reprezentován elektroměrem. SpaceLYnk disponuje širokou škálou funkcí, jejichž příkladem může být grafické zpracování webové vizualizace pro PC, tablety a mobilní zařízení,



volné programování v jazyce LUA, zobrazení trendů, tvorba a úprava časových plánů, zobrazení IP kamer nebo víceuživatelský přístup. [31]

Z měřících přístrojů v rozvaděči lze uvést elektroměr Inepro Metering PRO1-Mod označený jako A1. Jedná se o úředně ověřený elektroměr s proudovým rozsahem 0,25-45 A a třídou přesnosti 1. Je schopný měřit odběr i dodávku a naměřenou hodnotu V, A, kW a Hz zobrazuje na displeji. Mimoto dokáže také komunikovat se zmíněným kontrolérem skrze rozhraní ModBus R-485. [32] V našem modelu je určen k měření celkové spotřeby energie v systému.

V rozvaděči je dále umístěn programovatelný převodník pH P1 od firmy Smaris. Jde o mikroprocesorový převodník pro pH elektrodu umístěnou v akváriu. Modul převádí vstupní napětí elektrody na analogový signál 0-10 V DC, který je přiváděn do jednotky analogových vstupů A5. [33]

Posledním zařízením je dvounásobné teplotní čidlo od MDT, k němuž je v tuto chvíli připojen pouze jeden senzor teploty Pt1000. Ten je umístěn v akváriu a slouží k měření aktuální teploty vody. Tento prvek je napájen přímo ze sběrnice KNX a naměřenou hodnotu také posílá jako jeden z KNX objektů.

4.4 Funkce modelu

Jak již bylo několikrát zmíněno, řízení modelu zahrnuje pět základních technologií, a to zářivky a RGB LED panel, filtraci, vzduchování a vytápění. V následující části práce je uveden podrobnější popis jednotlivých funkcí a způsobu jejich ovládání. V kapitole 5.3 *Parametrizace KNX přístrojů* je poté představeno nastavení konkrétních KNX přístrojů zajišťujících potřebnou funkcionalitu.

4.4.1 Osvětlení

Jednou ze základních oblastí, kterou je potřeba vyřešit s ohledem na ovládání, je bezesporu osvětlení akvária. V modelu jsou aktuálně umístěny 2 jednotky, jejichž řízení je objasněno v této kapitole. Jsou jimi zářivky a LED panel se vzduchováním.

Ve víku akvária jsou umístěné dvě 70 cm dlouhé zářivky T8 o výkonu 38 W, životnosti 20 000 h, nominálním světelném toku 2 750 lm, barevné teplotě 12 000 K a dominantní vlnové délce 544 nm. Ty jsou připojeny na předřadník, který je zapojen do spínané zásuvky



umístěné ve skříňce pod akváriem. Samotná zásuvka je pak připojena na kontakt spínacího akčního členu.

RGB LED panel je oproti zářivkám řízen několika způsoby. Spínání je prováděno skrz druhý kontakt spínacího akčního členu, k němuž je připojen přímo napájecí zdroj LED. V tomto případě je možno světlo také stmívat a rozjasňovat za pomoci předřadníku, jenž je připojen na 3 svorky jednotky analogových výstupů. Každý kanál řídí jednu z barev RGB panelu a to za pomoci signálu 0-10 V DC. Barvu samotného panelu je následně možné měnit skrz vizualizaci, s jejíž využitím lze řídit jednotlivé kanály jednotky analogových vstupů, přičemž je výsledná barva dána kombinací různých úrovní řídicího signálu.

Sepnutí a vypnutí zářivek je aktuálně nastaveno automaticky na 7:00 a 19:00, a to každý den. Ovládání je možné pomocí zmíněné vizualizace, ale jednotlivá zařízení se po 5 minutách opět vracejí do původního stavu za účelem udržení co nejhodnějšího prostředí v akváriu.

4.4.2 Filtrace

K čištění vody je v modelu využíván vnější filtr TetraTec EX 1200, který je vhodný s ohledem na objem akvária 240 l. Filtr obsahuje 5 různých filtračních médií a disponuje výkonem 1 200 l/h. [4.8]

V tuto chvíli je řízení filtru umožněno pouze v rozsahu spínání a vypínání a to za pomoci spínané zásuvky umístěné vedle filtru a připojené na třetí kontakt spínacího akčního členu. Do budoucna se počítá s rozšířením o možnost regulace otáček filtru a tím i změnu proudění vody.

Hadice vývodu z filtru je připojena na konzoli s teplotním čidlem a senzorem průtoku pro kontrolu funkčnosti filtru. Ten je připojen na jednotku binárních vstupů, které umožňují zobrazení této informace ve vizualizaci.



4.4.3 Vytápění

Pro vytápění je využito akvaristického otopného tělesa s napájecím napětím 220 V – 240 V, frekvenci 50-60 Hz a výkonu 200 W. Na tělesu lze nastavit teplotu 21 až 34 °C. V rámci modelu je teplota nastavena trvale na 32 °C. Řízení je opět prováděno pomocí spínané zásuvky dle nastaveného skriptu, jenž byl vytvořen za účelem udržení konstantní teploty.

Ta je primárně nastavena na 26 °C. Požadovanou teplotu T_P však lze na dobu 5 minut změnit v rámci rozsahu 24 - 32 °C pro možnost vyzkoušení změny požadované teploty v akváriu, potažmo místnosti alternativní budovy. Automatické řízení je prováděno za pomoci skriptu, jenž spíná otopné těleso v závislosti na hodnotě požadované teploty, aktuální teplotě vody a teplotě v místnosti, podle nichž jsou nastaveny časové intervaly pro zapnutí a vypnutí stav. Celý skript je rozdělen primárně do 4 částí. První část obsahuje příkazy ke čtení hodnot jak ze senzorů, tak i z paměti, jež jsou využívány k rozeznání poklesu či vzrůstu na požadovanou teplotu.

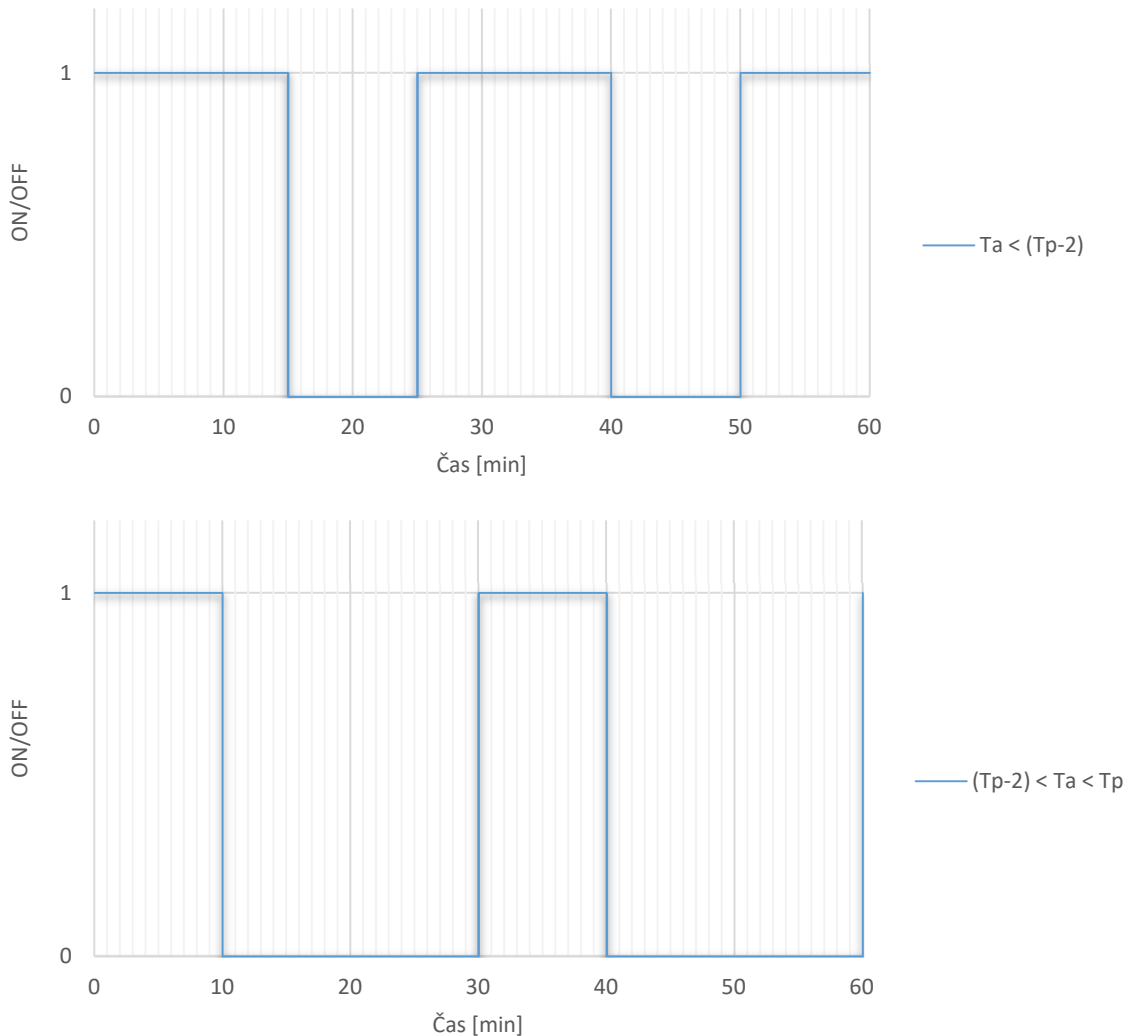
Druhou částí je oblast nižší aktuální teploty T_{AV} , než je hodnota požadovaná v akváriu. V této fázi je vytápění pevně zapnuto, aby došlo k jejímu dosažení hodnoty T_P . Zároveň je do paměti zapsána hodnota 0 jakožto reprezentace rostoucího směru vývoje teploty.

Další část je věnována řízení v případě rovnosti požadované a aktuální teploty. Spínání otopného tělesa je zde naprogramováno v závislosti na teplotě v kanceláři a také poklesu či nárůstu nad požadovanou teplotu. Z provedených pozorování bylo zjištěno, že od teplot v kanceláři $T_{AM} \geq T_P - 2$ klesá hodnota aktuální teploty o 0,1 °C po dobu přibližně 20 minut. Proto je nastaven interval jednotlivých stavů rozdílně. V případě, že je aktuální teplota v místnosti $T_{AM} \leq T_P - 2$, je vytápění cyklicky zapínáno na 15 minut a vypínáno na 10 minut. Při nárůstu nad zmíněnou mez je doba sepnutí 10 minut, přičemž je vytápění vypnuto po dobu 20 minut. Průběh spínání otopného tělesa v závislosti na rozdílných teplotách v místnosti je uveden na grafu 1. V rámci této části je také řešeno pořadí spínání, jenž je závislé na směru teploty. V případě růstu z teploty nižší, je vytápění nejprve zapnuto, aby nedošlo k okamžitému poklesu na předchozí hodnotu. U snížení teploty na úroveň požadované hodnoty je tomu přesně naopak. Je tak docíleno omezení teplotního kolísání i náhlým změnám hodnot měřených senzorem v akváriu, jenž mohou být způsobeny prouděním vody a rozdílné teplotě vody ve filtru vtékající do nádrže. Při rovnosti teplot v místnosti a vody v akváriu není



potřeba vytápět. Otopné těleso je tudíž neustále vypnuto. Stejně jako v případě vyšších teplot v kanceláři, kde došlo ke zjištění problému s přehříváním. Vzhledem k razantnímu ohřívání vody bude potřeba vyřešit i způsob chlazení, jenž bude zejména v letních měsících stejně důležitý, jako vytápění v chladnějším období.

Časová závislost spínání pro rozdílné teploty

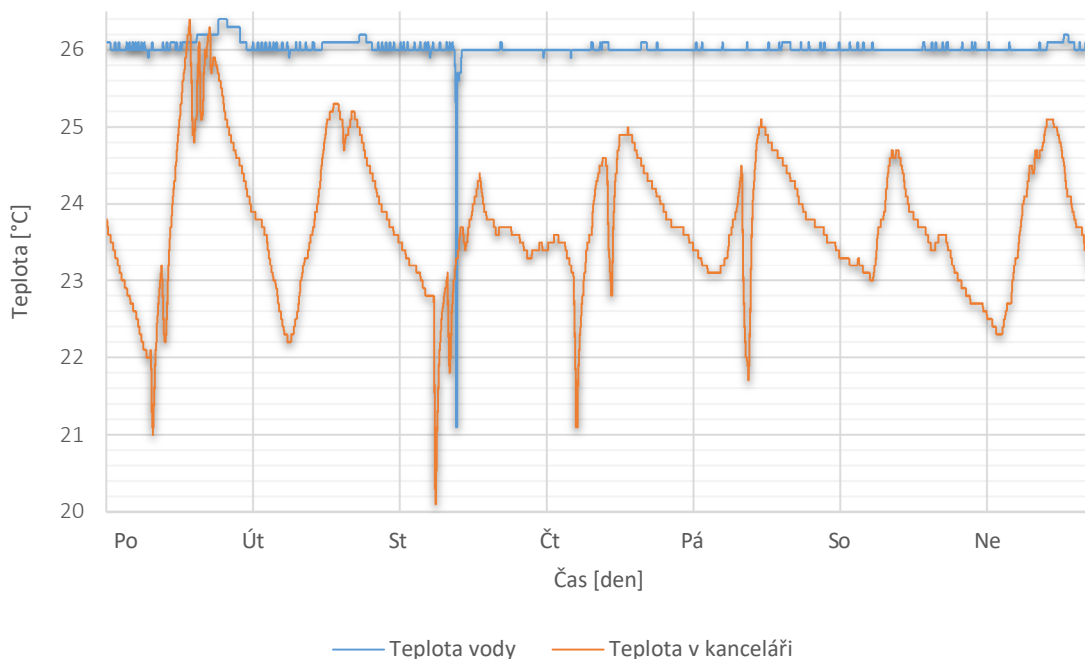


Graf 1: Časový průběh spínání otopného tělesa v závislosti na teplotě v místnosti



Na uvedeném grafu 2 jsou zobrazeny průběhy teplot v nádrži a kanceláři v rozmezí jednoho týdne. Tento graf lze rozdělit primárně do dvou částí, které jsou odlišné způsobem řízení otopného tělesa v akváriu. Do prudkého poklesu teploty vody na $21,1\text{ °C}$ zapříčiněného její výměnou a změnou polohy senzoru bylo vytápění řízeno spínáním v mezních hodnotách $T_P \pm 0,1\text{ °C}$. Docházelo tak ke značnému kolísání teploty a častému spínání. Od zmíněného poklesu došlo k nasazení nového způsobu řízení, jenž je podrobněji popsán výše. Z grafu je patrné, že došlo ke ztelnému ustálení teploty na její požadované hodnotě. V průběhu 1. dne lze také vypořozovat nárůst teploty v místnosti nad aktuální teplotu vody v nádrži, čímž došlo k jejímu neřízenému zvyšování.

Závislost vývoje teploty v nádrži na teplotě v místnosti



Graf 2: Vývoj teploty v závislosti na změně řízení a teplotě v místnosti

4.4.4 Vzduchování

Pro vzduchování je k modelu připojen kompresor TetraTec APS 150, který je vhodný pro akvária o objemu 80 až 150 l. Pro akvárium použité v modelu, tedy o objemu 240 litrů, je však plně dostačující. Vzhledem k osazení rostlinami by dokonce nebylo vůbec nutné vodu



okysličovat. Zde plní vzduchování pouze demonstrační funkci, kterou lze vizuálně představit funkci podobnou například větrání v budově.

Příkon kompresoru je 3,1 W, což postačuje na průtok vody o objemu 150 l/h. Ten je však pevně omezen mechanickým škrátkem zhruba na polovinu. Řízení kompresoru je stejně jako v předchozích případech řešeno spínanou zásuvkou, jež je připojena na akční spínací člen.

4.4.5 Krmení

V modelu je vyřešeno i inteligentní ovládání krmení. Na obrázku 11 je vyobrazeno použité krmící zařízení Resun af2003. Před instalací bylo potřeba přístroj rozebrat a upravit obvod tak, aby bylo možné zajistit řízení za pomoci systému KNX. Původní funkce spočívala v mikroprocesoru, který zpracovával informace ohledně časového nastavení krmení. Zároveň byl přítomen spínač pro propojení obvodu a spuštění motoru i mimo nastavený čas.



Obr. 11: Krmící zařízení Resun af2003 [33]

Před zapojením bylo potřeba odstranit přepínač mezi 12 h a 24 h režimem krmení a také mikrokontrolér, jichž není v rámci plánovaného ovládání potřeba. Funkce krmení je řešena spínacím relé s řídicím napětím 230 V. To je zapojeno do spínané zásuvky a tím je zajištěno ovládání. Krmítko jako takové je napájeno pomocí adaptéru 3,5 V zapojeného do zásuvky se stálým napájením. Relé popř. zásuvka je sepnuto pouze na 7 s, aby byla zajištěna pouze jedna otáčka nádoby s krmením. Ovládání krmení je řízeno stejně jako u vytápění pomocí skriptu. Ten umožňuje v rámci konkrétních časových intervalů provést krmení přes vizualizaci stisknutím příslušného tlačítka. Tato funkce je umožněna mezi 7:00 – 8:00,



12:00 – 13:00 a 17:00 – 18:00. V případě, že někdo v jednom z časových bloků proces spustí, do paměti je uložena hodnota s přírůstkem 1. V každé časové oblasti je krmení umožněno pouze jednou, což je řešeno právě pomocí hodnot uložených v paměti. Při každém stisku tlačítka je nejprve načtena hodnota počtu pokusů nakrmení z předchozího bloku a v případě, že je totožná s hodnotou aktuální, dojde k nakrmení. Pokud se však liší, znamená to, že někdo již v daném bloku proces provedl a krmení je tedy zakázáno. Mimo řízení lze počet pokusů ukládaných do paměti používat například ke sledování četnosti využívání této funkce. Pro případ, že nikdo krmení v daném časovém období neprovede, dojde k automatickému spuštění, jež je nastaveno na 8:30, 13:30 a 18:30.

4.4.6 Ovládání

Ovládání modelu je umožněno dvěma způsoby. U akvária je umístěno systémové tlačítko s termostatem pro možnost řízení v kanceláři. Tento způsob je vhodný především pro obyvatele místnosti či případné návštěvy. Tlačítkem lze ovládat základní funkce, jako osvětlení, filtrace a vzduchování. Zároveň je na displeji zobrazován aktuální čas, teplota v místnosti a také teplota v akváriu. Jeho podobu lze vidět na obrázku 12.

Pro komplexní ovládací funkce je vytvořena webová vizualizace přístupná pouze díky internetovému připojení na jakémkoliv počítači, tabletu nebo mobilním telefonu. Samotná vizualizace je podrobněji popsána v 4.2 *Vizualizace pro PC a tablet*, v níž je uveden i postup vytváření a popis jednotlivých funkcí.



Obr. 12: Systémové tlačítko



4.4.7 Videopřenos

Pro přenos videozáznamu do vizualizace, vytvoření živého vysílání na youtube kanálu i spořiče obrazovky je využíváno IP kamery EDIMAX IC-3140W. Ta je bezdrátově připojena k místní Wi-Fi síti a neustále vysílá záběr na přední stranu akvária. Kamera je vybavena snímačem CMOS 1 Mpix s rozlišením až 1280x720. Pro vizualizaci je však využíváno polovičních hodnot. Pro projekt je dále využíváno záběrů ve formátu MJPEG o frekvenci 25 snímků za sekundu a nastavené nejvyšší kvalitě záznamu i nočního IR přísvisitu. Kamera dále nabízí možnosti detekce pohybu i zvuku, přičemž umožňuje jeho obousměrný přenos. Tyto funkce však nejsou využívány vzhledem k umístění modelu a jeho využívání.

4.4.8 Měření spotřeby energie

V prezentačním modelu jsou celková spotřeba energie a další aktuální hodnoty měřeny dvěma způsoby. Prvním z nich je získávání hodnot dílčích spotřeb na jednotlivých zařízeních, jako je osvětlení, vytápění, filtrace, krmení a vzduchování. Spínací akční člen, který slouží k ovládání těchto prvků, umožňuje měřit spotřebu energie v kWh.

Spotřeba celého modelu je měřena elektroměrem PRO1-Mod s komunikačním rozhraním Modbus RS485. Zařízení je připojeno k jednotce SpaceLYnk, čímž lze zobrazit měřené hodnoty ve vizualizaci. Uživatel tak může vidět aktuální hodnoty napětí, proudu, frekvence, celkového příkonu a celkové spotřeby energie modelu.

4.4.9 Kontrola funkcí a mezních hodnot

V modelu jsou kontrolovány hodnoty průtoku filtru, zaplavení, teploty vody v akváriu, filtraci i místnosti a také pH. Systém je nastaven tak, aby upozornil uživatele na vyskytnutý problém či havárii.

Vzhledem ke skutečnosti, že akvárium není umístěno na přímém slunečním záření a je vytápěno pouze jednoduchým a méně výkonným topítkem, není teplota vody brána jako riziková. Naměřené hodnoty jsou tak spíše informativní. Pro jistotu je však nastaveno upozornění na překročení hodnoty 30 °C a pokles pod 22 °C. Ve vizualizaci je při této situaci zobrazena textová zpráva s příslušnou informací. Zároveň je odeslán e-mail na adresu administrátora.



Stejným způsobem je řešena kontrola pH. Radikální změna její hodnoty není bez přímého zásahu člověka příliš reálná. Jedná se tedy o stejný případ jako u teploty. Mezní hodnoty pH jsou nastaveny na 4,5 a 9.

O havárii lze mluvit pouze v případě vytékání vody a zaplavení kanceláře. Pro tento případ je v modelu umístěn průtokový senzor pro indikaci funkce filtru a zároveň senzor zaplavení. V případě vytékání filtru čidlo sepne a ve vizualizaci je zobrazeno upozornění o havárii vody, přičemž je zároveň odeslán e-mail. V nadcházejících úpravách dojde k přidání 3G modulu pro odesílání SMS zpráv.



5 KNX přístroje

Jak již bylo uvedeno v podkapitole 4.2.3 *Rozvaděčové přístroje*, jedná se rozvaděčová zařízení, jako je napájecí zdroj KNX, systémové tlačítko s termostatem, spínací akční člen a analogové vstupy od společnosti Schneider Electric s.r.o., binární vstupy a teplotní senzor od výrobce MDT Technologies a analogové výstupy vyrobené společností Albrecht Jung. Aby tyto přístroje mohly být oficiálně uznány za KNX produkt, musejí splňovat hned několik podmínek.

Každé ze zařízení musí být certifikováno samotnou asociací KNX, která nastavila postup certifikace a který sama provádí. Touto cestou chce docílit vytvoření obchodní značky na základě té nejvyšší kvality a také zaručení systémové kompatibility veškerých produktů KNX. Pro získání KNX certifikace je potřeba, aby přístroj splňoval následující podmínky. První z nich je systém řízení kvality dle ISO 9001. [35] Jedná se o normu, která stanovuje mezinárodní požadavky pro systém řízení kvality. [36]

Dále musí splňovat normu EN 50090-2-2, jež uvádí požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu, elektrickou bezpečnost a podmínky okolního prostředí zařízení. Případné splnění podmínek uvedeného standardu lze dokázat pomocí CE shody. [35]

Třetí podmínkou je splnění části 3. a 6. KNX požadavků, v nichž byl prvotně umístěn list nástrojů a charakteristik protokolu. Ten byl následně vyměněn a na jeho základě došlo k sepsání konkrétních přípustných profilů. [35]

Poslední položkou na seznamu požadavků je vzájemná spolupráce s využitím standardních datových typů i samostatně vytvořených funkčních bloků. [35]

Pokud zařízení splňuje všechny uvedené podmínky, může být produkt certifikován na příslušném oddělení Asociace KNX, čímž získá obchodní značku KNX. Po registraci je žadatel ještě povinen do 6 měsíců dodat informaci o vyzkoušení příslušného zařízení. K tomu slouží hned několik akreditovaných zkušeben, kde je možné vyzkoušet vzájemnou spolupráci prvků rozličných výrobců. V momentě, kdy asociace obdrží všechny potřebné dokumenty, zahrnující zkušební protokoly o systému a vzájemné spolupráci a certifikaci hardware, vydá žadateli certifikát opravňující k využívání značky KNX u příslušného zařízení. Celý proces je podmíněn poplatkem, jenž je dle kategorií předmětu registrace ve výši 75 až 600 €. [35]



5.1 ETS

Softwarový nástroj ETS slouží ke konfiguraci a projektování instalací vybavených systémem KNX, který je funkční pouze na systému Windows. Tento program je dostupný v několika verzích lišících se od sebe pouze počtem přístrojů, jež je možné programovat v jednom projektu. Je tedy dostupná i bezplatná verze, ve které lze konfigurovat pouze 5 zařízení. Tento projekt byl vytvořen za pomoci ETS5 Lite, pro maximální počet 20 jednotek v projektu. [37]

5.1.1 Popis

V rámci projektu bylo využito nejnovější verze ETS5. Po spuštění programu se otevře okno se základní nabídkou, kterou představují 4 hlavní záložky. Primárně je zobrazen přehled projektů nacházejících se v rozličných částech zpracování a také novinky v oblasti KNX produktů a instalací. Druhou záložkou je Sběrnice, kde lze nastavit konfigurační rozhraní mezi instalací a počítačem, sledovat telegramy vysílané jednotlivými systémovými prvky a provést diagnostiku sběrnice. Záložka Katalogy umožňuje importování a následné zobrazení produktových katalogů od různých výrobců KNX zařízení. Poslední oblastí je Nastavení. Zde se nachází prostor pro konfiguraci základních parametrů programu, jako je podoba uživatelského rozhraní, jazyk, řešení problémů, správa projektu nebo klávesové zkratky.

Po otevření jednoho z projektů je zobrazeno pracovní prostředí pro provádění jednotlivých konfiguračních úkonů. Základní oblasti programování probíhají na úrovni budovy, skupinových adres, topologie a přístrojů. Prostor lze rozřadit do několika horizontálních či vertikálních oblastí v závislosti na lepší přehlednosti a orientaci při konfiguraci.

Mezi jednotlivými záložkami je stejně jako v základním prostředí možnost spuštění diagnostiky. Dále je zde možné vyhledat funkce exportu do různých formátů, základních editačních úkonů nebo možností týkajících se nahrávání parametrů přístrojů na sběrnici. Podrobnější popis jednotlivých funkcí je uveden v následující kapitole.



5.1.2 Funkce ETS a postup konfigurace

Základním prvkem konfigurace je vytvoření struktury projektu na úrovni budovy. Program umožňuje vytvoření a pojmenování budovy, jejích částí, jednotlivých podlaží i schodišť, místností nebo chodeb a nakonec i rozvaděče. Ke všem těmto prvkům lze přiřadit popis a označení pro lepší orientaci při konfiguraci.

Druhým krokem by mělo být nahrání aplikačních programů jednotlivých přístrojů připojených na sběrnici a přiřazení jejich individuální adresy. Základním zařízením, které je u všech instalací totožné, je napájecí zdroj pro sběrnici KNX. Přestože není možné na tuto jednotku cokoli nahrát, doporučuje se ji také importovat do projektu. Pro rozsáhlejší instalace jsou potřebné oblastní a liniové spojky, jež se v seznamu také musejí objevit, i když pro ně platí totéž jako pro zdroje. Důležitým prvkem je rozhraní pro konfiguraci, které je po nahrání do seznamu možné vyhledat na záložce Sběrnice. Import ostatních přístrojů, jež tvoří akční a snímací zařízení, je značně individuální a při volbě záleží čistě na zadaném projektu.

Dalším konfiguračním krokem je vytvoření topologie, což představuje vytvoření oblastí a linií. Ty nejjednodušší instalace mohou nabývat pouze jedné oblasti i linie. Maximálně je však možno vytvořit až 15 oblastí, přičemž každá může pojmout 15 linií s 64 účastníky. Dohromady je tedy ve standardní topologii bez liniových opakovačů možno instalovat až 14 400 účastníků. S liniovými opakovači je počet navýšen téměř na 58 000.

Nakonec je potřeba založit skupinové objekty, které zajišťují provázanost jednotlivých zařízení při komunikaci. Tento komunikační objekt je možné vytvořit ve třech formách. Volná úroveň umožňuje vytvoření vlastního uspořádání jednotlivých adres. Častěji se však využívá dvou úrovnových, jež mohou obsahovat hlavní skupinu o hodnotách 0-31 a podskupiny 0-2 047, nebo tří úrovnových objektů s rozdílem, že podskupiny jsou rozděleny na střední s označením 0-7 a podskupiny 0-255. Rozdíl mezi individuální a skupinovou adresou je jak ve způsobu zapisování, tak samozřejmě i ve funkci. Individuální adresa je jedinečná, zapisuje se ve formátu X.X.X a slouží k identifikaci přístrojů na sběrnici při nahrávání aplikačních a parametrizačních dat. Skupinová adresa slouží jako komunikační objekt, přičemž je pro každou funkci vytvořena jiná adresa, která je přiřazena požadovaným přístrojům. Je zapisována ve formátu X/X/X a při odeslání telegramu s touto adresou je zaručeno, že doputuje pouze k přístrojům, jenž mají tento objekt přiřazen.



Další důležitou funkcí je diagnostika, která je využívána především ke kontrole projektu a řešení případných problémů. Je zde možnost monitorování událostí provedených na sběrnici. Lze tak zjistit, ze které individuální adresy a kam putují určité telegramy či jaké mají vlajky, datový typ nebo hodnotu. Dále je umožněno odehrání přístroje nebo načtení přístrojové informace za pomoci individuální adresy. Tu lze také ověřit pomocí jedné z funkcí, s jejíž pomocí je možné rozblíkat LED diodu příslušného přístroje. V případě, že se k instalaci dostaneme již v hotové instalaci, dokáže program naskenovat linii a zobrazit zařízení připojená ke sběrnici spolu s jejich individuálními adresami.

5.2 Postup programování

V programu ETS5 byl vytvořen projekt s názvem DP – Akvárium a přednastavením skupinových adres na 3 úrovně. Stav projektu byl nastaven na editaci pro zpřehlednění úrovně zpracování.

Nejprve byla vytvořena struktura kancelářské budovy, ve které se akvárium nachází. Postup tvorby byl totožný s tím, jenž je běžně prováděn při realizaci reálné budovy. V projektu je tedy přítomna samotná budova, konkrétní podlaží i specifická kancelář, v níž je umístěn rozvaděč R-A náležící modelu. V tabulce 1 jsou vypsána všechna zařízení připojená ke sběrnici, jejich individuální adresa a také umístění v rámci struktury. Vizualizační jednotka SpaceLYnk mezi nimi chybí, jelikož není dostupný její aplikační program. Přístroj však v této fázi slouží pouze jako rozhraní a není tedy nutná jeho integrace v projektu ETS.

Tab. 1: Individuální adresy přístrojů

Individuální adresa	Název	Umístění
1.1.-	Napájecí zdroj KNX	Rozvaděč R-A
1.1.1	Dvoutlačítko s termostatem	Kancelář 403
1.1.2	Binární vstupy	Rozvaděč R-A
1.1.3	Spínací akční člen	Rozvaděč R-A
1.1.4	Analogové výstupy	Rozvaděč R-A
1.1.5	Analogové vstupy	Rozvaděč R-A
1.1.6	Teplotní senzor	Rozvaděč R-A



Dalším krokem bylo vytvoření topologie instalace. Zde je důležité určit složitost projektu a také počet využitých přístrojů. Jelikož je model akvária v tomto ohledu velmi jednoduchý, byly vytvořeny 4 hlavní skupiny s názvy Hlavní ovládání, Elektroměr – Modbus, Počasí a Dummy.

Nakonec bylo potřeba založit skupinové adresy a přiřadit je konkrétním přístrojům. Jak již bylo zmíněno, na začátku projektu byl vybrán způsob vytváření v tří úroňové formě v podobě X/X/X. Na první pozici adresy je číslo reprezentující skupinu. V případě skupiny Hlavní ovládání je přiřazena 0. Druhá pozice připadá střední skupině. Je doporučováno tyto skupiny vytvořit tak, aby obsahovaly jednotlivé funkční oblasti v instalaci. Jejich seznam je v tabulce 2. Vzhledem k velkému počtu jsou na obrázku 13 jako příklad uvedeny skupinové adresy spadající pod osvětlení. Přiřazení k jednotlivým přístrojům je v tomto případě otázka pouhého přetažení adresy na konkrétní zařízení.

Skupinové adresy	Adresa	Název	Popis	Centrá	Proch	Datový ty	Délka	Č. přiř	Poslední hod
Dynamické záložky	0/0/1	DIM - Zářivky		Ne	Ne		4 bit	1	
0 Hlavní skupina	0/0/2	Červená		Ne	Ne		1 byte	1	
	0/0/3	Modrá		Ne	Ne		1 byte	1	
0/0 Osvětlení	0/0/4	Zelená		Ne	Ne		1 byte	1	
0/1 Jističe	0/0/5	ON/OFF - LED		Ne	Ne		1 bit	2	
0/2 Energie	0/0/6	Status - DIM Zářivky		Ne	Ne		1 byte	1	
0/3 Zásuvky	0/0/7	Status - Zelená		Ne	Ne		1 byte	1	
0/4 Senzory	0/0/8	Status - Červená		Ne	Ne		1 byte	1	
0/5 Datum a čas	0/0/9	Status - Modrá		Ne	Ne		1 byte	1	
0/6 Časová spínání	0/0/11	DIM - Modrá		Ne	Ne			0	
	0/0/12	DIM - Green		Ne	Ne			0	
0/7 Centrální funkce	0/0/13	DIM - Red		Ne	Ne			0	
	0/0/16	ON/OFF - LED časovač		Ne	Ne		1 bit	1	
	0/0/17	Status - Zářivky		Ne	Ne		1 bit	1	
	0/0/18	Status - LED		Ne	Ne		1 bit	1	
	0/0/23	Červená - scény		Ne	Ne		1 byte	1	
	0/0/24	Modrá - scény		Ne	Ne		1 byte	1	
	0/0/25	Zelená - scény		Ne	Ne		1 byte	1	

Obr. 13: Příklad skupinových adres pro řízení osvětlení

Tab. 2: Seznam skupinových adres střední úrovně pro Hlavní ovládání

Adresa	Název	Adresa	Název	Adresa	Název
0/0/	Osvětlení	0/1/	Jističe	0/2/	Energie
0/3/	Zásuvky	0/4/	Senzory	0/5/	Datum a čas
0/6/	Časová spínání	0/7/	Centrální funkce		



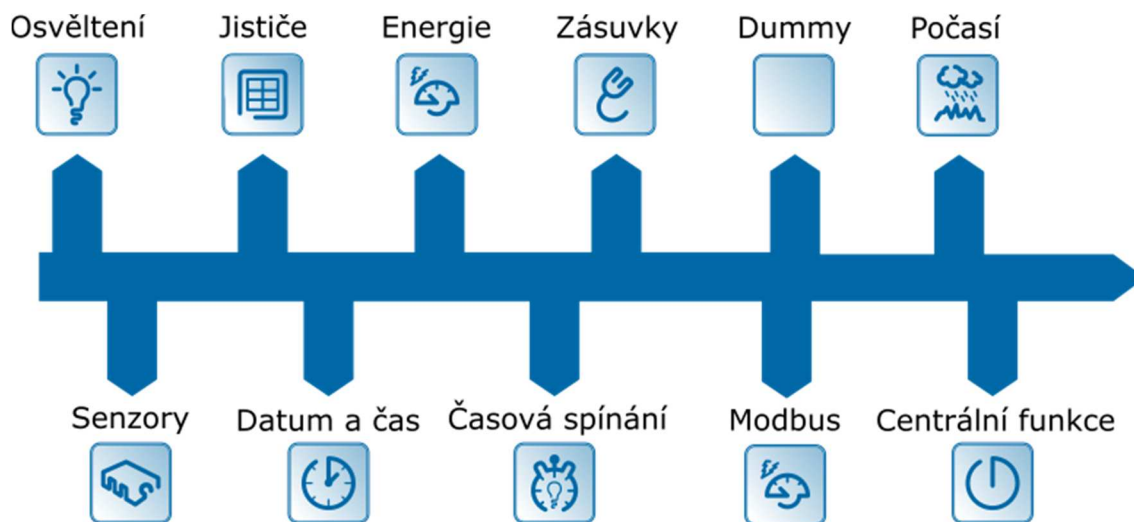
Pro elektroměr s Modbus komunikací byla vytvořena speciální skupina s pořadovým číslem 1. Hodnoty měřené tímto zařízením nejsou nijak využívány v rámci programu ETS5 ani při běžné komunikaci mezi jednotlivými přístroji. Elektroměr komunikuje přímo s vizualizační jednotkou SpaceLYnk, v jejímž parametrizačním prostředí byl vytvořen konkrétní Modbus profil obsahující příslušné registry. Skupinové adresy rozdělené ve středních skupinách Měření a Ostatní tak nejsou propojeny s žádnými komunikačními objekty ostatních přístrojů. V ETS5 je však tato skupina i přesto vytvořena, aby nedošlo k přiřazení skupinových adres 1/X/X, které již ve SpaceLYnku patří elektroměru, objektům nově přidaných i stávajících zařízení.

Stejně je tomu i u skupin 5 a 6 s názvem Počasí a Dummy. Předpověď počasí, jež je podrobněji popsána v kapitole *6.2.4 Předpověď počasí*, je získávána ze serveru openweather.com. Pro porovnání hodnot a informačních možností byl přiřazen také skript pro yahoo.com, jež je však při běžném provozu modelu zakázán. Jednotlivé informace jsou přiřazovány konkrétním skupinovým objektům vytvořených v konfiguračním prostředí SpaceLYnku. V ETS jsou rozřazeny do 6 středních skupin, přičemž 5 z nich je určeno pro první jmenovanou možnost v rámci předpovědí na jednotlivé dny. I z tohoto rozložení je patrné množství informací, jež je možno získat z jednotlivých serverů. Hlavní skupina Dummy obsahuje pouze jednu střední skupinu a 13 skupinových objektů, které slouží k vnitřním řídicím operacím. Jedná se především o objekty pro spouštění vyskakovacích oken s informacemi ohledně společnosti, rozvrhu pro krmení či scénami pro LED RGB panel. Zároveň jsou některé z nich svázány například s ovládáním zavlažování trávníku v modelu domu popsaném v kapitole *6.2.11 Ilustrativní zapojení modelu* nebo s prvky, u nichž je zapotřebí nejdříve prověřit současný stav daného objektu. Příkladem může být krmení, u kterého je nutné prověřit, zda je v daný okamžik krmení povoleno a jestli už nebylo provedeno.

V této fázi je vše připraveno k nahrání a spuštění celého systému. Toho lze dosáhnout několika způsoby. Vždy je však potřeba u jednotlivých zařízení stisknout programovací tlačítko pro nahrání individuálních adres. Poté je možné nahrávat aplikační programy i bez popisovaného stisku. Tento krok byl posledním před samotným užíváním a ovládáním systému.



Na obrázku 14 je uvedeno liniové schéma systému, který podrobněji popisuje topologii, uspořádání a rozřazení skupinových adres.



Obr. 14: Liniové schéma systému KNX

5.3 Parametrizace KNX přístrojů

V systému je přítomno celkem 7 KNX přístrojů. Napájecí zdroj však není potřeba parametrizovat, proto bude v této části uvedena pouze 6 z nich. Prvním je s individuální adresou 1.1.1 systémové tlačítko s termostatem, jehož umístění se v ETS nachází v rámci budovy v kanceláři. Jedná se o 4 tlačítkovou jednotku, tudíž lze stiskem jednotlivých polí ovládat 4 funkce. Příslušné segmenty slouží ke spínání zářivek, RGB LED panelu, vzduchování a filtraci. V obecném nastavení zařízení je možné upřesnit například formát přijímání aktuálního času a data, jenž je získáván ve dvou samostatných komunikačních objektech, či formát času odesílaného. Následně lze upravit vlastnosti zobrazení displeje. Jedná se především o výběr módu, který určuje, jaké informace budou na obrazovce dostupné. Z předem nastavených formátů byla vybrána možnost zobrazení externí teploty, jež představuje teplotu vody v akváriu, aktuální teploty měřené termostatem a času. Dále byl určen rytmus výměny výše uvedených hodnot na 5 s, či 24 h způsob uvedení času. Funkci jednotlivých tlačítek lze nastavit dle potřeby z možností přepínání, spínání, stmívání, ovládání žaluzií či scén. Pro všechna tlačítka byl v modelu nastaven režim přepínání, který umožňuje střídavé vysílání skupinových objektů s užitečnou hodnotou 1 a 0. Jelikož tlačítko slouží pouze k místnímu ovládání a nejedná se o primární možnost k řízení modelu, jsou všechny tyto parametry dostačující. Při plném využití tohoto zařízení však lze nastavit například možnost určování požadované teploty



dle zvolených operačních módů, blokování jednotlivých funkcí, ochranu proti přehřátí či chladu, ovládání větrání, vytápění a chlazení spolu se zasíláním zpětných informací o stavu jednotlivých úkonů.

Parametrizace jednotky binárních vstupů oproti systémovému tlačítku nenabízí tolik možností. Vzhledem ke schopnosti informování o stavu jističů a dalších ochranných prvků je však velice důležitým prvkem instalace. Základním krokem při nastavování funkcí je určení účelu pro jednotlivé kontakty. Lze totiž využívat 2 sousední kanály jako celek či každý zvlášť, což je využito v případě této instalace. Všechny vstupy kromě 3 rezerv mají funkci spínání. S náběžnou hranou signálu je vyslán objekt s hodnotou 1, s doběžnou hranou je tomu přesně naopak. U tohoto zařízení je také možné nastavit chování jednotlivého kontaktu v případě výpadku a následného obnovení dodávky energie. U binárních vstupů se však nejedná o příliš důležitou funkci. Tato možnost je užitečná pro spínací akční člen, jehož parametrizace je popsána níže.

Nejvíce možností pro konfiguraci z celé instalace nabízí spínací akční člen. Stejně jako u všech předchozích přístrojů je první parametrizační skupinou všeobecné nastavení. V této sekci lze povolit centrální a bezpečnostní funkce, které jsou pro akvárium zablokovány. Zároveň je nastaven časový interval pro odesílání informace o stavu přístroje na 30 s i pokyn k odeslání aktuálního stavu po výpadku a obnovení dodávky energie. Mimo jiné lze nastavit i priority, jakými jsou bezpečnost, blokování a ostatní logika, mezi nimiž je možné určit vzájemný poměr. Jelikož jsou aplikační programy v některých případech určeny pro zařízení s rozdílným počtem kontaktů, je potřeba zvolit, o jaký produkt se v tomto případě jedná. Po výběru příslušného počtu výstupů byl nastaven operační typ každého z nich na spínání. Chování každého kontaktu je nastavováno na individuálních záložkách. Základními parametry je mód spínacího relé, kterému bylo ve všech případech nastaveno spínání kontaktu, způsob a hodnota informačního objektu, jenž je odeslán při každé změně provedené po sběrnici i manuálně a obsahuje hodnotu 1 pro sepnutý stav či 0 pro vypnutý. Dále je také povoleno nastavení chování při výpadku proudu nebo přesněji při jeho obnovení. Jeho parametry se určují na samostatné záložce. Mimo této funkce lze povolit také centrální, bezpečnostní chování, detekci průtoku proudu nebo čítač. Pro využití v modelu je povolena pouze detekce proudu, která je využívána k měření spotřeby energie na jednotlivých zařízeních. V praxi se však nabízí možnost využití například čítače, jenž umožňuje snímat počet sepnutí konkrétního relé či dobu, po níž byl kontakt sepnut. Takto je možné například získat informaci



ohledně doby puštění televize. Jak již bylo zmíněno výše, chování po výpadku proudu je velmi důležitým parametrem a lze jej nastavit pro každý výstup zvlášť. U funkcí jako jsou zářivky, filtrace a vytápění potřebujeme, aby po delší nefunkčnosti byly okamžitě po obnovení dodávky energie sepnuty. Naopak LED panel, vzduchování i krmení může zůstat vypnuto, jelikož jejich funkce není přímo závislá na kvalitě prostředí akvária. Mezi další nastavitelné funkce patří například schodišťové spínání, které umožňuje sepnutí na určenou dobu. Toho je využito při řízení krmícího zařízení, čímž je docíleno jednoho otočení nádoby pro jeden povel. U vytápění je naopak dostupná funkce blokace, která udržuje zařízení vypnuté i v případě, že je požadavek na topení.

Další z KNX prvků je jednotka analogových výstupů, u něhož je možné určit typ signálu, který je přiveden na příslušné kontakty. Pro využití v modelu byly všechny výstupy nastaveny pro 0 - 10V. Lze však vybírat z možností 0 – 1 V, 0 – 20 mA a 4 – 20 mA. U každého z kontaktů byl následně mimo jiné nastaven datový typ 8 Bit či chování po výpadku proudu na obnovení předchozího stavu. Tato jednotka slouží pouze k ovládání barev na RGB LED panelu, jelikož každá z barev přísluší individuálnímu výstupu. Čtvrtý z kontaktů je určen jako rezerva.

Obdobným zařízením je jednotka analogových vstupů, jež obsahuje podobné parametrizační možnosti. Totožná je volba typu signálu přiváděného ke kontaktům i nastavení datového typu převáděné hodnoty. Jelikož je přístroj využíván k převodu signálu získaného z pH převodníku pro měření hodnoty pH v akváriu, je zvolena možnost měření mezních hodnot a případného odeslání telegramu s informací o jejich překročení. Zbylé 3 vstupy jsou ponechány jako rezerva pro případné využití k měření dalších hodnoty kvality prostředí, jako je obsah CO₂, dusíku či amoniaku.

Posledním KNX prvkem v instalaci je jednotka teplotních vstupů, na kterou jsou přivedeny dva teplotní senzory Pt1000. V rámci obecných vlastností jsou nastaveny mezní hodnoty teplot pro ochranu proti mrazu a přehřátí na 7 a 35 °C. Pro jednotlivé kontakty jsou určeny další individuální parametry. Změna hodnoty pro odeslání telegramu je nastavena na 0,1 K. Lze využít také cyklického odesílání hodnot v nastaveném intervalu. To však pro využití v řízení modelu není přínosné. Hodnotnou funkcí je však kontrola mezních teplot, jež jsou pro senzor umístěný v nádrži nastaveny na 22 a 28 °C.



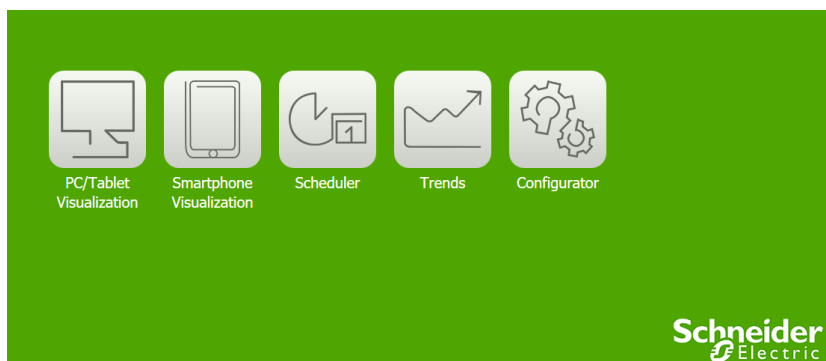
6 Vizualizace řízení

Základním ovládacím prvkem modelu je webová vizualizace dostupná na počítači, tabletu či mobilním telefonu připojeným na k internetové síti. V následujících kapitolách je postupně popsán konfigurační nástroj SpaceLYnk i postup vytváření vizualizace pro projekt inteligentního ovládání akvária dostupné na www.intelligentniakvarium.cz.

6.1 SpaceLYnk

Tvorba vizualizace probíhala na zařízení SpaceLYnk od společnosti Schneider electric s.r.o. Kromě toho slouží v instalaci také jako rozhraní mezi KNX a počítačem. Lze se k němu připojit přímo pomocí UTP kabelu i bezdrátově po připojení k wifi routeru. Kromě toho obsahuje svorky pro připojení zařízení ModBus s komunikačním rozhraním RS232 a RS485 i USB konektor. Na trhu existuje také verze s omezenými parametry i nižší cenou, která se nazývá HomeLYnk. Rozdíly jsou především v oblasti připojitelných zařízení. U HomeLYnku je možno připojit maximálně 10 ModBus zařízení, exportovat 150 objektů na BACnet server a vytvořit přístupy pro 8 uživatelů. SpaceLYnk v tomto ohledu není prakticky nijak omezen.

Ke konfiguraci slouží webové rozhraní. Po zadání IP adresy do prohlížeče se zobrazí úvodní strana s rychlým přehledem záložek, která je zobrazena na obrázku 15. Pod první volbou se nachází zobrazení vytvoření vizualizace pro PC nebo tablet. Na druhé pozici je pak formát pro mobilní telefon. Dále je možné přejít na záložku časových plánů, kde je lze přednastavit chování jednotlivých zařízení v závislosti na dni v týdnu, konkrétním datu či svátku. Čtvrtou volbou jsou grafy trendů, kde lze například zobrazit vývoj teploty, spotřeby energie i spínání konkrétního tlačítka. Vše je dáno použitými skupinovými adresami. Posledním v řadě je tlačítko pro přechod na samotnou konfiguraci.



Obr. 15: Úvodní strana konfiguračního prostředí SpaceLYnk



Pod položkou konfigurace se nachází oblast zaměřená na nastavení a personalizaci příslušné vizualizace. Prostředí je opět tvořeno několika hlavními záložkami, přičemž každá zahrnuje jiné funkční možnosti. První z nich je „Utilities“, kde se mimo jiné nachází tlačítko pro import ESF souborů, resetování a vyčištění systému, resetu do továrního nastavení, nastavení času a data, instalování aktualizací, zálohování a jejího nahrání, generální a vizualizační konfigurace a také nastavení systému.

ESF soubory slouží k hromadnému nahrání skupinových adres z programu ETS, kde je umožněn export do tohoto formátu. U složitých projektů tak dochází k ušetření času, jelikož není nutné přepisovat stovky hodnot ručně. Pomocí funkce reset a vyčištění lze z přístroje vymazat pouze některé nepotřebné prvky. Naopak reset do továrního nastavení uvede zařízení do původního stavu. Zálohování dat je velice vhodnou funkcí s ohledem na uložení průběžného stavu konfigurace a případnému návratu k této verzi. Dále je možné vytvořený soubor nahrát na jiné zařízení, ať už HomeLYnk nebo SpaceLYnk. Generální konfigurace zahrnuje nastavení jazyku, v němž bude text přeložen, zadání automatické hodnoty skupinového objektu, která bude zadávána při vytváření nové adresy nebo zapnutí či vypnutí sledovače sběrnice pro automatické vytváření skupinových adres. Hromadné nastavení pro vizualizaci umožňuje volbu chování, což představuje zejména barvu nebo obrázek na pozadí, schování či ukotvení postranního panelu, rotaci stránky v závislosti na natočení displeje zařízení i formát písma se ztmavením obrazovky po určité době nečinnosti. Nakonec je možné nastavit také KNX propojení, uživatelské a administrátorské přístupy či vzdálený přístup k systému.

Druhou hlavní záložkou jsou Objekty. V tomto oknu se nachází tabulka s vytvořenými nebo importovanými skupinovými objekty. Primárně jsou zobrazeny informace, jako je adresa, název, přiřazený skript, datový typ, aktuální hodnota, záznam a export aktivity nebo záložky. Ty slouží jako označení více skupinových adres, které lze následně ovládat jedním skriptem. Příkladem může být ovládání RGB barev u LED panelu. Dále je zde možné nastavit zmíněné hodnoty i po založení objektu, nastavení aktuální hodnoty a vytvoření vlastní interpretace výsledků. V levé části se pak nachází filtr pro zpřehlednění seznamu a také ulehčení vyhledávání.

V případě, že má některý z objektů zatržené pole pro zaznamenávání aktivity, jsou tyto informace zobrazeny na třetí záložce. Ta obsahuje kompletní informace o jednotlivých úkonech spojených s konkrétní skupinovou adresou. Zaznamenává tak příslušný čas a datum,



adresu, typ provedené činnosti, jako je zápis nebo čtení, adresu zdroje, název objektu, vyslanou hodnotu a datový typ.

Další záložky slouží pro tvorbu časových plánů, grafů struktury a podoby samotné vizualizace. K tomu náleží okno Grafika, kam lze nahrávat grafické podklady, jako obrázky na pozadí či ikony.

Pro zajištění potřebných funkcí vizualizace slouží skriptování, které je možné vytvořit v několika variantách. Základní možností jsou událostní skripty svázané se spuštěním konkrétního objektu. Následují cyklické a časové skripty, jejichž funkce je prováděna opakovaně v nastaveném intervalu či v předem určeném čas, který může představovat minuta, hodina, den i svátek. Zbylé možnosti slouží spíše jako podpora při vytváření skriptu.

SpaceLYnk obsahuje ještě možnosti vytvoření uživatelských přístupů, integrování Modbus a EnOcean zařízení. Zároveň umožňuje zobrazení výstrah, záznamů ze skriptů a chyb. Poslední záložkou jsou informace o produktu, kde lze získat návod k použití a instalaci nebo odkaz na takzvané application notes, což jsou návody k vytváření složitějších funkcí přímo od výrobce Schneider Electric s.r.o.

6.2 Vizualizace PC a tablet

Pro ovládání modelu byla vytvořena vizualizace, jež byla navržena s ohledem na již funkční a v praxi využívané řídicí prostředí. Primárně se obrazovka dělí na plochu s hlavními informacemi a 2 lištami, které se ve všech obrazovkách opakují.

6.2.1 Centrální funkce

Spodní lišta obsahuje odkazy na menu jednotlivých centrálních funkcí, mezi které lze zařadit binární vstupy, předpověď počasí, vytápění, osvětlení, filtraci a vzduchování, elektroměr, záběry z kamer, stavy přístrojů a ilustrativního schématu domu. Postranní lišta zahrnuje informace nepřímo spojené s ovládáním akvária. Jedná se o informace o společnosti BACS s.r.o., odkaz na grafy naměřených hodnot, tlačítko pro návrat na hlavní obrazovku a také vyskakovací okno s videopřenosem. Pro všechna okna je společné také tlačítko s informacemi ohledně použití, které je umístěno v levém horním rohu. Podoba obou lišt je zobrazena na obrázku 16. V záhlaví stránky jsou kromě loga firmy dostupné odkazy na

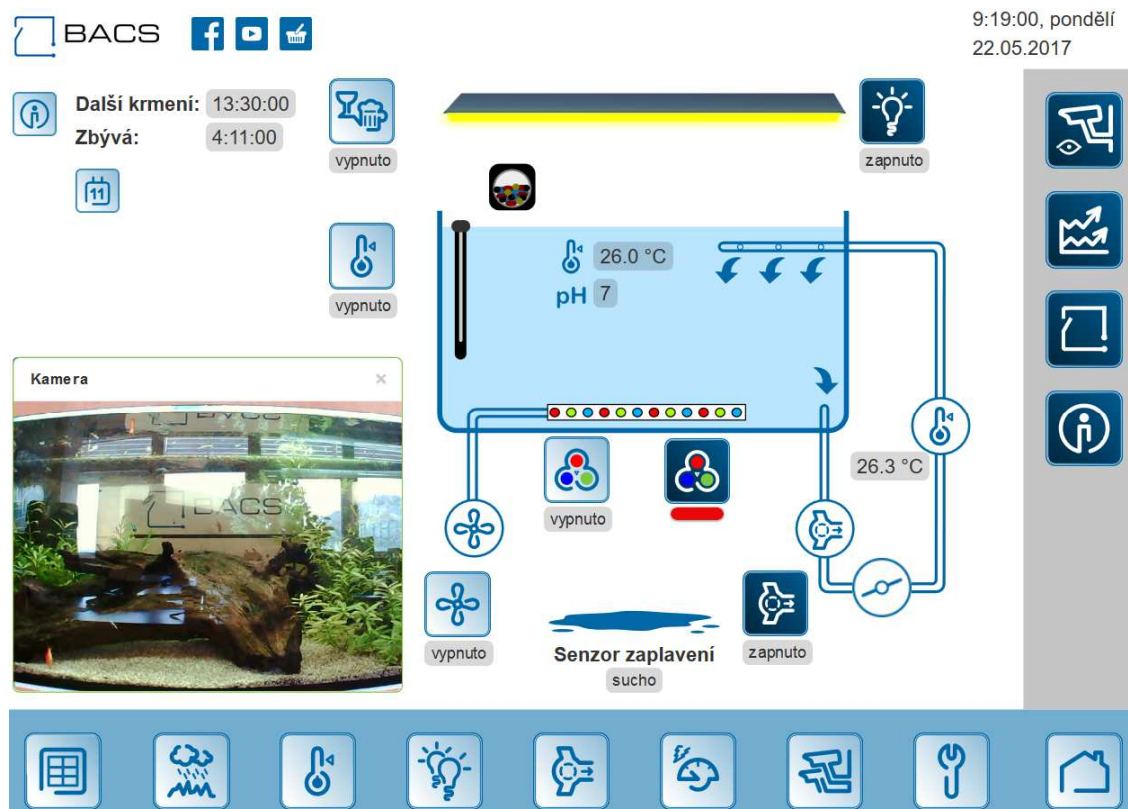


sociální sítě společnosti, jako Facebook a Youtube, dále odkaz na stránku e-shopu KNXstore a také aktuální čas a datum.

6.2.2 Hlavní obrazovka

Primární obrazovka na obrázku 16 je tvořena schématem se základními ovládacími tlačítky, mezi které patří spínání zářivek, LED panelu, vytápění, filtrace, krmení a vzduchování. Zároveň jsou zobrazeny měřené teploty v nádrži a filtraci a pH vody. V levé části obrazovky je umístěn čas následujícího krmení, jeho odpočet i časový plán krmení. Pro sledování jednotlivých příkazů je v rohu umístěn živý videopřenos z kamery.

Funkčnost jednotlivých prvků je mimo videozáběr podpořena i grafickou animací příslušných jednotek. Při sepnutém vzduchování dochází k rotaci větráku a spuštění animace bublin uvnitř akvária. Stejným způsobem funguje i filtrace, která je doplněna o informaci průtokového senzoru. Detektor zaplavení je znázorněn louží pod akváriem, do níž odkapává voda při sepnutí čidla. Grafický popis funkce zářivek a vytápění je zajištěn pomocí změny barev příslušných zařízení.



Obr. 16: Hlavní obrazovka vizualizace



6.2.3 Binární vstupy

Binární vstupy slouží především k indikaci stavu jističů, napájecích zdrojů a senzorů. Uživatel pomocí grafické ilustrace a textového popisu vidí stav jednotlivých kontaktů A-P příslušného zařízení, na které je připojena přepěťová ochrana, proudový chránič, jističe pro napájení zářivek, LED panelu, filtru, vzduchování i krmítka. Zároveň jsou uvedeny informace o zdrojích napájení KNX, 24 V DC a 24 V AC. V neposlední řadě jsou na jednotku binárních vstupů připojeny senzory zaplavení a průtoku vody ve filtru. Jednotka má zároveň rezervy pro napájení switche, rolet, senzoru hladiny vody a jeden kontakt pro zatím nespecifikované využití. Podoba okna je znázorněna na obrázku 17.



Obr. 17: Záložka binárních vstupů

6.2.4 Předpověď počasí

Přestože je předpověď počasí pro provoz a řízení akvária nepodstatná, do vizualizace byla přidána pro větší přehlednost dostupných možností u domovní instalace. Pomocí příslušného skriptu jsou pro konkrétní místo, v tomto případě Prahu, získávány informace ze serveru openweather.com. Jednotlivé hodnoty jsou přiřazeny samostatným skupinovým objektům, takže s nimi lze libovolně pracovat a využívat je například k řízení vytápění.



Záložka, viz Obr. 18, je primárně rozdělena na dvě části. Prvním blokem informací jsou aktuální hodnoty, které představují teplotu, východ a západ slunce, grafický i textový popis stavu počasí, rychlost větru, sněhové a dešťové srážky, barometrický tlak a procento zatažení oblohy. Druhým blokem je předpověď na čtyři dny, počínaje tím aktuálním. Uživatel získává navíc od části s aktuálními hodnotami informace o minimální a maximální denní, ranní, polední a večerní teplotě či vlhkosti vzduchu. K přepínání mezi jednotlivými dny slouží postranní panel, kde lze jednoduše stiskem příslušného tlačítka zobrazit konkrétní hodnoty.



Obr. 18: Záložka s předpovědí počasí

6.2.5 Vytápění

Okno Vytápění obsahuje jak informační, tak i ovládací prvky, viz obrázek 19. V levé části jsou umístěny aktuální hodnoty teplot v akváriu, filtraci, kanceláři i venkovním prostředí. Zároveň je zobrazena požadovaná teplota, která po kliknutí umožní změnu pomocí kruhového posuvníku v rozmezí 24 - 28 °C. U jednotlivých měřených hodnot je zároveň umístěno tlačítko pro zobrazení grafu vývoje za poslední 4 minuty. Ve stejném okně jsou uvedeny i informace ohledně alarmu překročení teploty. Limitní teploty jsou nastaveny na 22 a 28 °C, po jejichž dosažení se vytápění automaticky zapne, respektive vypne, a na obrazovce se



uživateli objeví informace o nastalém problému. Tato funkce navíc není nikterak závislá na aktuální činnosti uživatele na příslušném zařízení. Jedinou podmínkou je nutnost mít alespoň na pozadí otevřené okno prohlížeče s vizualizací. Při zobrazení varovné zprávy je poté okno automaticky zobrazeno.

V pravé části je pak umístěno tlačítko pro blokaci vytápění. V případě, že je vytápění odblokováno, je jeho funkce automaticky řízena dle popisu uvedeném v kapitole 4.3.3 *Vytápění*. Pokud je ve stavu zablokování, není ani při požadavku na zvýšení teploty vytápění zapnuto. Stejně jako u ostatních změn v řízení je i tato funkce omezena časovým úsekem 5 minut, po který je vytápění opět navráceno do stavu odblokováno. Zároveň je zobrazován graf aktuálního vývoje teploty v akváriu.

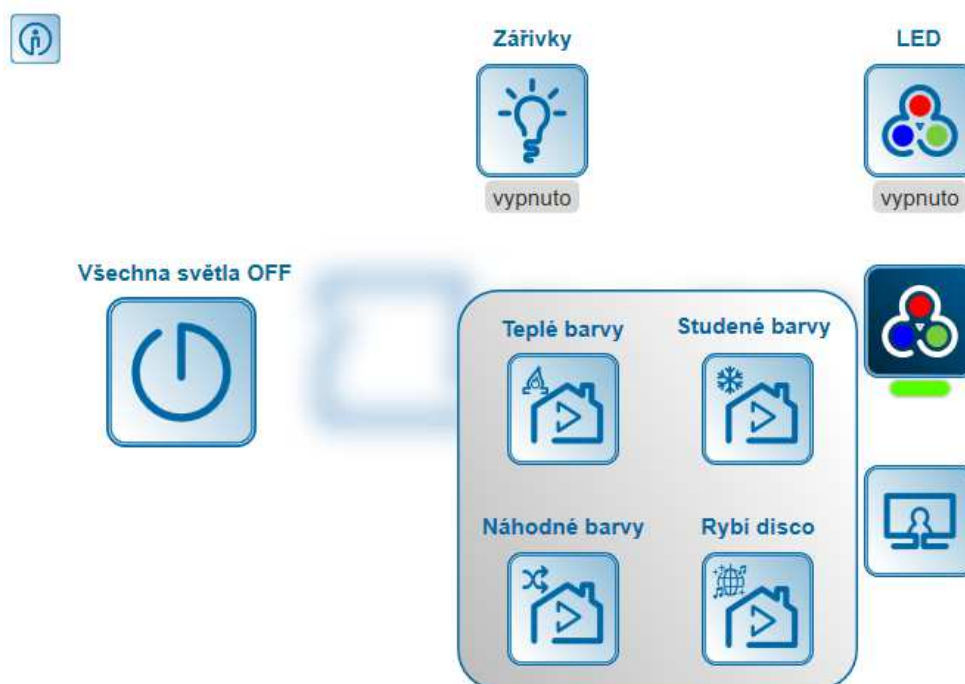


Obr. 19: Záložka s komplexním přehledem teplot



6.2.6 Osvětlení

Okno pro ovládání zářivek a LED panelu je rozděleno do dvou částí. Vlevo je umístěn centrální vypínač pro obě jednotky. Vpravo se poté nachází jednotlivé ovládací prvky zvlášť. U ovládání zářivek je dostupná pouze možnost běžného spínání. U RGB LED panelu je navíc naprogramován i výběr barev a také 4 předem nastavené scény. Uživatel má možnost vybírat z teplých, studených a náhodných barev a nakonec i scény nazvané „Rybí disco“, která způsobuje rychlé a náhodné změny barev. Podoba celého okna i scén je uvedena na obrázku 20.



Obr. 20: Záložka Osvětlení

6.2.7 Filtrace a vzduchování

Tato záložka je věnována filtraci a vzduchování. Stejně jako u osvětlení, je v levé části tlačítko pro centrální vypnutí obou zařízení. Zároveň je umožněno trvalé i časové spínání, kterým lze zapnout jednotlivá zařízení na předem nastavenou dobu. Jelikož je pro všechny funkce modelu nastaven čas pro návrat do optimálního stavu na 5 minut, může uživatel vybrat dobu trvání časového sepnutí mezi 1 až 3 minutami. V rámci této aplikace se nejedná o velmi



důležitý prvek řízení. V běžných domovních instalacích se však jeví, jak bude popsáno v následující části věnované vizualizaci pro apartmán, jako velmi oblíbená funkce pro ovládání větrání či otopných těles.

V záložce jsou taktéž umístěny informace ohledně alarmu při překročení mezních hodnot pH, které jsou nastaveny na 4,5 a 9. Pro přehlednost je zobrazena také aktuální hodnota pH. Všechny výše uvedené položky a funkce jsou uvedeny na obrázcích 21 a 22.



Alarm překročení pH:

Spodní hranice: 4,5

Horní hranice: 9

Aktuální pH: 7

Obr. 22: Záložka pro řízení filtrace a vzduchování



Obr. 21: Příklad časového spínání



6.2.8 Elektroměr

Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.3.8 *Měření spotřeby energie*, jsou v modelu měřeny energetické hodnoty dvěma způsoby. Podoba zobrazení je na obrázku 23. Prvním z nich jsou spotřeby jednotlivých systémů akvária, které jsou připojeny na spínací akční člen. Jedná se o zářivky, LED panel, vzduchování, filtraci a krmení. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v horní části okna.

Uprostřed je seznam s aktuálními veličinami celého systému, jako je napětí, proud, frekvence, účinník a příkon. Ve spodní části se pak nachází ty nejdůležitější informace pro uživatele, potažmo zákazníka. Je zde uvedena celková spotřeba energie celého systému.

U jednotlivých hodnot jsou také přítomny tlačítka pro zobrazení grafů s vývojem za poslední 4 minuty. Grafy se zobrazením všech naměřených hodnot a s možnostmi zobrazení za jednotlivý den, týden, měsíc i rok a také v porovnání s ostatními veličinami jsou dostupné v postranní liště. Všechny zobrazované hodnoty jsou měřeny od prvního spuštění spínacího akčního členu, respektive Modbus elektroměru.



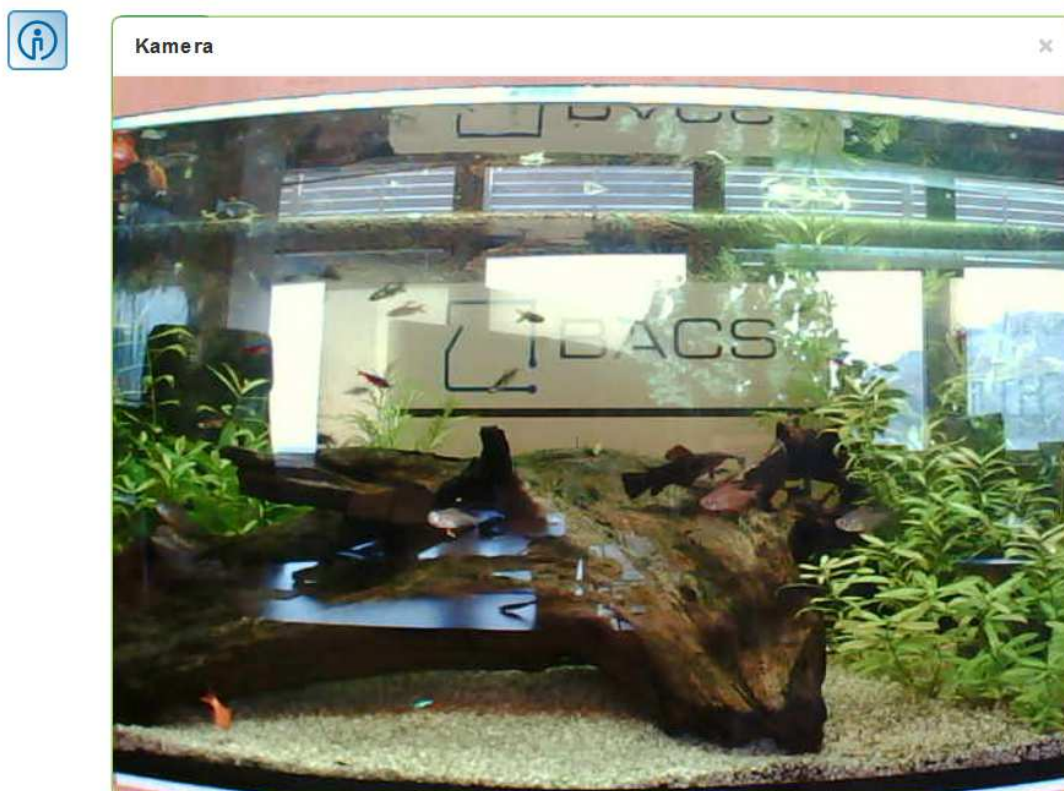
Obr. 23: Záložka spotřeby energie



6.2.9 Kamery

Záložka Kamery aktuálně obsahuje pouze videopřenos z hlavní čelní kamery umístěné naproti akváriu, který je možné vidět na obrázku 24. Záběr zahrnuje celou čelní stranu, čímž zajišťuje nejkomplexnější přehled o dění v modelu. Pro zajímavější pohled na funkci akvária bude přidána ještě podvodní kamera, jejíž záznam bude taktéž přenášen do vizualizace. Lze si tak představit, že tímto způsobem mohou být v domovní vizualizaci uvedeny videopřenosy z bezpečnostních kamer.

Záběr z videokamery je do vizualizace přenášen pomocí samostatného podokna s odkazem na internetovou stránku, na níž je přenos zobrazen samotnou kamerou. Konfigurační jednotka SpaceLYnk je omezena pouze na tento způsob zobrazení. Pro získání videozáběru je tedy nutností využití IP kamery.



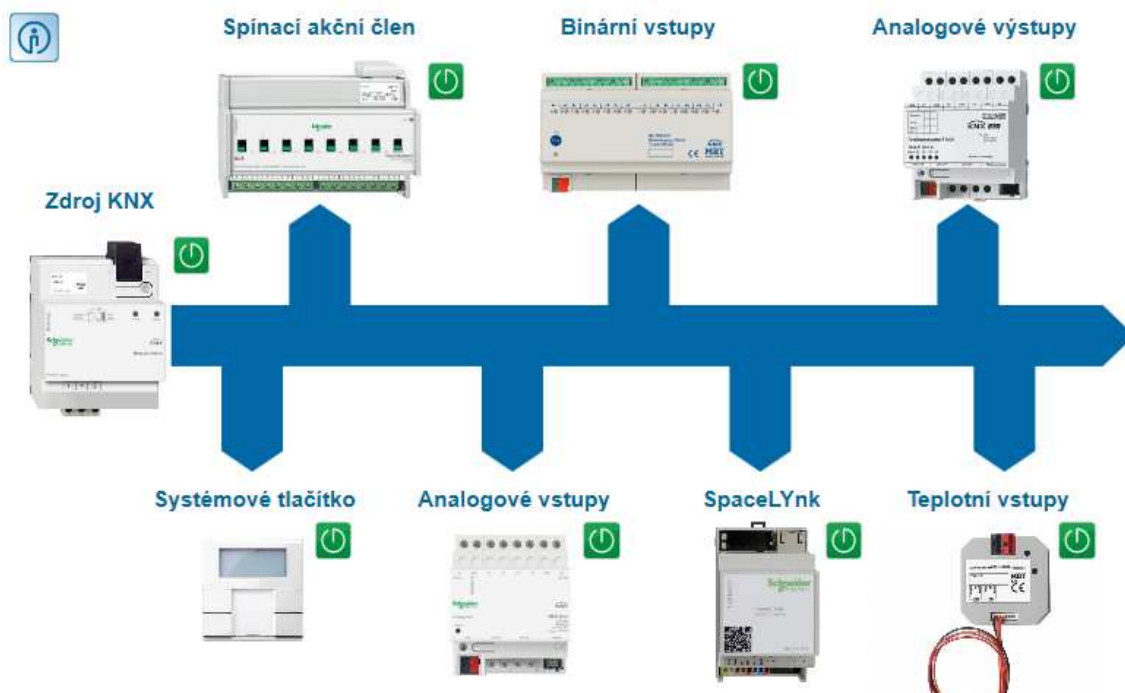
Obr. 24: Záložka Kamery



6.2.10 Stavby přístrojů

Záložka stavu přístrojů, viz obrázek 25, má pro uživatele především informativní účel. Na obrázku je vidět podoba obrazovky, kde jsou jednotlivé přístroje rozmístěny dle liniové topologie. Jelikož každá z jednotek cyklicky posílá telegram s informací ohledně jejího stavu, je u každého prvku umístěno indikační světlo signalizující aktivní či vypnutý stav zařízení.

Systém prezentačního modelu akvária je v porovnání s domovní instalací velice jednoduchý a jednotlivé přístroje jsou tedy propojeny pouze na jedné hlavní linii. Ta je napájena zdrojem KNX a umožňuje komunikaci mezi jednotlivými prvky, kterými jsou spínací akční člen, binární vstupy, analogové výstupy, systémové tlačítko, analogové vstupy, SpaceLYnk a teplotní vstupy.



Obr. 25: Liniové schéma zapojení systémových zařízení

6.2.11 Ilustrativní zapojení modelu

Poslední odkaz z hlavní lišty slouží k zobrazení schématického zapojení modelu v podobě domu. Záložka je určena k nastínění paralel mezi akváriem a rodinným domem. Schéma je zobrazeno tak, aby byly patrné společné rysy zapojení akvária a souvisle

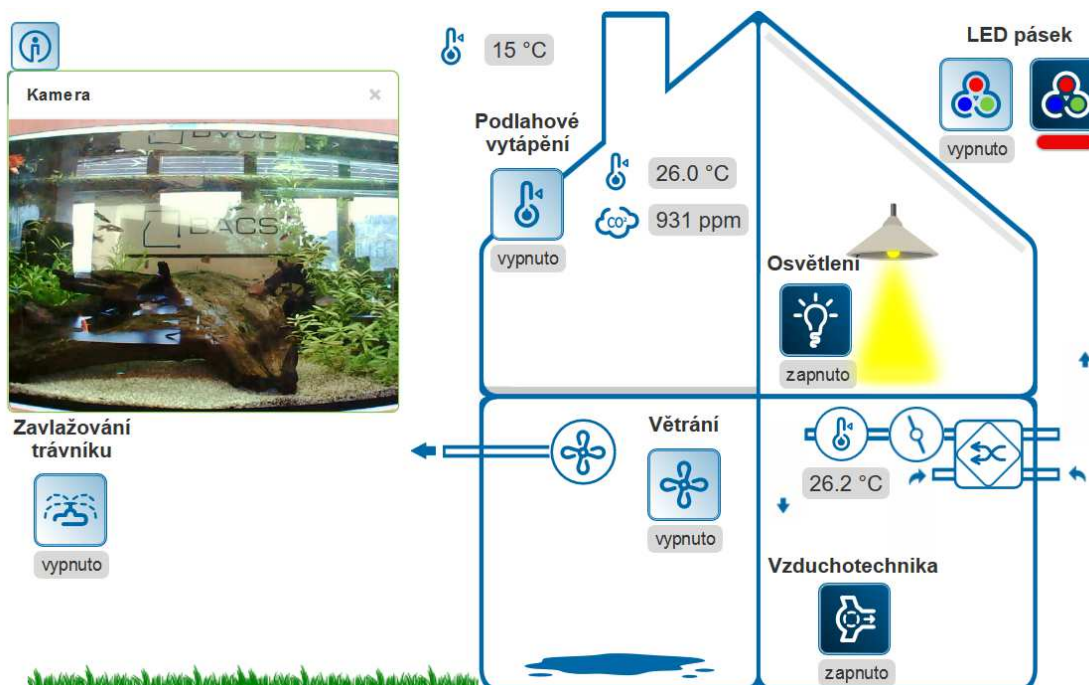


navázalo na předváděné funkce. Obr. 26 je rozdělen primárně do 4 částí, které představují jednotlivé místnosti. Jedna oblast slouží k ovládání osvětlení, druhá k vytápění, třetí vzduchotechniky a poslední je určena pro nucené větrání. Poslední nepopsanou funkcí je krmení, které je v tomto modelu znázorněno jako zavlažování trávníku. Ve schématu jsou také umístěny měřené hodnoty teplot a kvality ovzduší. Celý model je zároveň podpořen grafickými animacemi v podobném duchu jako u modelu akvária. Záložka je zobrazena na obrázku 23.

Levý horní blok umožňuje ovládat vytápění modelu, respektive budovy. Při sepnutí tlačítka dochází k blokaci funkce otopného tělesa, jež je zde představeno formou podlahového vytápění. Ve schématu jsou výše umístěny informace o teplotě v místnosti, která je totožná s hodnotou měřenou v akváriu, a také obsah CO_2 ve vzduchu. Tato informace je pouze ilustrativní, není nikterak měřena a jedná se o pouhý násobek velikosti pH.

Pravá horní část je věnována řízení osvětlení. Uživatel může individuálně ovládat stropní osvětlení a LED pásek i se změnou jeho barvy. Každá z funkcí je doprovázena grafickými změnami v modelu dle zvoleného povelu.

Pod touto oblastí se nachází technická místnost, kde je umístěna vzduchotechnická jednotka s průtokovým senzorem a teplotním čidlem měřícím teplotu v potrubí.



Obr. 26: Ilustrační model budovy



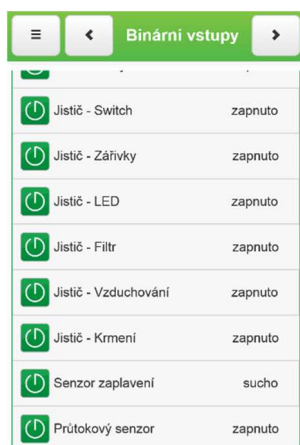
Jedná se o paralelu k filtraci využívané v akváriu. Ve stejné části se nachází i záplavový senzor, který je v reálných budovách využíván právě v místnostech, v nichž může dojít k úniku vody či jiných tekutin.

Posledním prvkem uvnitř budovy je vzduchování, jež zde představuje nucené větrání. Funkce kompresoru je stejně jako u akvária podpořena animací představující jeho funkci. Model také obsahuje paralelu ke krmení, i když v tomto případě nejde o přímé spojení. Před domem je umístěn závlahový systém trávníku, který může být řízen podobným způsobem. Po stisku tlačítka se objeví ilustrace znázorňující popisovanou funkci.

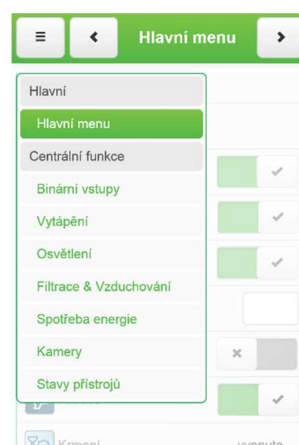
Nutno podotknout, že funkce modelu domu jsou navázány na skupinové objekty modelu. Všechny provedené změny se tedy dějí souběžně na schématu i v akváriu. Jedinou výjimkou je závlahový systém, který je od krmení osamostatněn. Proto je i na této záložce umístěn záběr na nádrž, kde lze vidět jednotlivé úkony. Zároveň jsou v platnosti stejná pravidla, jako pro ovládání na ostatních záložkách.

6.3 Vizualizace pro mobilní telefon

Ve SpaceLYnku je možné vytvořit ovládací prostředí odlišné pro zařízení s větší obrazovkou, tedy počítač nebo tablet, a s menším displejem, jako jsou mobilní telefony. Přestože je základ u obou variant stejný, existují jisté odlišnosti v rozmístění ovládacích prvků i jejich užívání. Na první pohled je patrné, že pro mobilní zařízení nelze zobrazit obrázek na pozadí. Není tedy možné využít schémat či dalších doprovodných grafických podkladů. Ovládací prvky se zobrazují jednotlivě na řádcích pod sebou. Pro přepínání mezi jednotlivými



Obr. 28: Záložka binárních vstupů pro mobilní telefon



Obr. 27: Hlavní menu pro mobilní telefon



řádky slouží menu v levém horním rohu, po jehož zobrazení lze vybrat z požadované destinace. Za stejným účelem jsou v horní liště umístěny šipky pro přímé přepínání mezi záložkami. Názorná ukázka vizualizace je vidět na obrázcích 27 a 28.

Oproti běžné verzi ovládacího prostředí je u mobilního telefonu použito méně záložek a to vzhledem k výše uvedeným důvodům. Bez grafického podkladu by záložka ilustračního schématu domu pouze kopírovala úvodní obrazovku.

6.4 Vizualizace apartmánu

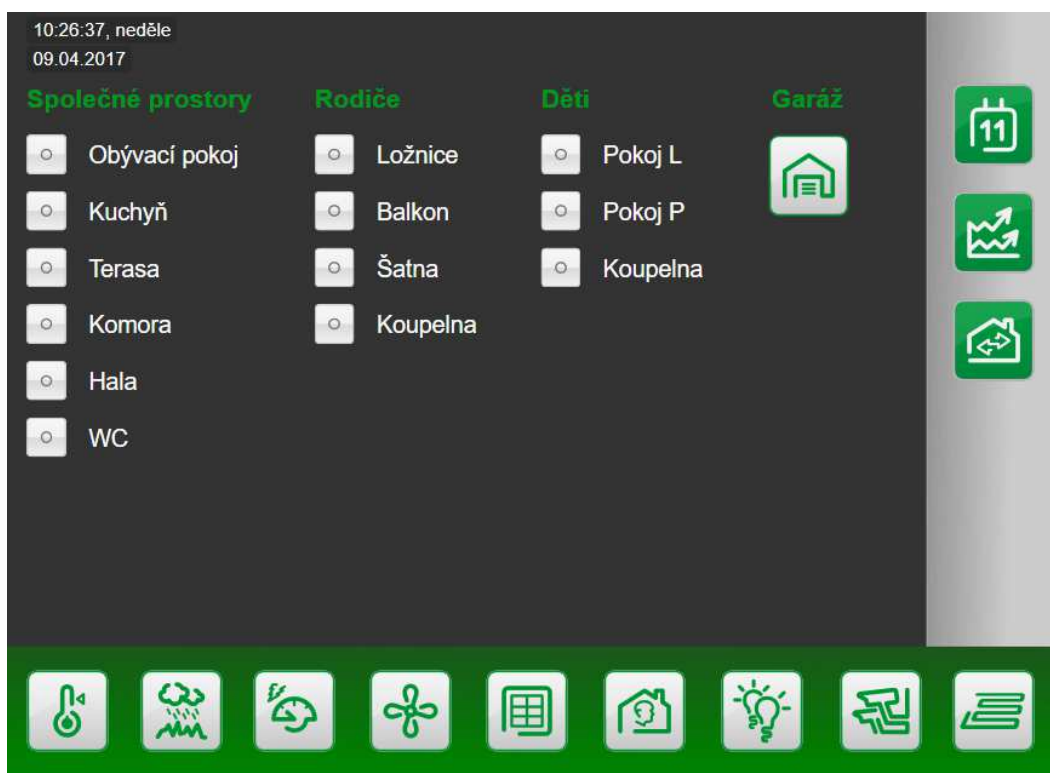
Jelikož má zmiňovaný model sloužit jako prezentační prostředek firmy zabývající se inteligentními elektroinstalacemi pro nastínění případnému zájemci možnost ovládání jeho objektu, je potřeba srovnat vytvořené řízení a vizualizaci s reálnou aplikací. K tomu byl vybrán objekt vysokohorského apartmánu, který je podrobněji popisován v kapitole 3.2.5 *Příklady provedených instalací*.

6.4.1 Centrální rozložení

Vizualizace apartmánu a modelu obsahují několik shodných prvků. Jedním z nich je základní rozložení pro všechny obrazovky. Ty jsou pevně složeny ze záhlaví, kde je umístěn aktuální čas a datum, spodní a postranní lišty. Ve spodní liště jsou umístěna tlačítka pro přepínání mezi centrálními ovládacími obrazovkami, mezi něž patří přehled teplot, předpověď počasí, elektroměr, větrání, binární vstupy, operační módy, osvětlení, zabezpečení a podlahové vytápění. Postranní lišta obsahuje především navigační prvky, které slouží k návratu na předchozí záložku nebo přímo na hlavní obrazovku, ale i k přechodu na grafy, časové plány či zvolení režimu odjezdu nebo příjezdu. Rozložení je graficky znázorněno na obrázku 29.

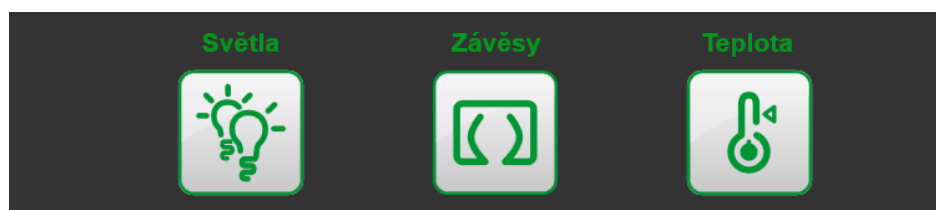
6.4.2 Hlavní obrazovka

Na hlavní obrazovce, viz Obr. 29, je umístěn přehled místností rozřazených do skupin dle užívání na společné prostory, která obsahuje obývací pokoj, kuchyň, terasu, komoru, halu a WC, rodiče, kde lze najít ložnici, balkon, šatnu a koupelnu, děti, v níž jsou uvedeny levý a pravý pokoj spolu s koupelnou a garáž.



Obr. 29: Hlavní stránka vizualizace apartmánu

Po stisknutí jakékoliv místnosti je uživatel přepnut do okna, viz Obr. 30, s možností volby ovládané funkce daném prostoru. Nejčastěji se jedná o řízení osvětlení, teploty a ventilátoru. Pro některé místnosti jsou však dostupné i další možnosti, jako například ovládání závěsů v obývacím pokoji, zásuvek na terase či balkonu nebo sušáku bot v garáži.



Obr. 30: Menu funkcí



6.4.3 Osvětlení

Jednotlivé záložky jsou u každé místnosti řešeny samozřejmě individuálně. Primárně však umožňují řídit jednu a tutéž funkci pouze s lehkými obměnami. Ovládání osvětlení lze popsat na obývacím pokoji, který je ze všech prostor nejobsáhlejší. Z obrázku je patrné, že je možné spínat světlo u vstupu, nástěnná osvětlení, lampu umístěnou u televize, světlo v jídelně, RGB LED pásek umístěný u stropu. Tomu lze nastavit také příslušnou barvu i zapnout jednu z předem nastavených scén, u kterých je na výběr z náhodné změny, teplých a studených barev i režimu TV. V každé z místností je tato záložka velmi podobná a liší se především počtem ovládacích prvků a umístěním jednotlivých zařízení. Záložka je uvedena na obrázku 31.

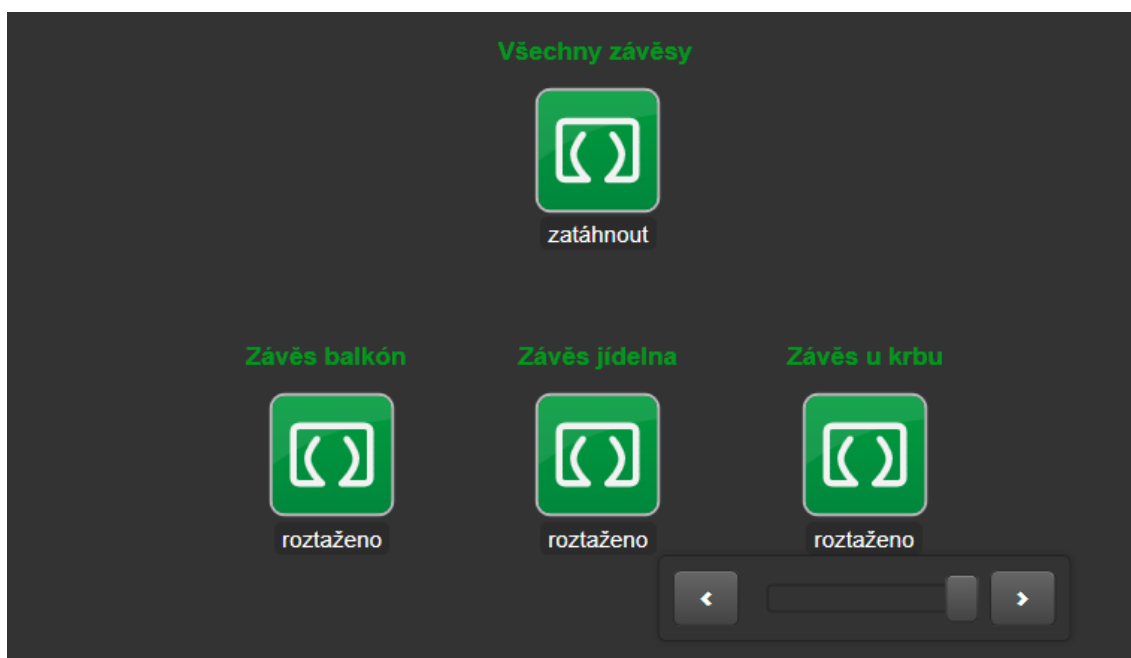


Obr. 31: Řízení osvětlení



6.4.4 Závěsy

Okno Závěsy je dostupné pouze v obývacím pokoji, kde jsou umístěny lišty s posuvným pásem, na němž jsou závěsy upevněny. V horní části záložky, jejíž podoba je vidět na obrázku 32, je umístěno tlačítko pro centrální ovládání všech závěsů, jež umožňuje plné roztažení či zatažení. Jednotlivé pásy lze ovládat pomocí příslušných ikon umístěných níže. Po jejich stisku se uživateli objeví panel pro volbu míry roztažení závěsů. Lze tak nastavit procentuální míru zatažení.



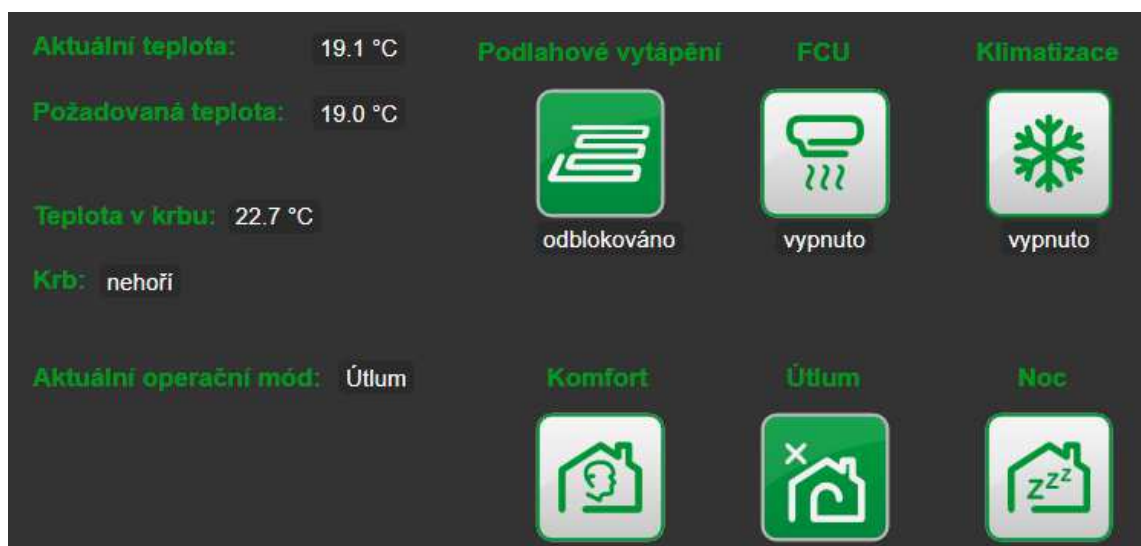
Obr. 32: Záložka pro řízení závěsů



6.4.5 Teplota

Častěji používanou záložkou je ovládání teplot v jednotlivých prostorech objektu, viz Obr. 33. Ve všech místnostech s možností řízení vytápění jsou zobrazeny informace o aktuální a požadované teplotě, kterou lze pomocí posuvníku měnit dle potřeby. Totožné je také pole s ovládáním operačních módů, kde je na výběr z módů Komfort, Útlum a Noc, přičemž je graficky i popisem uvedeno, který z módů je aktuálně aktivní. Volbou módu se také automaticky nastavuje požadovaná teplota v místnosti. Poslední společnou položkou je blokáce podlahového vytápění umožňující zakázat funkci topení i v případě potřeby.

Pro jednotlivé místnosti je individuálně nastavená funkce ovládání jednotky fancoil a klimatizace, což je například případ obývacího pokoje nebo řízení otopného žebříku v koupelnách spolu s časovým spínáním.

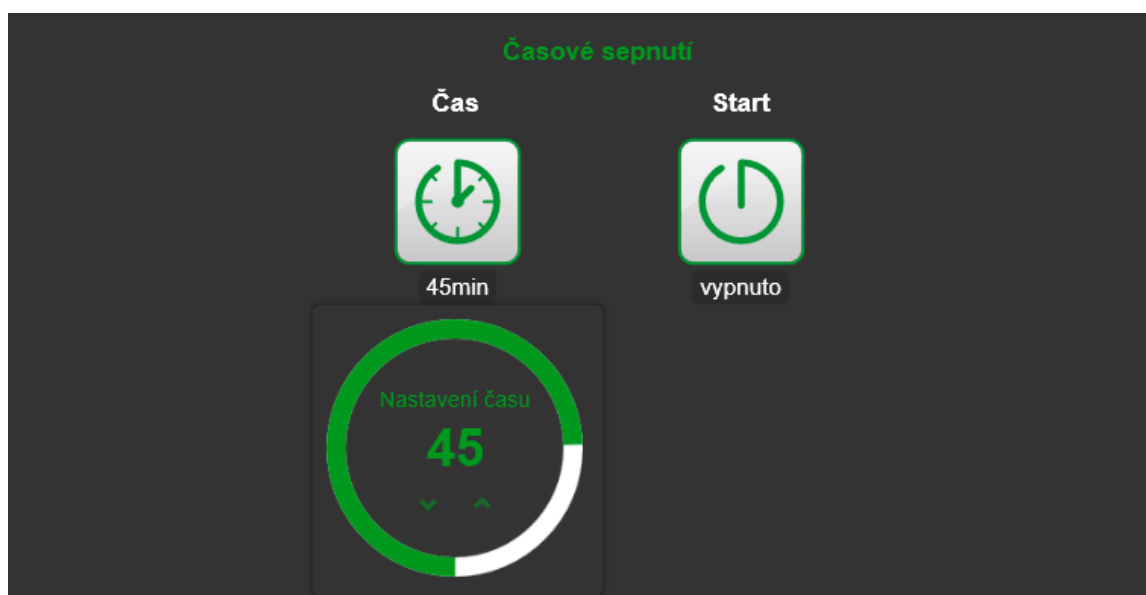


Obr. 33: Řízení vytápění



6.4.6 Ventilátor

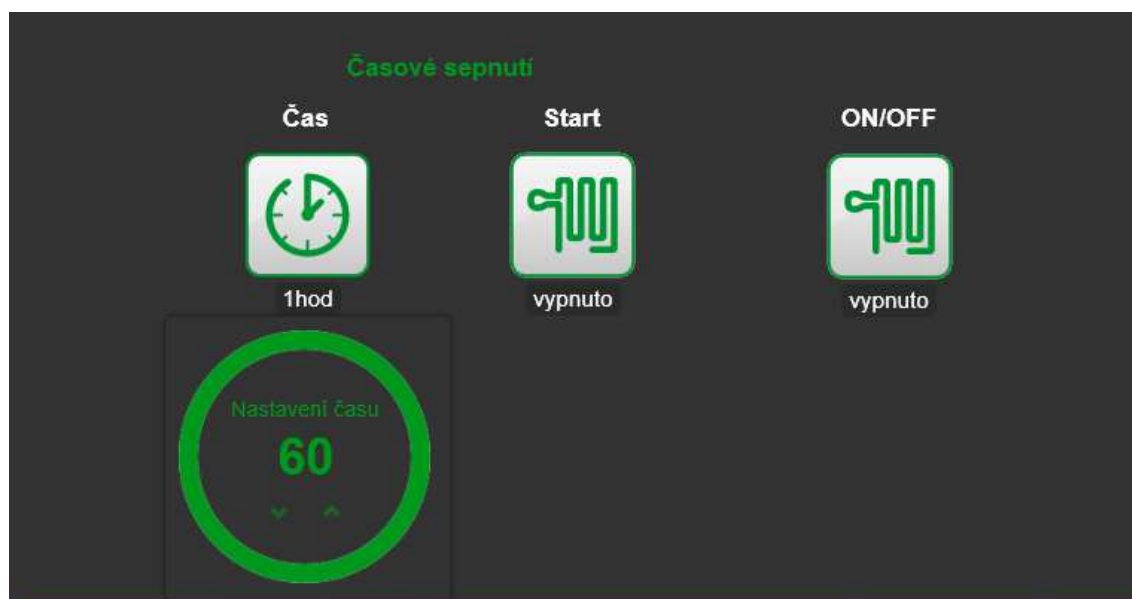
Ovládání ventilátoru uvedené na obrázku 34 je přítomno v koupelnách a v komoře. Zde je umožněno časového spínání mezi 1 až 60 minutami, jež lze nastavit pomocí kruhového posuvníku po stisku na příslušnou ikonu. K spuštění větrání na nastavenou dobu pak slouží tlačítko Start. Pro případ potřeby spuštění všech větracích jednotek je ve vizualizaci umístěna centrální záložka, která je popisována níže.



Obr. 34: Centrální ovládání ventilátorů

6.4.7 Garáž

Záložka pro garáž, jež je uvedena na obrázku 35, je od ostatních místností specifická. Obsahuje pouze ovládání otopného tělesa, které slouží k vyhřívání lyžařských bot. Tuto jednotku lze řídit trvalým povelům zapnutí a vypnutí nebo časovým sepnutím na předem určenou dobu. Uživatel může zvolit čas mezi 1 až 60 minutami a následně celou funkci spustit tlačítkem Start.



Obr. 35: Záložka pro garáž

6.4.8 Meteo stanice

V objektu je přítomna meteostanice, která poskytuje kromě aktuální teploty i hodnoty rychlosti větru a jasu nebo informaci o dešti či denní fázi. Záložka je vylepšena o předpověď počasí, která byla doplněna na základě nespokojenosti investora s nedostatečným počtem informací poskytnutých uvedenou meteostanicí. Tato část je řešena obdobným způsobem uvedeným u demonstračního modelu. Data jsou však tentokrát získávána ze serveru yahoo.com. Rozdíl v obou způsobech je především v počtu informací poskytnutých jednotlivými servery. Kvalitou a způsobem jejich získání se ale nikterak neliší. I v tomto případě je předpověď vztahena na konkrétní místo, tedy Špindlerův Mlýn. Uživatel má přehled o aktuální teplotě a je graficky i popisem obeznámen se stavem počasí. Zároveň jsou zobrazeny informace o času východu a západu slunce či vlhkosti vzduchu. V záložce jsou umístěny také předpovědi na 4 dny, přičemž prvním z nich je aktuální den. Jedná se pouze o rychlý přehled minimálních a maximálních teplot s grafickou a textovou informací o stavu počasí. Grafické zobrazení aktuálních informací o počasí a předpovědi je na obrázcích 36 a 37.



Obr. 37: Aktuální hodnoty počasí



Obr. 36: Předpověď počasí



6.4.9 Přehled teplot

Vizualizace řízení objektu je stejně jako použitý systém KNX velmi univerzální nástroj. Proto je možné vyhovět i jedinečným a někdy nestandardním požadavkům investora. Příkladem může být záložka s přehledem teplot v jednotlivých místnostech, která je ve vizualizaci přítomna na žádost uživatele. Jedná se o seznam všech místností, viz Obr. 38, u nichž je uvedena příslušná aktuální a požadovaná teplota spolu se zvoleným operačním módem. Na konci řádku je pro obývací pokoj a ložnici uvedena informace o tom, zdali v místnosti probíhá topení či chlazení. V zásadě se jedná pouze o informativní záložku, díky které lze rychle získat přehled například o tom, zda se v některém z prostorů topí, aniž by nebylo nutné.

Místnost	Aktuální teplota	Nastavená teplota	Mód	Topení	Chlazení
Obývací pokoj	19.1 °C	19.0 °C	Útlum	vypnuto	vypnuto
Kuchyň	21.7 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Ložnice	20.5 °C	19.0 °C	Útlum	vypnuto	vypnuto
Koupelna R	20.5 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Šatna R	20.9 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Hala	21.9 °C	19.5 °C	Útlum	-	-
WC	21.4 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Pokoj L	19.9 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Pokoj P	20.2 °C	19.0 °C	Útlum	-	-
Koupelna P	20.5 °C	19.0 °C	Útlum	-	-

Obr. 38: Přehled teplot



6.4.10 Elektroměr

Okno pro elektroměr obsahuje hodnoty výkonu aktuálně odebíraného na jednotlivých fázích i v celkovém součtu. Zároveň je zde zobrazena informace o celkové spotřebě spolu s datem, kdy bylo měření započato. Na žádost investora bylo přidáno tlačítko resetu měření, aby mohl uživatel kontrolovat spotřebu po určitý zvolený úsek. Podoba záložky je uvedena na obrázku 39.



Obr. 39: Spotřeba energie

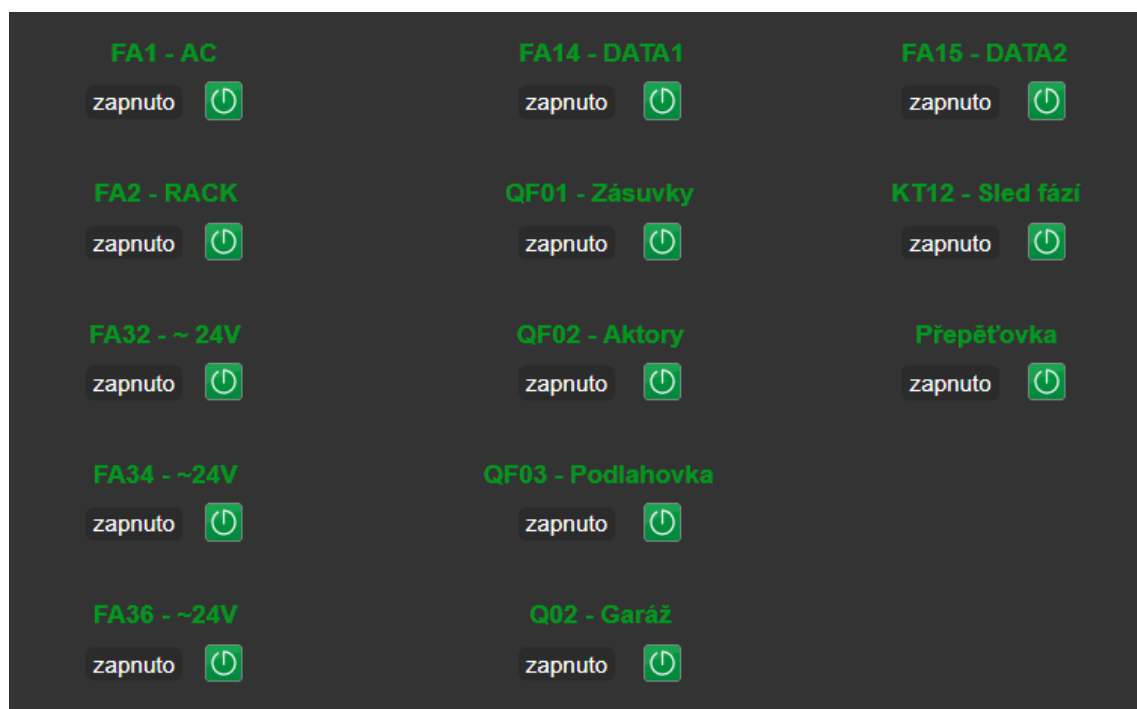
6.4.11 Větrání

Pro centrální ovládání větrání byla nastavena možnost časového sepnutí všech větracích jednotek zároveň. Uživatel tak může nastavit dobu sepnutého úseku, jenž může trvat 1 a 45 minutami. Tlačítkem Start poté pouze potvrdí svou volbu a spustí větrání. Tato funkce se hodí pro kompletní odvětrání požadovaných prostor a je například navázána na režim příjezdu, který je podrobněji popsán v kapitole 6.4.17 *Režimy*. Podoba prostředí pro řízení je totožná s individuálním ovládáním ventilátorových jednotek, jež je zobrazeno v kapitole 6.4.6 *Ventilátor* na obrázku 34 (str. 76).



6.4.12 Binární vstupy

Binární vstupy zde plní stejnou funkci jako u akvária. V záložce je umístěn seznam především jističů klimatizační jednotky, RACKU⁷, RACKU- DATA 1 a 2, zdroje napájení AC 24V a 12V, sběrnice zdroje napájení KNX a jističe s proudovým chráničem pro zásuvku v garáži. Na obrazovce jsou zároveň zobrazeny stavy proudových chráničů pro RACKY, spínací akční členy a podlahové otopné plochy. V neposlední řadě je kontrolován také stav přepěťové ochrany i sled fází. Samotné okno s binárními vstupy je umístěno na obrázku 40.



Obr. 40: Záložka binárních vstupů apartmánu

6.4.13 Operační módy

Záložka operačních módů, viz Obr. 41, slouží k centrálnímu přepínání mezi stavy Komfort, Útlum a Noc ve všech místnostech. Tímto způsobem lze velmi jednoduše a hromadně nastavit teplotu v jednotlivých prostorech dle potřeby. Využití je možné v případě, že všichni uživatelé opouští objekt a není potřeba, aby byl jakýkoliv pokoj v módu Komfort a vytápěn

⁷ Systém sestavení a spojení serverových komponent v jednu komplexní uspořádanou strukturu.



například na 25 °C. Není tedy nutné procházet záložky jednotlivých místností a přepínat stavy samostatně. Lze stisknout tlačítko Útlum a požadovaná teplota se sníží například na 22 °C.



Obr. 41: Centrální volba operačních módů

6.4.14 Osvětlení

Okno pro centrální ovládání osvětlení uvedené na obrázku 42 slouží pouze k vypínání. Jednotlivé místnosti mají k sobě přiřazeno OFF tlačítko, které při stisku vypne všechna světla v dané místnosti. Symbol zároveň grafickým zbarvením indikuje, zda je či není nějaké světlo v místnosti zapnuto. K vypnutí kompletního osvětlení v apartmánu slouží centrální tlačítko v levém horním rohu, jež také zelenou barvou potvrzuje, že je některé ze světel v objektu zapnuto.

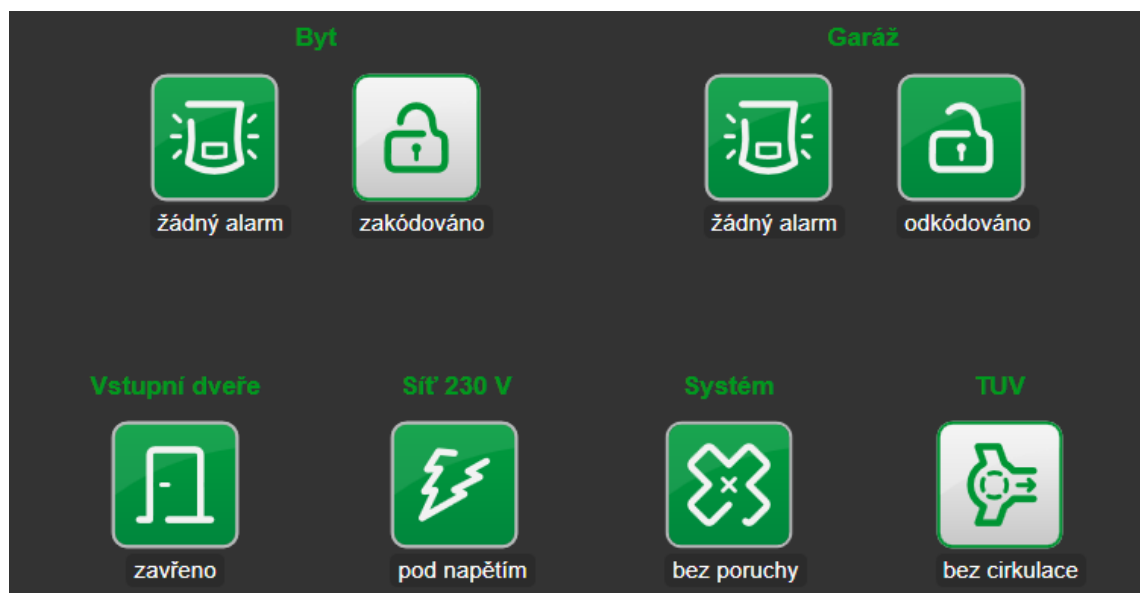


Obr. 42: Centrální vypínání osvětlení

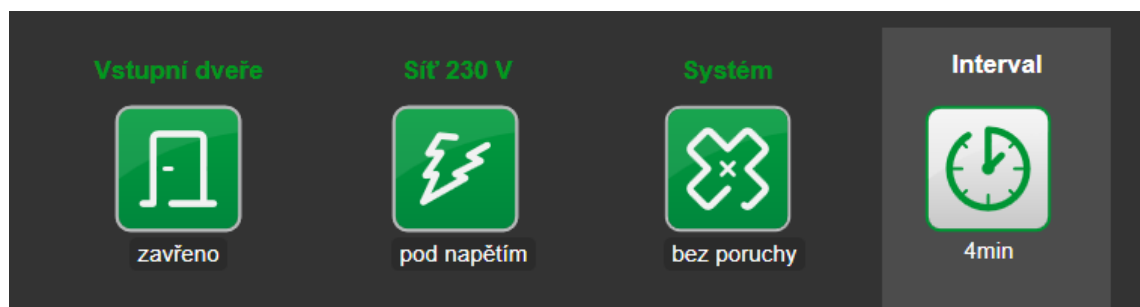


6.4.15 EZS

Záložka EZS, jež je uvedena na obrázku 44, obsahuje bezpečnostní informace, které jsou spojeny s elektronickým zabezpečením objektu. Lze tak jednoduše zjistit, zda je spuštěn alarm v bytě nebo garáži, jestli jsou oba objekty zakódovány, zda jsou zavřeny vchodové dveře, nedošlo k výpadku proudu nebo je systém KNX plně funkční. Poslední položkou je ovládání cirkulace teplé užitkové vody. Uživatel si může sám nastavit periodu cirkulace, která je mezi 1 až 15 minutami. Při zvolení 4 minut je tedy cirkulace po tuto dobu v provozu, následně 4 minuty voda necirkuluje a poté opět po stejnou dobu. Funkce je také závislá na zakódování objektu. V případě zabezpečení objektu je cirkulace pevně vypnuta, aby nedocházelo k zbytečné spotřebě energie na průtok vody, když je apartmán v daný moment neobydlen. Možnost volby je graficky znázorněna na obrázku 45.



Obr. 43: Záložka EZS

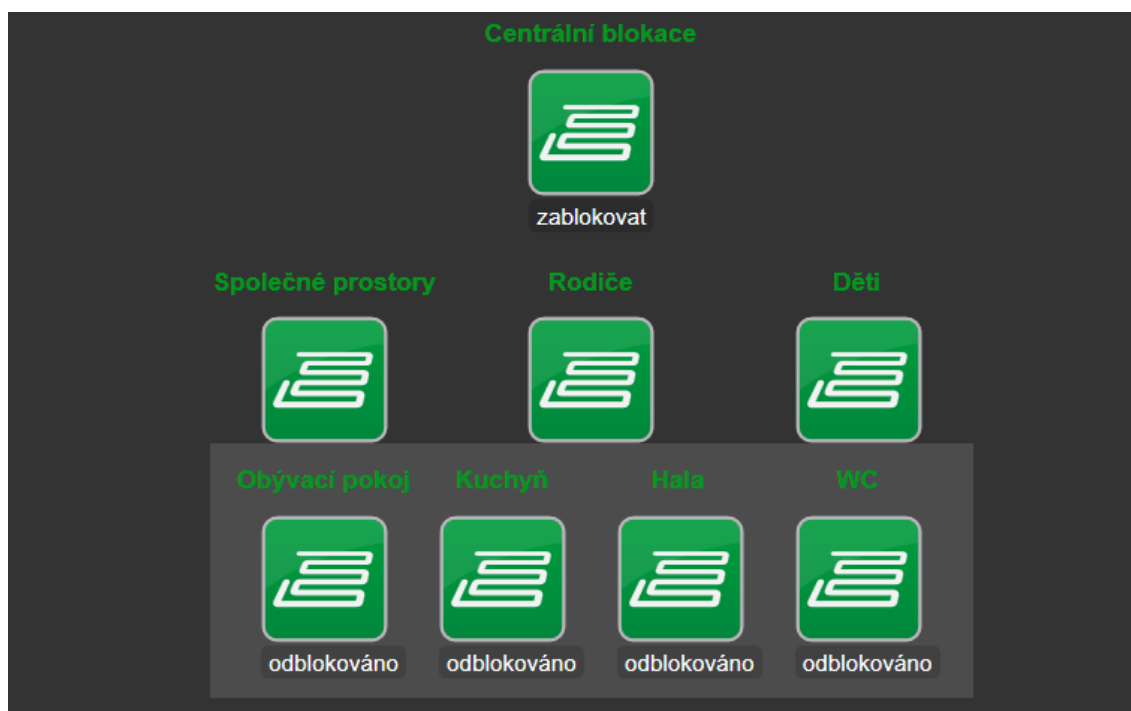


Obr. 44: Řízení cirkulace TUV



6.4.16 Podlahové vytápění

Centrální blokace podlahového vytápění, jak již název předurčuje, slouží k blokaci jak všech podlahových otopných ploch současně, tak i v jednotlivých místnostech. V horní části obrazovky uvedené na obrázku 46 je umístěno tlačítko pro hromadnou blokaci, které také indikuje stav odblokování jakékoliv spirály. Stejným způsobem fungují tlačítka u jednotlivých místností. Tímto způsobem lze získat rychlý přehled ohledně stavu podlahového vytápění a zároveň jej v případě potřeby stejnou rychlostí změnit.



Obr. 45: Centrální blokace podlahového vytápění

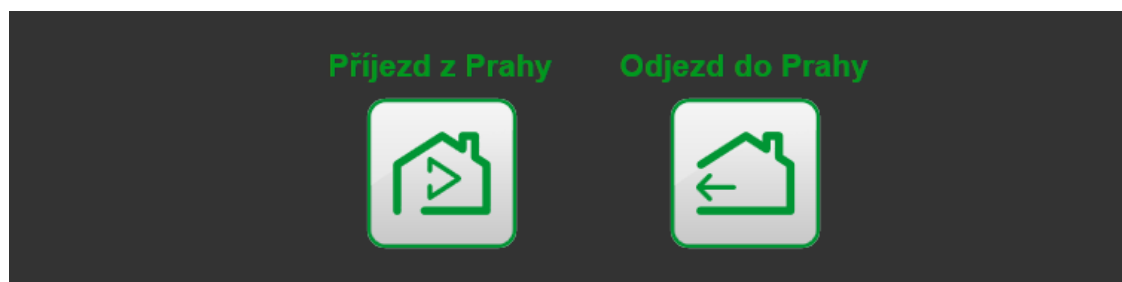
6.4.17 Režimy

Záložka Režimy obsahuje tlačítka pro vykonání předem nastavených akcí v závislosti na specifických požadavcích uživatelů. „Příjezd z Prahy“ je označení skupiny funkcí zahrnující hromadné přepnutí módů do režimu Komfort, centrální spuštění větracích jednotek na 45 minut, odblokování všech podlahových otopných spirál a trvalé zapnutí otopného žebříku v garáži. Uživatel tak při stisku tlačítka v době svého odjezdu do apartmánu, dokáže uvést prostory do takového stavu, který mu při příjezdu bude maximálně vyhovovat a zároveň eliminuje čekací dobu na náběh všech zařízení. Zde se jedná o problém



především s podlahovým vytápěním, které má velice pomalý náběh. Proto je potřeba delšího časového úseku pro dosažení požadované teploty v místnosti.

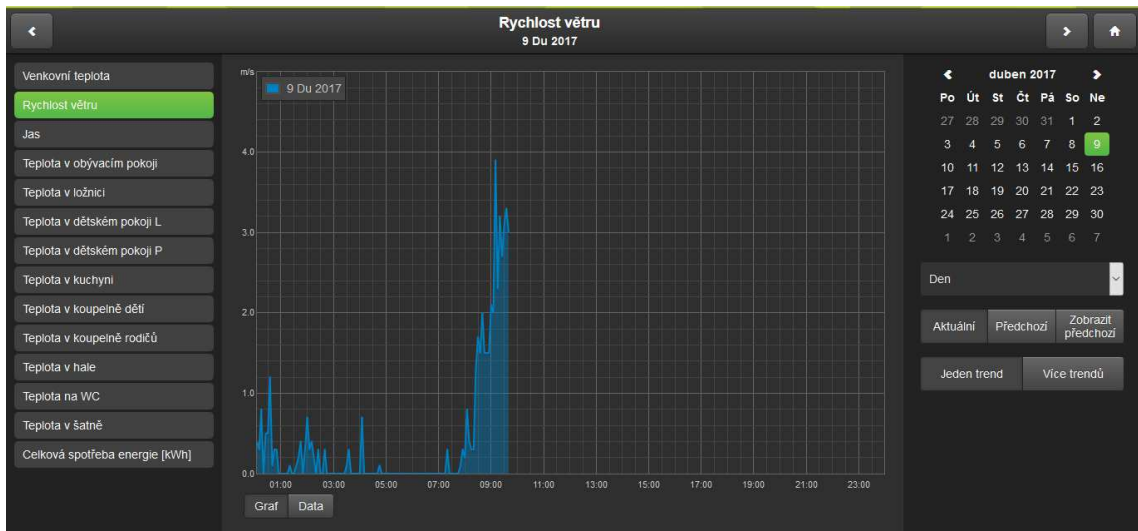
Druhou volbou je „Odjezd do Prahy“. Zde je hlavním cílem zabezpečit objekt a zanechat ho v takovém stavu, aby jeho spotřeba energie byla po dobu nepřítomnosti minimální a zároveň byly jednotlivé úkony provedeny v krátkém čase. Při stisku dochází k vypnutí všech světel v apartmánu a přepnutí módů do režimu Útlum. Takto se nastaví požadovaná teplota na nižší hodnotu a není nutné apartmán vytápět. Podobu tlačítek lze vidět na obrázku 46.



Obr. 46: Režimy odjezdu a příjezdu

6.4.18 Grafy

Pro uživatele jsou dostupná také grafická zobrazení měřených hodnot, s jejichž využitím je možné získat přehled nad získanými informacemi za určitý časový úsek. V této oblasti jsou uvedeny vývoje teplot v jednotlivých místnostech i venkovních hodnot, jako jsou teplota, rychlost větru či jas. Zřejmě nejdůležitějším bodem je vývoj spotřeby elektrické energie, ze které lze následně vyvodit výsledky hospodaření. Grafy lze zobrazovat v časových úsecích jednoho dne, týdne, měsíce i roku a to jak samostatně, tak i kombinovaně pro zjištění závislosti mezi jednotlivými trendy. Příklad zobrazení grafického vývoje rychlosti větru je uveden na obrázku 47.



Obr. 47: Příklad grafického zobrazení vývoje rychlosti větru

6.5 Porovnání obou vizualizací

Při porovnání obou popisovaných vizualizací lze vidět hned několik shodných prvků, což bylo cílem při vytváření demonstračního modelu. Prvním hlediskem, dle kterého je možné řídicí prostředí hodnotit je grafická stránka. Jedná se o první vlastnost vizualizace, která uživatele upoutá. Jak je vidět z obrázků obou způsobů tvorby, grafické prostředí lze přizpůsobit do téměř libovolné podoby. Vizualizace modelu je tvořena za účel zaujmout. Obsahuje tedy interaktivní prvky i náročnější grafickou úpravu. Vizualizace apartmánu je naopak zaměřena na funkčnost a jednoduchost, jenž byla primárně požadována. To především z důvodu rekreačního charakteru využívání objektu. Ovládání proto bylo navrženo s ohledem na intuitivnost, podobnost v rámci jednotlivých místností a snadnou zapamatovatelnost, aby nebyl uživatel nucen po delší době nepřítomnosti opět zjišťovat, jak apartmán řídit. Jedná se však o pouhý vzorek možností, které mohou zahrnovat například vytvoření 3D modelu objektu pro lepší představu ovládání.

Druhým hlavním bodem je jednoznačně funkčnost. Zde je největším rozdílem množství ovládacích prvků. Instalace apartmánu obsahuje 70 systémových jednotek KNX a uživateli tak umožňuje řídit širokou škálu zařízení umístěných v objektu. Akváriu náleží ve srovnání pouhých 7 přístrojů KNX s ovládáním a měřením zhruba 8 prvků. Dle uvedených popisů v samostatných kapitolách lze říci, že je ovládání postaveno na totožných základech. V obou případech je umožněno řízení osvětlení jak klasického, tak i RGB LED pásku respektive panelu,



vytápění, vzduchování, které lze přiřadit větrání v apartmánu a filtraci, jež lze přirovnat k cirkulaci TUV. V obou vizualizacích je přítomna předpověď počasí, kontrola binárních vstupů a měření spotřeby energie.

Jak již bylo zmíněno, obě vizualizace jsou v mnoha ohledech odlišné, i když jsou stavěny na stejných základních požadavcích. U demonstračního modelu je na rozdíl od apartmánu dostupná záložka s modelem domu, který má případnému zájemci nastínit řízení jeho objektu, který může být podobný právě uváděnému objektu ve Špindlerově Mlýnu. Odlišná je také integrace záběru z IP kamery, jež je nutná pro sledování změn v akváriu. Vizualizace apartmánu naopak obsahuje několik jedinečných funkcí, které byly vytvořeny v návaznosti na požadavky investora. Jedná se zejména o celkový přehled teplot v jednotlivých místnostech, možnost resetování měření elektroměru či personalizované režimy příjezdu a odjezdu.



7 Zabezpečení

Vzhledem k velkému nárůstu oblíbenosti a četnosti instalací inteligentních systémů v budovách vzrůstá i nebezpečí jejich napadením. Na tento problém lze nahlížet z několika úhlů. Systémovou instalaci je možné napadnout v rámci parametrizačního prostředí, jež se v rámci KNX týká softwaru ETS. Podstatnějším problémem zabezpečení je však napadení z vnější sítě, jež je řešeno v rámci kybernetického zabezpečení. V této části práce jsou uvedeny příklady již provedených útoků, možnosti jejich zabránění a návrh zabezpečení pro představovaný demonstrační model akvária.

7.1 Možná ohrožení spolu s příklady

Útoky na budovu mohou směřovat na samotná automatizační zařízení i fyzické prostředí, jež je ovlivňováno či měřeno pomocí těchto přístrojů. Příkladem může být kontrolér, který po napadení slouží k rozesílání nevyžádaných zpráv. Stejně tak může být využit k monitorování pohybu lidí uvnitř budovy či k odeslání příkazu přerušení některého z procesů, jako je například pohyb výtahu. [38] U objektů typu rodinného domu je takový scénář velmi nepravděpodobný. Větší dopad by tento čin měl v rámci rozsáhlejšího objektu, jakým může být letiště nebo kancelářská budova.

Jak již bylo uvedeno, útok na automatizační vybavení prostoru může být proveden na několika úrovních. Základním dělením je napadení sítě a přístroje. Napadení sítě lze dále rozlišit dle způsobů jejich provedení na „network sniffing“, neboli odposlech provozu, odesílání škodlivých datových paketů⁸, modifikaci datových paketů, při nichž dochází k nahrazení jejich obsahu, a přímé přerušování provozu komunikace. Na úrovni zařízení lze systém napadnout samozřejmě fyzickým zásahem, monitorováním algoritmů pro zjištění kryptografických klíčů a přímým vložením škodlivého softwaru. [38]

Příkladem možných nebezpečí při nedostatečné ochraně může sloužit kybernetický útok na jednu z australských kanceláří společnosti Google v Sydney, jejíž kompletní řídicí systém napadli v květnu 2013 dva zaměstnanci ochranky při provádění kontroly zabezpečení. V listopadu téhož roku se podařilo hackerovi dostat do interní sítě společnosti Target

⁸ Datový paket je označení pro souhrn přenášených dat v rámci počítačové sítě.



Corporation, což je druhý největší diskontní prodejce v USA, a to za pomoci síťových přístupových práv získaných od poskytovatele servisu HVAC. Tím se pachateli podařilo získat přibližně 40 000 000 účtů od debetních i kreditních karet za necelé tři týdny. V červenci 2014 došlo k napadení pětihvězdičkového hotelu St. Regis Shenzhen, při němž hacker dostal pod svou kontrolu přes 100 pokojů v celé budově. Ve všech těchto případech bylo základem nedostatečné zabezpečení systému proti napadení. V některých situacích však nese mnohem větší podíl viny lidský faktor. Názornou ukázkou může být nedostatečné nastavení bezpečnosti v rámci politiky užívání hesel. V listopadu 2014 došlo k umožnění přístupu k 73 000 bezpečnostním kamerám z důvodu použití defaultních hesel. Vyhledávač SHODAN odhalil necelých 50 000 řídicích systémů budov, jež jsou chráněny základním heslem a v některých případech dokonce žádným. [38]

7.2 Ochrana proti napadení

7.2.1 Vzdělání o bezpečnosti

Prvním krokem ke zvýšení bezpečnosti užívání inteligentních systémů budov je rozšíření povědomí o možnostech napadení a způsobů jejich ochrany. Z těchto znalostí by měli těžit zejména prodejci, projektanti, systémový integrátoři, obsluha ale i koncoví uživatelé budovy. Lepší znalosti mohou vést ke kvalitnějšímu výběru komponent i v případě, kdy dochází k jejich vývoji, konfiguraci, aktualizaci či výměně. V zahraničí již prodejci, univerzity a vývojová střediska pořádají školení na téma bezpečnosti technologií inteligentních budov, jež napomáhají ke zvýšení míry porozumění důležitosti zabezpečení mezi posluchači. [38]

7.2.2 Kontrola fyzického přístupu

Útočník může vyměnit či upravit vybavení systému řízení budovy na místě. Ochranou proti tomuto způsobu napadení může být kontrola přístupu do daného prostoru, přičemž se jedná o službu, kterou může samotný systém poskytnout. V tom nejjednodušším případě se může jednat o povinnost zadání PIN kódu. Mezi novější způsoby lze zařadit například biometrickou autentizaci, k nimž patří čtení otisku prstu nebo skenování oční sítnice. [38] Nelze předpokládat, že se takováto opatření budou integrovat do obytných objektů typu rodinného domu. Jedná se spíše o způsob zabezpečení určený pro objekty větších rozměrů typu kancelářské budovy.



Dalším problémem je umístění jednotlivých zařízení. Ne každý přístroj je přítomen v uzamykatelné místnosti s možností kontroly přístupu. Útočníkem může být v některých případech i zaměstnanec, jenž má přístup do společných prostor. Zároveň mohou být některé prvky systému umístěny například na venkovní zdi. Proto nelze chápat kontrolu fyzického přístupu jako hlavní prvek zabezpečení. Jedná se spíše o jeden z mnoha způsobů, který by měl patřit do určitého řetězce bezpečnostních opatření. [38]

7.2.3 Zabezpečení automatizačního systému

Ochrana nezávislých systémů a pracovních stanic je na všech možných úrovních kritickým bodem, který by měl zahrnovat bezpečnostní kódování a ochranu operačního systému spolu s využitím bezpečnostních paketů. [38]

Pro bezpečnostní kódování existuje již několik návodů, jenž obsahují základy psaní a testování zdrojového kódu v rámci ochrany. Při aplikování těchto pravidel lze předejít či alespoň snížit přetížení bufferu⁹ a formátovacího řetězce. Nicméně pro automatickou analýzu kódu jsou dostupné nástroje, jež napomáhají ke zjištění chyb při programování. Zatímco některé bezpečnostní aspekty, jako jsou SQL injekce a přetížení bufferu, mohou být testovány velice jednoduše, ostatní rizika představující například podmínky přenosu (race conditions), lze detekovat poměrně složitěji. Vyskytují se totiž pouze za konkrétních podmínek a v některých případech je nelze reprodukovat. [38]

7.2.4 Zabezpečení operačního systému

Výrobci automatizačních zařízení aplikují širokou škálu samostatně či externě vyvinutých operačních prostředí na jednotlivé přístroje. Většina využívaných systémů v posledních několika letech je založena na operačním systému Linux či Windows CE u vestavěných přístrojů. Monitorovací stanice jsou ve většině případů spuštěny na verzích systému Windows nebo případně QNX, což je komerční systém reálného času typu Unix. [38]

Vestavěné systémy, jež zahrnují i HMI, neboli operátorské panely, se opravují velmi těžko a pouze za vysokou finanční částku. Proto je cílem snížit možnost napadení na minimum. Standardním postupem je odstranění všech služeb, které nejsou jednoznačně

⁹ Vyrovňovací paměť sloužící k dočasnému ukládání dat.



požadovány pro správný provoz a uzavření všech portů. U starších verzí Linuxu je vhodnější přikročit k jejich výměně, jelikož neobsahují některé z kritických bezpečnostních prvků a neumožňují ani jejich dodatečnou integraci. Mezi operačními systémy existuje několik již zabezpečených verzí, mezi které patří Hardened Gentoo a OpenBSD. Je vhodnější využít právě těchto systémů než zabezpečovat méně chráněné z nich. Důvodem je především potřeba větších znalostí a také času, což může vést k několika chybám a tím i nedostatečnému chránění před napadením. [38]

Opravy a aktualizace systémů nejsou příliš využívanou možností. Vylepšení softwaru přístrojů pro odstranění jejich slabin je velmi kritické pro dlouhodobé operace speciálně pro infrastrukturu budovy. Prvním požadavkem je umožnění úprav. Velký počet přístrojů neobsahuje žádnou funkci umožňující úpravu softwaru bez přímého rozebrání či dokonce výměny některých komponent. Veškeré změny jsou však ve správném případě umožněny vzdáleně či z místní sítě s využitím sériového rozhraní. Druhým důležitým požadavkem je zařazení aktualizací do běžného pracovního procesu obsluhy a operátorů. Na jedné straně je kladena potřeba na výrobce po produkci aktualizáčních balíčků, o nichž následně musí informovat uživatele. Na druhé straně je požadavek na samotné zákazníky, aby tyto úpravy aplikovali. Ani jeden ze zmíněných kroků bohužel není rozšířen do většiny řídicích systémů budov. [38]

7.2.5 Zabezpečení internetové sítě

Prvním prvkem ochrany na úrovni internetové sítě jsou firewally, které obecně dokáží filtrovat útoky na úrovni protokolů pro domovní automatizaci. To znamená, že jsou schopny odrazit útoky na TCP/IP protokoly. Většina firewallů nicméně nepodporuje komunikační protokoly specifické pro automatizační sítě budov, jako jsou KNX nebo BACnet. Někteří z výrobců začínají s produkcí prvních filtrovacích technologií právě pro tyto protokoly. Dostupné jsou však i volně využitelné softwary, jako je BACnet firewall router, který umožňuje filtrování BACnet/IP komunikace a lze jej konfigurovat pomocí XML. [38]

Monitorování automatizačních zařízení je obvykle zajištěno softwarem běžícím na řídicí úrovni a sloužícím ke sledování stavu jednotlivých přístrojů v budově. To zahrnuje sledování nastavených hodnot spolu s grafy trendů vývoje i hlášení chybných zpráv. Jako doplněk k tomuto již tradičnímu aspektu lze využívat kontrolu zabezpečení. Monitorovací systém je schopen detekovat útoky na komunikaci v budově. [38]



Vzhledem k faktu, že jsou již tisíce budov připojeny k internetu, umožňují případným útočníkům napadení systému. Je na snaze určit odpojení od internetu jako jednoduchý způsob zvýšení bezpečnosti. To vše je však za cenu ztráty funkcionality. Oddělením jednotlivých sítí však lze zamezit přechodu hackerů z jedné sítě na druhou. Pokud není nutností spojení sítí uvnitř budovy, je rozdělení silně doporučeno k zabezpečení síťové oblasti. Problémem při tomto rozhodnutí je však zamezení možnosti vzdáleného ovládní objektu. Segmenty nepřipojené k internetové síti nemohou být monitorovány zvenčí, což by představovalo doplňková monitorovací zařízení a v některých případech i personál pro přímé ovládní. [38]

7.2.6 Současné trendy ochrany

U standardních IP internetových sítí je zabezpečení již zavedeno využitím prvků jako firewall, detekční systémy a skenery virů. V řídicích systémech budov se však jedná o fázi vývoje, jenž je na svém začátku. V posledních letech se jedná zejména o tři oblasti, které jsou popsány níže. [38]

Prvním konceptem je přenosová normalizace. Ta je již známa pro síťové protokoly IPv4 a TCP/IP a další. Obecně je normalizátor přítomen přímo na cestě přenosu a usměrňuje přepravu paketů v rámci odstranění potenciálních nejasností. Stejný koncept byl aplikován do oblasti řízení budov. V inteligentních budovách je většina zařízení v kontaktu s člověkem, proto je žádoucí zajistit jejich zabezpečení. Normalizátor přenosu se tak jeví jako užitečný v rámci odstraňování nevyhovujícího provozu pro ostatní síťové protokoly. [38]

Dalším z témat, jež je v rámci řízení budov pouze ve vývoji, je detekce anomálií. Tato funkce je založena především na dvou principech. Jedním z nich je analýza toku informací, který lze využít ke klasifikaci statických vlastností toku dat, konstrukci grafů přenosu a časovému pozorování. Jedná se o metodu, jež je vhodná pro řídicí systémy budov vzhledem k relativně statické podobě topologie sítí. Druhým způsobem detekce anomálií je metoda přístrojového učení. Vzhledem k nesčetnému počtu dat, jichž je potřeba vzít v potaz, lze využít zejména bezobslužných metod učení, mezi které se řadí Principal Components Analysis, Clustering a Random Forests. Oproti běžným metodám je jejich největší výhodou, že nevyžadují manuální přiřazování dat. [38]

Poslední technikou je fuzzing, jenž slouží k odhalování bezpečnostních trhlin a chyb v softwaru, síti i operačním systému. Jeho funkce je založena na odesílání masivního počtu



náhodných dat za účelem pádu sítě. Známé aplikace tohoto procesu jsou zejména u internetových sítí, souborových formátů i softwarových programů. Momentálně je tento způsob ochrany pro inteligentní budovy užitečný zejména z hlediska testování robustnosti sítě. Výzkum se provádí primárně za účelem určení, zdali je systém schopen vydržet zatížení masivního počtu náhodných dat a také o jaký řídicí systém se jedná. [38]

7.3 Praktická ukázka

Řídicí systémy budov jsou často velmi závislé na centrálních počítačích a komunikačních protokolech, které často oplývají nedostatky v oblasti zabezpečení. V článku *A Practical Attack Against a KNX-based Building Automation System* [39] je nejprve analyzován reálný případ systému automatizace budovy pro možný útok, kde je využito rozšířeného systému KNX připojeného k IP síti. Zároveň jsou zkoumány slabé stránky sítě založené na KNX. Pro praktické znázornění zneužitelnosti těchto slabín a jejich potencionálního vlivu, byla implementována plnohodnotná infrastruktura, jež nahrazuje typické nasazení řídicího systému budov. Na tomto modelu je ukázána proveditelnost možného útoku, který využívá a kombinuje dříve zmíněné slabiny. Lze také ukázat jednoduchost reverzního inženýrství, jež je přínosné především pro dodavatele KNX komponentů. Vzorové napadení využívá IP-KNX konektivity pro odesílání libovolných příkazů, jež jsou provedeny pomocí akčních členů. I když je zde použit systém KNX, tento model lze generalizovat i na ostatní komunikační protokoly, jenž mají podobnou charakteristiku. Nakonec jsou zde také uvedeny opatření, které pomohou k zabránění útoku v praxi. [39]

7.3.1 Představení

Proces vývoje „smart-green houses“, využití zdrojů energie i dalších odvětví inteligentních instalací jde neustále kupředu. Zároveň jsou požadovány nároky na integraci chytrého digitálního systému, který by umožnil plánované řízení zdrojů energie komerčních i obytných budov. Dle výzkumu od Junghoon Lee, Gyung-Leen Park, Sang-Wook Kim, Hye-Jin Kim a Chang Oa Sung (2011) lze s využitím inteligentního plánování spotřeby energie zredukovat špičkový odběr v jednotlivých budovách i v distribučním systému. V návaznosti na tuto informaci začali prodejci vyvíjet domovní automatizační technologie, které budou brzy hrát hlavní roli v běžných denních aktivitách. [39]



Řídicí systém budov je složen primárně z několika senzorů a akčních členů, které ovládají vybavení budovy, jako je osvětlení, žaluzie, záclony, bezpečnostní systémy, distribuce energie, vytápění a klimatizace či měření. Pro přenos dat mezi jednotlivými komponenty slouží komunikační protokol. Jednoznačnou výhodou řídicího systému budov je jednoduchá modifikace ovládání pomocí konfiguračního softwaru bez nutnosti zásahu do instalace, což bylo dříve potřebné. Na druhé straně je tato flexibilita problémem, jelikož je systém řízení otevřen, což vzhledem k jeho bezpečnostním slabším představuje hrozbu v podobě výrazného dopadu na fyzické okolní prostředí. [39]

Vědci objevili vážné slabiny v zabezpečení a to především v případě, kdy systém není fyzicky oddělen od jiných komunikačních systémů přítomných v budově či od internetu. Některá z možných řešení těchto slabín jsou převážně založena na integraci kryptografických zařízení do systému. [39]

V tomto článku je využito následujícího postupu. Nejprve jsou zhodnoceny předchozí výzkumné práce zaměřené na slabiny a možné útoky na systém KNX. Poté je uveden příklad praktického napadení systému bez možnosti fyzického přístupu k jakémukoliv zařízení. Útok je popsán a použit na testovacím modelu BAS, který reprezentuje reálný scénář. Nakonec jsou analyzovány existující příklady náprav, jsou popsány jejich hranice a diskutovány překážky bránící jejich využití. [39]

7.3.2 Zabezpečení BAS

V tradičním silovém systému jsou operace prováděny pomocí vypínačů, které jsou limitovány na základní funkce vypnutí a zapnutí. BAS je v základu naprosto jiné. Systém je založen na součinnosti senzorů a akčních členů, které spolu komunikují přímo či přes centrální počítač. Akční členy provádějí některý z úkonů v závislosti na specifické informaci získané z příslušného senzoru. [39]

I přes to, že existuje již několik komunikačních protokolů, jako je Modbus, LonTalk, Zig-Bee a BACnet, je KNX jedním z nejvíce využívaných. Jeho popis je uveden v kapitole 3.2 KNX. Jeho široké využití je doloženo podporou několika hlavních světových výrobců BAS zařízení, jimiž jsou ABB, Siemens a GEWISS. [39]



Klasická konfigurace BAS připojené k síti LAN a internetu obsahuje senzory a akční členy komunikující protokolem KNX, k němuž se lze připojit přes IP router ze vzdálených zařízení či místními zařízeními přes LAN. Jednoznačně nejslabším článkem pro napadení KNX instalace je jakékoliv zařízení připojené k síti LAN. Rozsáhlost aplikací systému KNX a důležitost i různorodost řízení jednotlivých prvků budovy předurčuje k hledání a zabezpečení jednotlivých bezpečnostních slabín. Samotné KNX bohužel obsahuje pouze základní zabezpečovací prvky. [39]

7.3.3 Současný stav

Předchozí průzkumy dokázaly, že hlavními nedostatky KNX v oblasti zabezpečení jsou nízká míra autentizace a šifrování. Přestože je zde primárně popisován systém KNX, zmíněné potíže se týkají i protokolů BACnet, LonTalk i ZigBee. BAS jsou vystavovány hned několika typům útoků, jako je vypovězení služby, sledování sítě či nakažení virem. Risk útoku na BAS je zvýšen v případě, že systém není izolován a je připojen na další síť, jako například internet, což je případ většiny instalací. [39]

7.3.4 Příklad experimentu

Cílem experimentu bylo ověřit slabiny v zabezpečení u systému KNX, které byly popsány v literatuře, a také zjištění skutečného dopadu při nedostatku zabezpečovacích mechanismů. [39]

K sestavení modelu pro následné testování bylo využito prvků od GEWISS, čímž byla sestavena sice minimalistická, ale typická instalace BAS. Jednotlivými komponenty bylo kontaktní rozhraní se 4 vstupy, zdroj KNX, spínací akční člen se 4 výstupy, 2 kanálový stmívač pro ovládání osvětlení a KNXnet/IP router pro komunikaci mezi TCP/IP a KNX sítí. K parametrizaci uvedených přístrojů bylo využito programu ETS4, jehož novější verze je popsána v kapitole 5.1 ETS. [39]

Cílem experimentu bylo ukázat proveditelnost systematického útoku na specifický typ zařízení v síti KNX, jenž nezahrnuje nutnost fyzického přístupu k řídicímu systému. Útok byl prováděn aplikací spustitelných zatížení na libovolné přístroje v rámci KNX LAN sítě.



Jedná se o způsob, jenž je dostupný pro většinu hackerů a lze jej provést skrz několik prostředníků, jimiž mohou být emailové přílohy, spear phishing¹⁰, drive-by downloads¹¹ nebo přenosnými USB disky. Nynější zvýšená četnost propojení mezi IP a ostatními sítěmi, jako je KNX, zvyšuje přesnost představovaného experimentu vůči podobě scénářů reálného prostředí. [39]

Jednou z dalších potřeb útočníka je přístup k alespoň jednomu zařízení stejného typu od každého přístroje vybraného k napadení. Důvodem této podmínky je možnost provedení protokolu reverzního inženýrství. V praxi se nejedná o žádnou limitující podmínku, jelikož lze bez větších potíží získat testovací zařízení dostupné na komerčním trhu. Zároveň je možné jednoduše zjistit informace o typu přístroje připojeného k routeru. [39]

Cílem útočníka je resetování libovolného členu do jeho továrního nastavení, získání kontroly a zablokování řídicího systému KNX. Tímto způsobem lze zamezit koncovému uživateli ovládání jakýchkoliv funkcí BAS do doby, než je dokončeno přeprogramování. [39]

Popisovaný experiment je postaven na scénáři, jehož výsledkem je schopnost imaginárního útočníka rozsvítit demonstrační světla, přičemž běžný uživatel nemá možnost tuto funkci ovládat před finálním ukončením programování. Prvním krokem napadení systému je jeho infiltrace připraveným virem. V případě, že systém KNX není chráněn bezpečnostním heslem, vir přeprogramuje všechny členy instalace a nastaví heslo, které efektivně zamezí instalatérovi přeprogramování systému. V případě zakódování systému vir nasimuluje selhání systému blikáním světel. To donutí uživatele k přeprogramování zařízení s využitím příslušného hesla, jež vir dokáže detekovat, uložit a následně využít stejně jako by systém nebyl chráněn. [39]

Prvním krokem je tedy vyhledání KNXnet/IP routeru. Vir vytvoří seznam adres případných kandidátů tím, že prozkoumá celou lokální síť za účelem nalezení hostitelů, jež odpoví na příslušnou zprávu. Následně vir provede metodu skenování, čímž identifikuje zařízení připojená ke KNX části routeru. [39]

Následně dochází k odeslání paketu pro zjištěné zakódování. Zároveň je zahájen proces detekce pro zachycení odpovědi zařízení, jež zahrnuje podobu bezpečnostního hesla.

¹⁰ Cílená podvodná e-mailová zpráva odeslaná z adresy známé osoby.

¹¹ Stažení škodlivé části softwaru při otevření internetové stránky a její následná instalace.



Pokud je kód v základní formě, tedy systém není zabezpečen, objeví se ve zprávě ve formátu ffffffff. [39]

Vyhledávání hesla v TCP/IP paketech bylo vytvořeno v programovacím jazyce C#. Kdykoliv je zaznamenán konkrétní příkaz, vir dekóduje heslo z datového segmentu a provede kontrolu kódu pro zjištění jeho platnosti. Jak již bylo zmíněno, pro donucení uživatele k provedení přeprogramování nasimuluje poruchu systému. [39]

Posledním krokem je samotné přeprogramování zařízení. V případě, že systém není chráněn heslem, nejprve nastaví náhodný kód, aby zamezil přístupu běžným uživatelům. Následně naprogramuje zařízení tak, že od tohoto okamžiku budou vykonávat libovolné příkazy zvolené hackerem. [39]

Při samotném provedení experimentu bylo ověřeno, že uvedený cyklus operací fungoval v případě heslem chráněného i nechráněného systému KNX. Výsledkem je, že všechna systémová zařízení mohou být přeprogramována a nastavena jako nepoužitelná. [39]

Stejný způsob napadení by mohl být alternativně proveden na základě fyzického přístupu ke KNX sběrnici. Ačkoliv se může toto provedení jevit jako složitější, je stejně jednoduché jako odpojení nástěnného tlačítka a připojení KNXnet/IP routeru ke sběrnici. Mnoho z routerů dokáže pracovat nezávisle na typu sběrnice. Akční členy ani senzory nedokáží navzájem rozeznat pravé či škodlivé routery. Pokud je nastaveno heslo, může být prolomeno stejným způsobem uvedeným výše. [39]

Závěrem experimentu je zjištění, že pokud nedojde k zásadním vylepšením v rámci bezpečnosti komunikačních protokolů a samotných zařízení dostupných na trhu, KNX přístroje nemohou být chráněny proti útokům založeným na fyzickém přístupu a pouze okrajově dokáží odolat napadení vzdálenému, tedy na základě IP sítě. To znamená, že protokol ve formě, v jaké je dostupný nyní, není schopen řešit kritické systémy bezpečnostního typu, jako jsou například alarmy. [39]

7.4 Konkrétní návrh zabezpečení pro akvárium

Vzhledem k teoretickým poznatkům získaným z předchozích lze zabezpečení rozdělit na možnost přímého fyzického napadení systému a vzdáleného útoku přes internetovou síť. Lze se tedy na možnost zabezpečení podívat z obou pohledů a navrhnout taková opatření, aby došlo ke snížení rizika převzetí kontroly nechtěnou osobou.



V rámci zabránění fyzického přístupu k systémové instalaci v budově je možné aplikovat kontrolu přístupu, kterou mohou představovat čtečky karet či biometrických parametrů u vstupu do objektu, stejně jako kódovací zámky. Problémem je však fakt, že i tyto prvky mohou být součástí instalace a i přes ně lze systém napadnout. V tomto ohledu má model značnou výhodu. Vzhledem k jeho rozměrům a umístění je proti přímému přístupu chráněn externím systémem. Akvárium se nachází v jedné z místností ve 4. patře kancelářské budovy. Přístup do objektu je řešen identifikací čipové karty, jejíž kontrola je požadována i v rámci přístupu na individuálním patře. Budova je zároveň opatřena kamerovým systémem, který monitoruje vnitřní i vnější prostředí budovy a záběry přenáší na recepci pro umožnění kontroly příslušným pracovníkem.

V rámci parametrizačního programu ETS lze aplikovat zabezpečení heslem a to jak pro příslušná zařízení, tak i pro samotný projekt, jenž je potřebný pro následnou konfiguraci jednotlivých prvků systému. V případě, že projekt není dostupný, je potřeba jej opětovně vytvořit. Je proto vhodné již hotový projekt chránit kódem před přístupem nepovolaných osob. Z výše uvedeného experimentu je patrné, že i pro případné napadení zvenčí nemusí použití hesla pro ovládání prvků znamenat jednoznačnou ochranu. Pro docílení komplexního zabezpečení systému je však důležité odstranit všechny slabiny, které by mohly i jen nepatrně zvýšit možnost napadení.

Pokud na okamžik opomeneme cíl útočníka kompletně přeprogramovat chování systému a převzít kontrolu s cílem odpojit hlavního uživatele od řízení, lze uvažovat i nad možností pouhého připojení se k vizualizaci a ovládání daného objektu v rámci vizualizace. V rámci modelu je možnost zobrazení vizualizace odblokována a uvolněna k libovolnému využití z důvodu, že se jedná o prezentační model, jenž by měl nalákat případné zájemce o inteligentní elektroinstalaci pro jejich objekt. Proto je potřeba zajistit přístup k jeho vyzkoušení. V rámci reálné instalace je však prakticky využíváno bezpečnějšího přístupu s použitím individuálního uživatelského jména a hesla, které lze nastavit dle požadavků investora i v mnoha verzích pro každého uživatele zvlášť. Zároveň je možné každému uživatelskému účtu povolit přístup do rozdílných sekcí ovládání v závislosti na tom, zda se jedná o pouhého návštěvníka objektu či stálého obyvatele.

Ze získaných informací lze za nejkritičtější oblast bezpečnosti označit internetovou síť, která může propojovat jednotlivé linie systémové instalace. Ochrana telegramů přenášených touto cestou je zajištěna šifrováním a autentizací pokročilého standardu označovaného



AES, jež je umožněno v rámci konceptu KNX IP Secure. V demonstračním modelu však není kromě konfigurační jednotky SpaceLYnk komunikace po IP síti využita. Toto zařízení do poslední aktualizace firmwaru nepodporovalo výše uvedený koncept. Nyní je však v této oblasti plně zabezpečený a lze jej případně využít i v instalacích s IP páteří sítí. Veškerá komunikace v rámci modelu probíhá lokálně přenosem po kroucené dvoulince. Její zabezpečení je v rámci KNX docíleno pomocí KNX Data Secure, kde dochází ke stejnému procesu v rámci zabezpečení užitečných dat telegramu. Podmínkou je však použití takového zařízení, jež tuto funkci podporuje. Jedná se o takzvané KNX Data Secure zařízení. U těchto jednotek tak probíhá zabezpečení nejdůležitější části telegramu označované APDU metodami datové integrity, aktuálnosti, šifrování a autentizace. Telegramům je přiřazeno sekvenční číslo a autentizační kód pro následné šifrování. [40]

Je tedy patrné, že pro docílení komplexního zabezpečení systémové instalace je potřeba dbát na výše uvedené oblasti již ve fázi návrhu a projektování, přestože otevřenost decentralizovaného systému KNX umožňuje nahrazení stávajících zařízení novými, jež jsou vybaveny potřebným šifrováním. Jedná se tedy i o případ popisovaného modelu, v němž by pro využití ochrany pomocí KNX Data Secure bylo zapotřebí vyměnit stávající systémové prvky. Na trhu jsou již dostupné způsoby ochrany inteligentní elektroinstalace. Je však potřeba klást důraz na zvýšení povědomí o jednotlivých technikách mezi projektanty, systémové integrátory a v neposlední řadě i koncové uživatele.



Závěr

V úvodu práce byl uveden základní popis inteligentních řídicích systémů budov, jejich vlastnosti, základní dělení i příklady nejčastěji využívaných systémů spolu s ukázkami reálných instalací. Pro představení vývoje v této oblasti byla popsána historie automatizace řízení budov, současný stav i předpokládaný směr, jímž se bude ubírat. Podrobněji byl popsán zejména systém KNX, jenž byl aplikován k řízení modelu. Získané informace byly následně využity při tvorbě modelu, parametrizaci jednotlivých zařízení a vytvoření vizualizace pro ovládání akvária.

Hlavní část práce představovalo samotné sestavení modelu, jemuž předcházela návrh jednotlivých systémových komponent určených k řízení technologií akvária. Dle vytvořeného výkresu byl odbornou firmou vyroben rozvaděč, který je umístěn vedle nádrže. Pro řízení modelu byla vytvořena vizualizace, jež je téměř totožná s již funkční a využívanou vizualizací uvedeného apartmánu. Bylo tak docíleno rovnocenné aplikace řízení reálného objektu na demonstrační model. Odlíšnost lze najít pouze v jedinečných požadavcích na ovládání akvária.

Jedním z hlavních cílů bylo nastavení optimálního způsobu řízení vytápění, jenž by nahradil primitivní funkci spínání závislou na překročení mezních hodnot. Ty byly nastaveny na odchylku $\pm 0,1$ od požadované teploty vody. Při tomto způsobu však docházelo k častému spínání a zároveň nedocházelo k udržování konstantní hodnoty teploty v nádrži. Proto byl vytvořen skript, který řídí vytápění s ohledem na časovou změnu teploty v akváriu v závislosti na teplotě v místnosti. Díky tomu je spínání otopného tělesa méně časté, čímž je snížena spotřeba energie na vytápění a zároveň dochází k jeho šetrnějšímu používání.

Jelikož byl model navržen s požadavkem na neomezeně volné ovládání, ale zároveň i na absolutní soběstačnost se schopností udržet konstantní vnitřní podmínky, bylo potřeba zajistit automatický návrat do optimálního módu. Ten je prováděn na základě doby, která uplynula od poslední změny příslušné funkce. Za pomoci skriptů je tak docíleno obnovy optimálního stavu akvária, čímž je model kromě doplňování krmiva, čištění a výměny vody naprosto soběstačný.



V závěru byl také navrhnout a z části realizován způsob zabezpečení elektroinstalace modelu. Pro zabránění přeprogramování příslušných systémových jednotek byl zakódován projekt akvária v programu ETS5. Komunikaci po IP síti, jenž je dostupná pouze pro konfigurační zařízení SpaceLYnk, zajišťuje modul KNX IP Secure, který byl do přístroje v rámci posledních úprav a aktualizací integrován. Zejména tento bod je vzhledem k nezabezpečenému přístupu k vizualizaci velmi kritickým v rámci bezpečnosti systému. Pro kompletní ochranu sběrnice bylo navrženo využití takových KNX jednotek, které využívají šifrování a autentizace za pomoci KNX Data Secure. Vzhledem k plánovanému využití modelu bylo vytvořen velmi komplexní způsob zabezpečení, který dokáže ochránit systémovou instalaci před případným napadením.

V rámci diplomové práce byl vytvořen model, jenž představuje a umožňuje libovolnému uživateli vyzkoušet řízení rodinného domu pomocí systému KNX. Návrh, realizace, parametrizace zařízení i tvorba vizualizace probíhala v souladu s podmínkami i totožným přístupem k realizaci inteligentních instalací v objektech typu apartmán či rodinný dům. V rámci automatizace se proto jedná pouze o zmenšenou verzi reálné stavby, která je však v oblasti řízení akvárií jedinečná a na trhu má pouze minimální konkurenci.



Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] PELUFFO, Matias. Defining Today's Intelligent Building. In: *CommScope* [online]. Hickory (North Carolina): CommScope, ©2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.commscope.com/Blog/Defining-Todays-Intelligent-Building/>.

[2] BUGALA, Artur. Intelligent buildig systems. *Computer Applications in Electrical Engineering* [online]. Poznaň, 317-332 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.iee.put.poznan.pl/wydawnictwa/wydawnictwaFiles/%5C2012%5C19_Computer%20Applications%20in%20Electrical%20Engineering_10%5C!317_30_Frydrychowicz-Jastrz%C4%99bska.pdf.

[3] WANG, Shengwei. *Intelligent buildings and building automation* [online]. 2009. New York: Spon Press, ©2010 [cit. 2016-05-27]. ISBN 02-038-9081-7. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=4C58AgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

[4] SPRAGUE, Holly. Parks Associates' new industry research focuses on IoT innovations and interoperability in the smart home. In: *Parks Associates* [online]. Dallas: Parks Associates, ©1998-2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.parksassociates.com/blog/article/pr-01132016-iot-innovations>.

[5] KÖNIG, Petr. Inteligentní budovy v České republice. In: *TZB-info: Stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. Praha: Topinfo, ©2001-2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/9364-inteligentni-budovy-v-ceske-republice>.

[6] IOS 9 - HomeKit - Apple. *Apple* [online]. Cupertino (Kalifornie): Apple, ©2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.apple.com/ios/homekit/>.

[7] Home Automation - All Accessories- Apple. *Apple* [online]. Cupertino (Kalifornie): Apple, ©2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.apple.com/us/shop/accessories/all-accessories/home-automation>.

[8] CHASE, Jon. Building a Smart Home With Apple's HomeKit. In: *The Wirecutter* [online]. San Francisco (Kalifornie): Submarine Leisure Club, ©2014 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://thewirecutter.com/reviews/building-a-smart-home-with-apples-homekit/>.



- [9] KAPKO, Matt. Google's Nest struggles could set back the IoT movement. In: *CIO: Tech News, Analysis, Blogs, Video* [online]. Framingham (Massachusetts): CXO Media, ©1994-2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.cio.com/article/3053652/internet-of-things/google-nest-struggles-could-set-back-the-iot-movement.html>.
- [10] BIXBY, Ben. The Nest Thermostat earns an ENERGY STAR®. In: *Nest* [online]. Palo Alto (Kalifornie): Nest Labs, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: https://nest.com/blog/2017/02/28/the-nest-thermostat-earns-an-energy-star/?utm_medium=paid%20social&utm_source=Twitter&utm_campaign=Awareness%20%20Energy%20Star%20Blog&utm_content=Awareness%20%20Energy%20Star%20Blog.
- [11] MERZ, HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [12] PRAVDA, Ivan. Systémy pro inteligentní budovy. In: *Publi* [online]. Brno: Code Creator, ©2011-2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/239/02.html>.
- [13] NEVAŘILOVÁ, Ludmila. Druhy a typy sběrnicových systémů. In: *Učíme v prostoru: Vzdělávací 3D encyklopedie* [online]. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/dum/?page_id=2884.
- [14] BERNSTEIN, Ron. Definitions and terminology: Open systems definitions and terminologies for building automation systems and features. In: *Consulting-Specifying Engineer* [online]. Encinitas (Kalifornie): RBCG LLC, 2013 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.csemag.com/single-article/definitions-and-terminology/0079535b5215fbde1640bea6e592852a.html>.
- [15] SULIVAN, Ed. Proprietary or Open? Real Question is, 'What's in it for Me?'. In: *FacilitiesNet* [online]. Milwaukee (Wisconsin): Trade Press, 2003 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.facilitiesnet.com/facilitiesmanagement/article/Proprietary-or-Open-Real-Question-is-Whats-in-it-for-Me-Facilities-Management-Facilities-Management-Feature--1631>.
- [16] Otevřený standard KNX. In: *ČR CONSERVIS* [online]. Praha: ČR CONSERVIS, ©2008-2013 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www.crconservis.cz/stranka-otevreny-standard-knx-55>.
-



- [17] Základní údaje. *ABB* [online]. Zurich: ABB, ©2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://new.abb.com/cz/o-nas/zakladni-udaje>.
- [18] Technické info o systému. *Informační portál o domovní elektroinstalaci - ABB* [online]. Jablonec nad Nisou: ABB s.r.o., Elektro-Praga, ©2006 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=10245>.
- [19] Nastavení systému. *Informační portál o domovní elektroinstalaci - ABB* [online]. Jablonec nad Nisou: ABB s.r.o., Elektro-Praga, ©2006 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=10246>.
- [20] Možnosti ovládání. *Informační portál o domovní elektroinstalaci - ABB* [online]. Jablonec nad Nisou: ABB s.r.o., Elektro-Praga, ©2006 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <http://www117.abb.com/index.asp?thema=8921>.
- [21] KNX (standard). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_\(standard\)](https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard)).
- [22] BEAL, Vangie. Twisted-pair cable. In: *Webopedia: Online Tech Dictionary for IT Professionals* [online]. Foster City (Kalifornie): QuinStreet, ©2016 [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: http://www.webopedia.com/TERM/T/twisted_pair_cable.html.
- [23] SAGAR, Richard. Case Study: KNX-controlled Super House in Melbourne Australia. In: *KNXtoday: The online trade magazine for KNX home and building control* [online]. Sypha, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://knxtoday.com/2017/03/9215/case-study-knx-controlled-super-house-in-melbourne-australia.html>.
- [24] CEDIA | Our History. In: *Cedia* [online]. Indianapolis (Indiana): CEDIA, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://cedia.net/about/history>.
- [25] In the Castle the BUS is in the Air. *KNX Journal*. 2016, **2016**(2), 8-9. ISSN ISSN:2033-7396.
- [26] 5000 Smartphones Instead of Push Buttons. *KNX Journal*. 2016, **2016**(2), 10-11. ISSN ISSN:2033-7396.



[27] Spínaný zdroj MEAN WELL DR-100-24: GM Electronic. *GM Electronic: Elektronické součástky, komponenty* [online]. GM Electronic, ©1990-2017 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/spinany-zdroj-mean-well-dr-100-24#product-detail>.

[28] Spínaný zdroj MEAN WELL LPV-60-12: GM Electronic. *GM Electronic: Elektronické součástky, komponenty* [online]. GM Electronic, ©1990-2017 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/spinany-zdroj-mean-well-lpv-60-12>.

[29] Schneider Electric eShop MTN647895. *ELEKTROPEN CZ* [online]. ELEKTROPEN CZ, 2012 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <https://www.elektropen.cz/MTN647895>.

[30] BE-16024.01. *KNXshop.cz* [online]. IQ Budovy [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://www.knxshop.cz/binarni-vstupy/be-16024-01/>.

[31] Schneider Electric: Produkty a služby. *Schneider Electric* [online]. Nanterre, France: Schneider Electric, ©2016 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: http://www.schneider-electric.cz/czech-republic/cz/produkty-sluzby/aktualizace-nabidek/prohlizec-novinek.page?c_file-path=/templatedata/Content/News/data/cz/local/installation-systems-and-control/general_information/2015/05/20150507_spacelynk_kontroler.xml.

[32] Elektroměr PRO1-Mod. *Elektroměry: Specializovaný velkoobchod elektroměrů a příslušenství* [online]. GlobeWeb Czech, ©2017 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: http://www.elektromery.com/product/elektromery-s-komunikaci-modbus---_prub/elektromer-pro1-mod-0_25-45a-modbus-cz-c/76.

[33] Programovatelný převodník pro měření pH - PH1: SMARIS s.r.o. *SMARIS s.r.o.: Měření a regulace* [online]. SMARIS, ©2011 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://www.smaris.cz/produkty/programovatelný-prevodnik-pro-mereni-ph-ph1-116.html>.

[34] Resun automatické krmítko af 2003. *Akva-tera.cz* [online]. Akva-tera.cz [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://www.akva-tera.cz/akvaristika/akvaristika/pomucky-a-doplanky/krmitka/resun/39197-resun-automaticke-krmitko-af-2003.html>.

[35] Certifikace produktů. *KNX Association* [online]. Brusel: KNX Association, ©2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.knx.org/cz/knx/technika/certifikace/index.php>.

[36] ISO 9001. *ITC - institut pro testování a normalizace* [online]. Zlín: ITC - institut pro testování a normalizace, 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.itczlin.cz/cz/iso-9001>.



[37] KNX Association. *KNX Association* [online]. Brussels: KNX Association, c2012 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <https://www.knx.org/cz/software/ets/popis/index.php>.

[38] WENDZEL, Steffen, Jernej TONJEC a Alexandra KOBKOVA. Cyber Security of Smart Buildings. SONG, Houbing, Danda RAWAT a Christian BRECHER. *Security and Privacy in Cyber-Physical Systems: Foundations and Applications*. Wiley, 2016, s. 1-28. ISBN 9780128038017.

[39] ANTONINY, Alessio, Federico MAGGI a Stefano ZANERO. A Practical Attack Against a KNX-based Building Automation System. *ICS-CSR 2nd International Symposium for ICS: proceedings : St. Pölten, Austria, 11-12 September 2014*. Swindon: BCS Learning, 2014, s. 53-60. Electronic workshops in computing. ISBN 978-1-78017-286-6.

[40] KNX Encryption. *KNX Association* [online]. Brusel: KNX Association, ©2012 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.knx.org/knx-en/Landing-Pages/KNX-Secure/KNX-encryption/index.php>.



Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Funkce inteligentních systémů</i>	15
<i>Obr. 2: Schéma centralizovaného systému</i>	19
<i>Obr. 3: Schéma decentralizovaného systému</i>	20
<i>Obr. 4: Schéma hybridního systému</i>	21
<i>Obr. 5: Schéma liniové topologie [13]</i>	21
<i>Obr. 6: Schéma stromové topologie [13]</i>	22
<i>Obr. 7: Schéma hvězdicové topologie [13]</i>	22
<i>Obr. 8: Schéma zapojení modelu</i>	35
<i>Obr. 9: Demonstrační model</i>	36
<i>Obr. 10: Rozvaděč R-A</i>	37
<i>Obr. 11: Krmící zařízení Resun af2003 [33]</i>	45
<i>Obr. 12: Systémové tlačítko</i>	46
<i>Obr. 13: Příklad skupinových adres pro řízení osvětlení</i>	53
<i>Obr. 14: Liniové schéma systému KNX</i>	55
<i>Obr. 15: Úvodní strana konfiguračního prostředí SpaceL Ynk</i>	58
<i>Obr. 16: Hlavní obrazovka vizualizace</i>	61
<i>Obr. 17: Záložka binárních vstupů</i>	62
<i>Obr. 18: Záložka s předpovědí počasí</i>	63
<i>Obr. 19: Záložka s komplexním přehledem teplot</i>	64
<i>Obr. 20: Záložka Osvětlení</i>	65
<i>Obr. 21: Záložka pro řízení filtrace a vzduchování</i>	66
<i>Obr. 22: Příklad časového spínání</i>	66
<i>Obr. 23: Záložka spotřeby energie</i>	67
<i>Obr. 24: Záložka Kamery</i>	68
<i>Obr. 25: Liniové schéma zapojení systémových zařízení</i>	69
<i>Obr. 26: Ilustrační model budovy</i>	70
<i>Obr. 27: Záložka binárních vstupů pro mobilní telefon</i>	71
<i>Obr. 28: Hlavní menu pro mobilní telefon</i>	71
<i>Obr. 29: Hlavní stránka vizualizace apartmánu</i>	73



<i>Obr. 30: Menu funkcí</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 31: Řízení osvětlení</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 32: Záložka pro řízení závěsů</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 33: Řízení vytápění.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 34: Centrální ovládání ventilátorů.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 35: Záložka pro garáž.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 36: Aktuální hodnoty počasí</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 37: Předpověď počasí</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 38: Přehled teplot.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 39: Spotřeba energie</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 40: Záložka binráních vstupů apartmánu</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 41: Centrální volba operačních módů</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 42: Centrální vypínání osvětlení</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 43: Záložka EZS</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 44: Řízení cirkulace TUV.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 45: Centrální blokace podlahového vytápění</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 46: Režimy odjezdu a příjezdu</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 47: Příklad grafického zobrazení vývoje rychlosti větru.....</i>	<i>87</i>

Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Individuální adresy přístrojů.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 2: Seznam skupinových adres střední úrovně pro Hlavní ovládání.....</i>	<i>53</i>

Seznam grafů

<i>Graf 1: Časový průběh spínání otopného tělesa v závislosti na teplotě v místnosti</i>	<i>43</i>
<i>Graf 2: Vývoj teploty v závislosti na změně řízení a teplotě v místnosti.....</i>	<i>44</i>



Přílohy

1. Příloha - elektronická: Technický výkres rozvaděče R-A
2. Příloha - elektronická: Kabelová tabulka