

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Návrh managementu energií v inteligentní
budově**

Design of the energy management in Smart Home

Rok 2015

Bc. Dušan Skopal

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Dušan Skopal**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Návrh managementu energií v inteligentní budově**
Design of the energy management in Smart Home

Zásady pro vypracování:

Zadání:

Realizujte návrh managementu energií a komfortního řízení provozně technických funkcí v inteligentní budově. Vyberte vhodný sběrníkový systém pro implementaci Zpracování návrhu regulace a řízení provozně technických funkcí v inteligentní budově.

Cíl:

Návrh managementu energií a komfortního řízení pro Smart Home a zpracování projektové dokumentace.

Úkoly:

1. Současný stav managementu energií v inteligentních budovách.
2. Výběr vhodného sběrníkového systému pro Smart Home.
3. Návrh managementu energií v Smart Home s ohledem na snížení spotřeby energií.
4. Návrh komfortního řízení provozně technických funkcí v Smart Home s ohledem na potřeby obyvatel (popis potřeb obyvatel, analýza provedení, specifikace materiálu).
5. Implementace vybraného sběrníkového systému pro Smart Home, zpracování projektové dokumentace.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] M. Valeš, Inteligentní dům, ERA group spol.s r.o., Brno, 2006, ISBN:80-7366-062-8
- [2] Merz H., Hansemann T., Hubner C.; Automatizované systémy budov - Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet, Grada Publishing, Praha 2007, ISBN 978-80-247-2367-9
- [3] J. Vaňuš, Řízení provozu budov, učební text, VŠB TU Ostrava, 2013
- [4] Harper R.; Inside the Smart Home. Springer, London, 2003, ISBN1-85233-688-9
- [5] Clements – Croome D.; Intelligent Buildings: Design, Management and Operation, Thomas Telford Limited, London 2004, ISBN 0 7277 3266 8
- [7] Chana M., Campoa E., Estèvea D., Fourniols J. Y.; Smart homes — Current features and future perspectives, 2009, www.elsevier.com/locate/maturitas [cit. 2012 – 23-11]
- [8] Pattenden S. 2005. SmartHouse Code of Practice, CENELEC, CWA 50487, Ref. No. CLC/TR 50487:2005 E

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

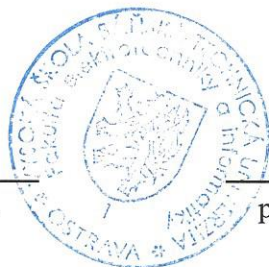
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2015



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Drahanovicích, dne 4. května 2015



.....
Bc. Dušan Skopal

Poděkování

Tato závěrečná práce byla vypracována v rámci projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Dále bych chtěl poděkovat za podporu a přínosné informace vedoucímu práce Ing. Janu Vaňušovi Ph.D., Tomášovi a Ivaně Spáčilovým za podporu během studia a za poskytnutí SW vybavení pro zpracování této práce a v neposlední řadě chci poděkovat za podporu a schovívavost své rodině.

Abstrakt

Tato diplomová práce má za cíl zpracování návrhu managementu energií a komfortního řízení provozně technických funkcí pro Smart Home včetně zpracování typové projektové dokumentace dvoupokojové bytové jednotky. Je zde popsána podstata a smysl energetického managementu spolu s aplikačními možnostmi a legislativními nástroji.

Klíčová slova: Inteligentní budova, management energií, KNX

Abstract

This thesis aims to draw up a proposal for the management of energy and comfort management of operational and technical functions for the Smart Home, including the processing type of the project documentation of the two-bedroom housing unit. As described herein, the nature and meaning of energy management along with the application possibilities and legislative instruments.

Keywords: Smart home, management energy, KNX

Obsah

1.	Úvod	1
1.1	Energetický management	2
1.2	Smart Home	3
2.	Současný stav managementu energií v inteligentních budovách.....	5
2.1	Energetický management a legislativa	6
3.	Přehled řídicích systémů	10
3.1	Centralizované systémy	11
3.2	Distribuované systémy	12
3.3	Decentralizované systémy	13
3.4	Hybridní systémy	14
4.	Řídicí systém pro Smart Home	15
4.1	Systém KNX.....	15
4.2	Vizualizace	16
4.3	SW pro management energií	17
5.	Posouzení budovy z hlediska energetické náročnosti	18
5.1	Tepelné prostředí	19
5.2	Kvalita vnitřního prostředí	19
5.3	Osvětlení	19
5.4	Řídicí systémy	19
6.	Návrh managementu energií v Smart Home	20
7.	Návrh komfortního řízení provozně technických funkcí	21
7.1	Popis potřeb obyvatel	21
7.2	Analýza provedení	22
8.	Implementace sběrnice systému pro Smart Home	24
8.1	Popis objektu	24
8.2	Vytápění	25
8.2.1	Návrh otopné soustavy	25
8.2.2	Tepelné ztráty prostupem, tepelné mosty.....	26
8.2.3	Tepelné ztráty větráním.....	27
8.2.4	Celkový návrh tepelného výkonu.....	27
8.2.5	Volba tepelného zdroje.....	28
8.3	Klimatizace.....	29
8.3.1	Tepelné zisky	29
8.3.2	Tepelná zátěž okny	29
8.3.3	Tepelné zisky stěnami	30
8.3.4	Tepelné zisky od osob	30

8.3.5	Tepelné zisky od svítidel.....	31
8.3.6	Tepelné zisky od spotřebičů.....	31
8.4	Vzduchotechnika – rekuperace	32
8.5	Osvětlení.....	32
8.5.1	Denní osvětlení.....	32
8.5.2	Umělé osvětlení.....	33
8.6	Žaluzie	33
8.7	Řídicí systém	34
8.8	Alternativní připojení zdroje energie	35
9.	Závěr.....	35
	Seznam použité literatury	36
	Seznam příloh	38

1. Úvod

Management energií a inteligentní budova spolu tvoří jeden celek. Těžko si lze představit management, neboli řízení bez smysluplného řídicího systému a stejně tak objekt vybavený tou nejmodernější systémovou instalací bez správného nastavení a absence řídicích signálů, nemůže být označován jako inteligentní budova ale bude představovat pouze objekt s předraženou elektroinstalací. Je třeba si uvědomit, že každý investor, potažmo uživatel očekává od zmíněného řešení přehlednost, jednoduchost, ale hlavně od svých vynaložených investic očekává finanční úspory za provoz, což představují převážně výdaje za energie. V dnešní době je nemožné setkat se s objektem, ať už se jedná o rodinný dům, administrativní budovu, nebo výrobní objekt, který by ke svému provozu nevyužíval energetický systém. Je pravdou, že čím se podíváme dále do historie vzniku těchto objektů (zde mám na mysli jejich výstavbu, případně rekonstrukci), tím nacházíme primitivnější a jednodušší energetické systémy s možností maximálně kaskádového ručního spínání, což už ale ve své podstatě tvoří jakýsi systém řízení neboli management. S postupem času a rostoucími cenami energií byl ale kladen důraz na snížení energetické náročnosti při zachování určitého komfortu, ať už se jedná o pohodlí, nebo o hygienické normy. Systémy topení, případně chlazení byly osazeny ekvitermní regulací, což přineslo nemalé úspory. V dalších letech se ekvitermní regulace doplnila o zónovou regulaci a na řadu přišly také osvětlovací soustavy, kde se ve větší míře začala využívat regulace výkonu stmíváním, případně řízením na stálou osvětlenost. Také tento krok přinesl jisté úspory, avšak ještě pořád nedokázal pružně reagovat na provozní režim objektů, nebo jeho částí a byl závislý na lidském zásahu, případně na přednastaveném časovém režimu, což ne vždy bylo žádané. Zde se již dostáváme k možnostem současných řídicích systémů, tzv. inteligentním budovám. Vyznačují se možností monitorování provozu jednotlivých ovládaných výstupů bez nutnosti přidávat další snímače a tento stav jsou schopny předávat do systému, případně přes komunikační rozhraní dále ke zpracování jiným systémům. Není také výjimkou, že tyto systémy dokáží sledovat na jednotlivých výstupech procházející proud, čímž dokáží podat potřebné informace ať již o poruše, tak o odběru daného spotřebiče v reálném čase. Samozřejmostí je také nezávislá regulace jednotlivých dílčích celků, například místností, kde v závislosti na snímači přítomnosti, snímači kvality

vzduchu CO₂ a snímačů teploty dokáží regulovat hladinu osvětlení, teplotu v místnosti, ventilaci a další případné spotřebiče jen v žádané době, což přináší již nemalé úspory a vědomí, že za energie platíme minimum s maximální efektivitou využití. Pokud se nad tím zamyslíme globálně, zjistíme, že tyto kroky, které přinesly tížené úspory, mají dalekosáhlejší vliv. Snížením energetické náročnosti budovy ulevíme také distribuční přenosové soustavě a sníží se potřeba dodávky energií a tím i požadavek na její výrobu, což se odrazí i na životním prostředí. Samozřejmě že jedinec v dnešní přetechnizované době nic nezmůže, ale právě proto je zde platná legislativa, která stanovuje pro administrativní a výrobní objekty určité energetické limity a povinnost zavést energetický management tak, jak je tomu běžně v ekonomicky vyspělejších a silnějších státech světa.

1.1 Energetický management

Energetický management je proces zabývající se analýzou, sběrem dat a následnou predikcí spotřeb energií jednotlivých energeticky závislých systémů budovy s cílem minimalizace provozních nákladů a vlivů na životní prostředí. Z toho vyplývá, že při měření spotřeby energie si nemůžeme vystačit pouze s centrálním měřením na vstupu do budovy, jak tomu bylo dříve, ale je třeba rozlišit jednotlivé dílčí systémy podílející se na dané spotřebě. Základním rozdělením můžeme systémy členit na vytápění, chlazení, ventilaci, osvětlení a ostatní spotřebiče. Aby však bylo možné dosáhnout tížených úspor, nestačí tyto systémy pouze monitorovat, ale je nutné zasáhnout do jejich provozu efektivním řídicím procesem. A pokud se podaří tyto jednotlivé řídicí systémy spolu propojit, případně využít jeden řídicí systém pro všechny instalované technologie a dílčí celky, máme zde prostor pro maximální optimalizaci energetických potřeb budovy. Zjednodušeně řečeno, energetický management představuje systematický proces nepřetržitě běžící optimalizace spotřeby energií spočívající v:

- Měření spotřeb energií s monitorováním dat v reálném čase
- Vyhodnocení získaných dat
- Implementace navržených algoritmů a úsporných opatření
- Vyhodnocení předpokládaných a skutečně dosažených energetických úspor

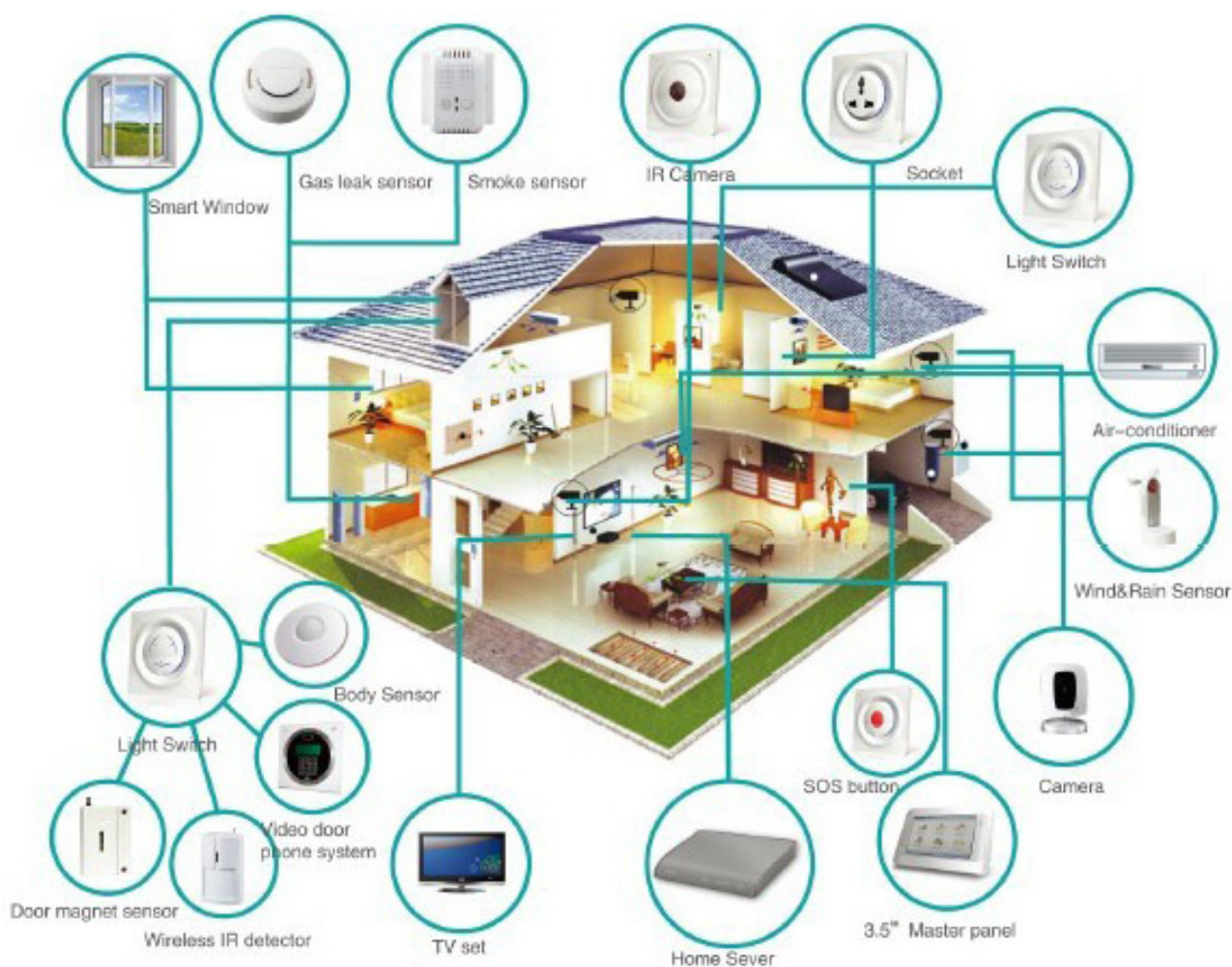
Nutno také podotknout, že získané úspory nejsou jediným hnacím motorem v oblasti úspor energií. Je také nutné reagovat na legislativní požadavky ČR a EU, např.

- Zákon 406/2000 Sb., o hospodaření energií ve znění 318/2012 Sb.
- Zákon 310/2013 Sb., o podporovaných zdrojích energie
- Vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
- Vyhláška 480/2012 Sb., o energetickém auditu a posudku
- Vyhláška 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřina a tepelné energie
- Směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov
- Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti
- ČSN EN 15 217 Energetická náročnost budov - Metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov
- ČSN EN 15 232 Energetická náročnost budov - Vliv automatizace, řízení a správy budov
- ČSN EN 15 459 Energetická náročnost budov - Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách

1.2 Smart Home

Smart Home, neboli inteligentní dům je označení domu nebo budovy, která je vybavena systémy řízení provozních funkcí, které mají svým uživatelům poskytnout komfortní, ale přitom jednoduché a intuitivní ovládání všech funkcí budovy. Patří zde například ovládání osvětlení, topení a chlazení, ventilace, žaluzií, zabezpečení a v neposlední řadě i multi-média. Aby bylo možné systém označit za „inteligentní“, je nejprve nutné ho určité inteligenci naučit, což spočívá v přednastavení odezvy jednotlivých výstupů na stavy IR snímačů, senzorů CO₂, vnitřní, potažmo venkovní teploty, polohy slunce, ručních ovladačů a různých kombinací těchto a dalších senzorů. Častým prvkem těchto systémů je také vizualizace, ať už dotykovým panelem, pomocí PC, případně pomocí chytrých telefonů. Zjednodušeně řečeno, jedná se budovy s integrovaným managementem, tj. se sjednocenými systémy řízení, zabezpečení a správy budovy. Tyto systémy se vykazují také vysokou flexibilitou a možností jednoduchého přizpůsobení se

rostoucím nárokům do budoucna. Pro takovéto řízení se zpravidla využívá systémových instalací, např. KNX, LonWorks, BACnet. U menších staveb, většinou se jedná o rodinné domy, nebo byty jsou využívány jednodušší systémy např. Ego-n, NIKOBUS, Xcomfort, iNELS, MyHome.



Obr. 1 Příklad vybavení inteligentní budovy [5]

2. Současný stav managementu energií v inteligentních budovách

S nárůstem poptávky po energii je stále častěji zmiňována nutnost využití alternativních zdrojů. Jedná se především o solární, větrné a vodní elektrárny, kde máme k dispozici „nevyčerpatelné“ zásoby energie s minimálními dopady na životní prostředí. Výzvou tedy zůstává, jak tyto zdroje efektivněji využít. Řešení nabízejí tzv. Smart Grids, neboli chytré sítě, které za pomoci monitorování odběru a využití řízené spotřeby za pomoci systémových instalací nabízejí možnost optimálního rozložení a využití energie.[6] Jedním z nejnáročnějších úkolů při návrhu a provozu systémových instalací je optimalizace řízení spotřeby v obytných budovách. Je to z důvodu rozmanitého a často velmi rozdílného využití těchto objektů. Důraz je zde kladen hlavně na zachování určitého komfortu pro obyvatele, kdy za pomoci managementu energií, uživatelských preferencí a navržených algoritmů sestavených z hodnot získaných v reálném čase dokážeme snížit okamžitou, ale i celkovou spotřebu energie.[7] Automatizované budovy a inteligentní domy jsou jednou z nejdůležitějších součástí Smart Grids. Správně zvoleným nastavením a za pomoci zpětné vazby dokáží navzájem pružně reagovat na nastalou situaci. Masivnější využití však naráží na problém s možným zneužitím datového propojení.[8] Toto řešení se však jeví jako nutnost při řešení problémů s dodávkami energií v hustě osídlených oblastech rozvojových zemí. Zde v rámci minimalizace investičních nákladů a za využití stávajících instalací jsou úspěšně aplikovány „inteligentní zásuvky HAK“, které jsou součástí efektivního řešení systému ZIGBEE.[9] Jednou z možností je také začlenění běžných domácích spotřebičů do systémové instalace tak, aby se chovali jako její plnohodnotná součást. K tomu účelu byl vyvinut tzv. Control modul, který je založen na bezdrátové komunikaci, kdy za pomoci příslušného rozhraní dokážeme spotřebič plně ovládat a v reálném čase získávat zpětně data o jeho provozu a spotřebě.[10] Další kroky ve vývoji výkonové elektroniky se zaměřují na využití sítí s DC rozvodem, kde se ve srovnání s běžně používaným distribučním AC rozvodem nabízejí četné výhody, hlavně z hlediska energetické náročnosti, bezpečnosti, elektromagnetické kompatibility, ale hlavně v integraci alternativních zdrojů a s tím spojené akumulaci přebytků energie z těchto zdrojů. Pro vlastní rozvod se tak představuje koncept založený na domovním DC rozvodu s využitím „inteligentní DC zásuvky“.[11]

2.1 Energetický management a legislativa

Vzhledem ke skutečnosti, že podíl budov na celkové spotřebě energie v Evropské Unii činí cca 40 % a podíl na emisích CO₂ dosahuje cca 35%, byla vypracována směrnice o energetické náročnosti budov. Její poslední verzí je „Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2010/31/EU o energetické náročnosti budov“, u nás je tato směrnice zanesena do zákona 406/2000Sb., o hospodaření s energií ve znění 318/2012 Sb. a vyhlášky 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Jedná se o dlouhodobý projekt s prioritou dosažení cíle „20-20-20“ v oblasti klimatu a energetiky s termínem do roku 2020. Uvedené hodnoty jsou uvažovány oproti roku 1990:

- Snížit emise skleníkových plynů o 20%
- Zvýšit energetickou účinnost v EU o 20%
- Zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energií v EU na 20% (pro ČR 13,5%)

Dalším jednání evropské komise, které proběhlo na přelomu roku 2013/2014 byl předložen návrh na navýšení původních cílů vztahující se opět k roku 1990 na hodnoty:

- Snížit emise skleníkových plynů o 40%
- Zvýšit energetickou účinnost v EU o 40%
- Zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energií v EU na 27% (pro ČR 13,5%)

Návrh na navýšení podílu obnovitelných zdrojů energií na 27% však některé země odmítly akceptovat, patří mezi ně i Česká republika, která se chce nadále spoléhat na jaderné elektrárny, což se ale setkává s nevolí okolních států, převážně Rakouska a Německa. Tento návrh tak ještě nebyl odsouhlasen a očekávají se další jednání.

Hlavním důvodem k zavedení těchto kroků je fakt, že Evropská unie je z 52% závislá na dovozu energie, pouhých 48% pochází z vlastních zdrojů a právě úspory za dovoz by měly částečně pokrýt investice do nových technologií. Důležitým faktorem je samozřejmě také energetická nezávislost.

Na základě první verze této směrnice (2002/91/EC) byla v roce 2007 také schválena norma EN 15232 Energetická náročnost budov – Vliv automatizace, řízení a správy budov, nyní platná v přepracované verzi ČSN EN 15232:2012. Tato norma stanovuje čtyři třídy energetické účinnosti A÷D, přičemž hodnoty třídy C slouží jako referenční hodnoty pro

porovnání činitele účinnosti. Každá budova vybavena systémem automatizace a řízení je zařazena do jedné z těchto tříd, viz následující tabulka, přičemž nové budovy se již nesmí stavět ve třídě D.

Tabulka 1 – Energetický štítek budovy – EN15232[12]

Automatizace a řízení budov – třídy účinnosti podle EN 15232	Činitel účinnosti pro tepelnou energii			Činitel účinnosti Pro elektrickou energii		
	Kancelář	Škola	Hotel	Kancelář	Škola	Hotel
A Systém automatizace a řízení budovy (BACS) s vysokou energetickou účinností a vysoce výkonný systém technické správy budovy (TBM)	0,70	0,80	0,68	0,87	0,86	0,90
B Pokročilý BACS a TBM	0,80	0,88	0,85	0,93	0,93	0,95
C Standardní BACS	1	1	1	1	1	1
D BACS bez funkce energetické účinnosti	1,51	1,20	1,31	1,10	1,07	1,07

BACS: Building Automation and Control System = Automatizační a řídicí systém budov
 TBM: Technical Building Management = Technické zabezpečení budov

Mezi další povinnosti členských států EU je zajistit návrh všech nových budov s téměř nulovou spotřebou energie od roku 2021. U budov v majetku, nebo užívání orgány veřejné správy platí toto nařízení již od roku 2019.

Termínem „téměř nulová spotřeba energie“ je myšleno využití alternativních a obnovitelných zdrojů energie získaných přímo v místě, případně v blízkosti budovy bez další transformace. Je nutné ale přihlídnout k možnostem daného prostředí, aby byla dodržena určitá rovnováha mezi pořizovacími náklady a předpokládanými úsporami za energie v průběhu životnosti budovy, čehož ne vždy bude možné dosáhnout. S daným nařízením souvisí také podpora a rozvoj v oblasti SMART GRID – inteligentní rozvodné sítě. I když zde již zacházíme mimo budovy, stejně tak se jedná o součást managementu energií. Smyslem takovéto rozvodné sítě je interaktivní obousměrná komunikace mezi jednotlivými zdroji energie a odběrateli, kdy na základě dlouhodobého monitorování dat o odběrech lze předpokládat, jak se bude pohybovat spotřeba energie v dané oblasti a přizpůsobit tomu výrobu. Případné požadavky na vyšší příkon, nebo naopak při nenadálém poklesu odběru lze soustavu následně regulovat např. řízeným spínáním HDO, případně jiným sofistikovanějším systémem regulace odběru.

S platností od 1. 1. 2013 je také povinnost u každé nově stavěné budovy, případně při prodeji starší nemovitosti předložit průkaz energetické náročnosti budovy. Tento průkaz má platnost 10 roků a u veřejných budov je povinností ho mít vystaven na viditelném místě. Komplexnější zpracování z pohledu využití energií je energetický audit, ten je povinný pro objekty se spotřebou 700 GJ/rok a vyšší.

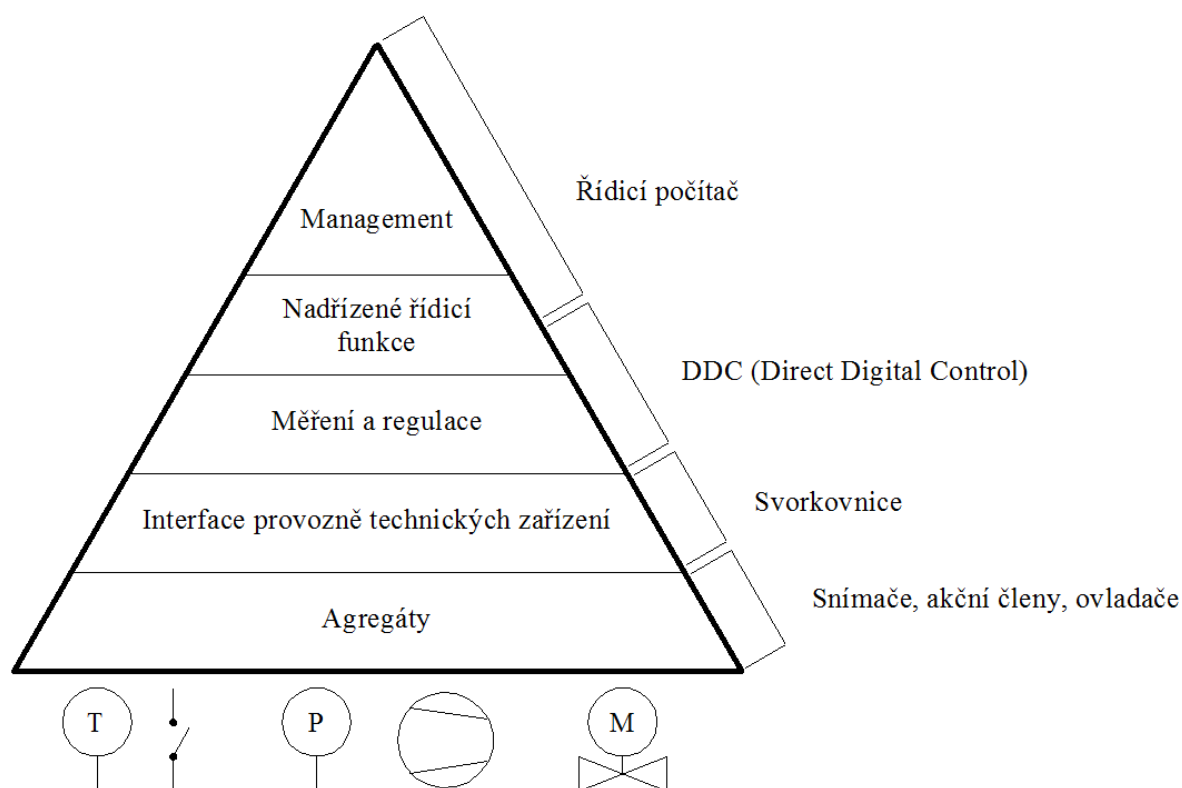
Průkaz energetické náročnosti budovy, případně energetický audit může zpracovat pouze energetický auditor, který má osvědčení Ministerstva průmyslu a obchodu ČR a je zapsán v Seznamu energetických expertů.

3. Přehled řídicích systémů

Smart Home, neboli inteligentní dům je označení domu nebo budovy, která je vybavena systémy řízení provozních funkcí. Jedná se zpravidla o systémy zabezpečující provoz a regulaci technologií topení, klimatizace, vzduchotechniky, žaluzií a rolet, osvětlení, zavlažování, zabezpečovacích, kamerových, přístupových a protipožárních systémů, domovního interkomu, multimédií a dalších zařízení domu. Tyto systémy mohou být instalovány cíleně, kdy každá technologie je řízena lokálně a mezi sebou komunikují na základě komunikačních rozhraní, případně pomocí binárních a analogových vstupů, nebo je celá budova ovládána komplexně jedním řídicím systémem.

Řídicí systémy můžeme z hlediska komunikace a topologie zapojení rozdělit na:

- Centralizované
- Distribuované
- Decentralizované
- Hybridní



Obr. 3 Hierarchická struktura automatizace budov [2]

3.1 Centralizované systémy

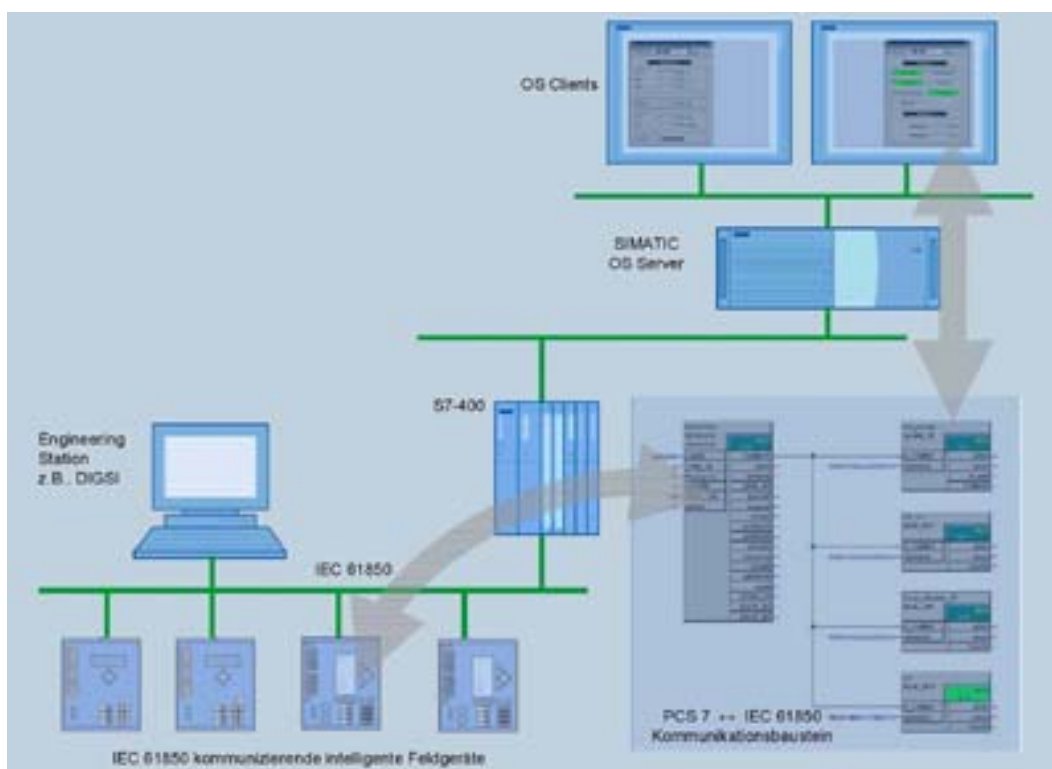
Jak již vyplývá z názvu, jedná se o systémy, jejichž provoz zabezpečují centrální jednotky. Vesměs se jedná o různé programovatelné automaty (PLC). Tyto systémy se vyznačují hvězdicovou topologií, kdy každý prvek (senzor, akční člen) je připojen k vyhrazenému komunikačnímu kanálu. Sensory i akční členy představují zpravidla jednoduchá zařízení bez lokální inteligence, což sice přináší nižší pořizovací náklady, ale také menší flexibilitu a plnou závislost na centrální jednotce. Tyto systémy pro přenos informací mezi jednotlivými prvky a centrální jednotkou obvykle využívají napětí, nebo proud, což přináší další úskalí v omezené přenosové kapacitě, možnosti pouze jednosměrné komunikace a také malá odolnost vůči rušivým vlivům. Z toho důvodu se tyto systémy využívají pro menší aplikace, případně pro dílčí celky regulovaných systémů. Patří zde například programovatelná relé Zelio Logic (Schneider Electric), EASY (Eaton), LOGO! (Siemens).



Obr. 4 Relé EASY 719-AB-RC (Eaton) [14]

3.2 Distribuované systémy

Dnes hodně využívané v průmyslu, jedná se vlastně o vyspělejší centralizované systémy, kdy využíváme propojení několika spolupracujících procesorů. Každý z těchto procesorů pracuje lokálně a případná komunikace mezi jednotlivými sekcemi probíhá tzv. mechanismem zasílání zpráv, přičemž se systém chová, jako jeden celek. Také zde dochází k využívání programovatelných (inteligentních) senzorů a akčních členů, což přináší vyšší flexibilitu. Pro zvýšení spolehlivosti zde používáme zálohování centrálních uzlů. Komunikace zde již probíhá číslicovým přenosem dat, což přineslo vysokou odolnost proti vnějšímu rušení, obousměrnou komunikaci, přenos více hodnot a tím i možnost detekce chyb. Samozřejmostí u těchto aplikací je nástavba vizualizace, která opět může být řešena v několika úrovních. Pro příklad můžeme uvést např. Simatic PCS7 (Siemens), Freelance (ABB), Advantys STB (Schneider Electric)



Obr. 5 Příklad konfigurace Simatic PCS7 [15]

3.3 Decentralizované systémy

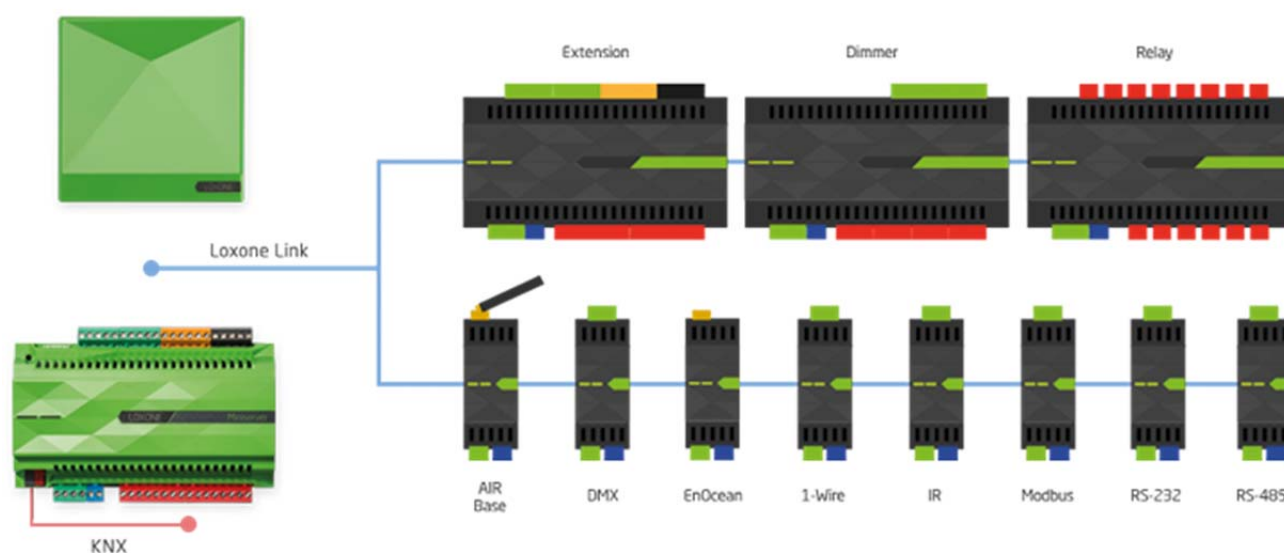
Jedná se o sběrníkové systémy, které se vyznačují zcela nezávislými prvky, kdy každý účastník systému má vlastní procesor s pamětí a může pracovat zcela nezávisle. Tyto systémy jsou propojeny datovou sběrnicí, zpravidla se jedná o metalický kroucený párový vodič. Stále častěji se ale setkáváme hlavně u menších aplikací se systémy komunikujících pomocí rádiového protokolu. Výjimkou nejsou ani aplikace využívající komunikaci přímo po silových vodičích s nosnou přenosovou frekvencí, případně přenos prostřednictvím IP/Ethernet sítě. Tyto systémy se zpravidla využívají pro řízení provozních funkcí budov. U těch sofistikovanějších nejsme ani závislí na nabídce jednoho dodavatele, nýbrž máme možnost vybírat si z velké škály výrobců, neboť se povětšinou jedná o standardy zaručující kompatibilitu prvků různých výrobců. Mezi nejznámější a nejrozšířenější patří např. KNX (Konnex), LON (Local Operating Network), Xcomfort (Eaton), ZigBee



Obr. 6 Aplikační možnosti systému ZigBee [16]

3.4 Hybridní systémy

Jedná se o částečně decentralizovaný systém, kdy využíváme sběrnici pro připojení jednotlivých senzorů, případně akčních členů, jejich vzájemná komunikace je však zprostředkována prostřednictvím komunikačního modulu, případně jiné řídicí jednotky. Tyto systémy jsou vhodné pro řízení provozních funkcí menších aplikací, jako jsou rodinné domy, nebo byty. Jejich výhodou je zpravidla nižší cena, než u decentralizovaných systémů, avšak je nutné počítat s menšími aplikačními možnostmi a hlavně s jednotností systému jednoho výrobce. Jako příklad lze uvést Egon (ABB), Nikobus (Eaton), Inels (ELKO EP), Loxone



Obr. 7 Příklad konfigurace Loxone [17]

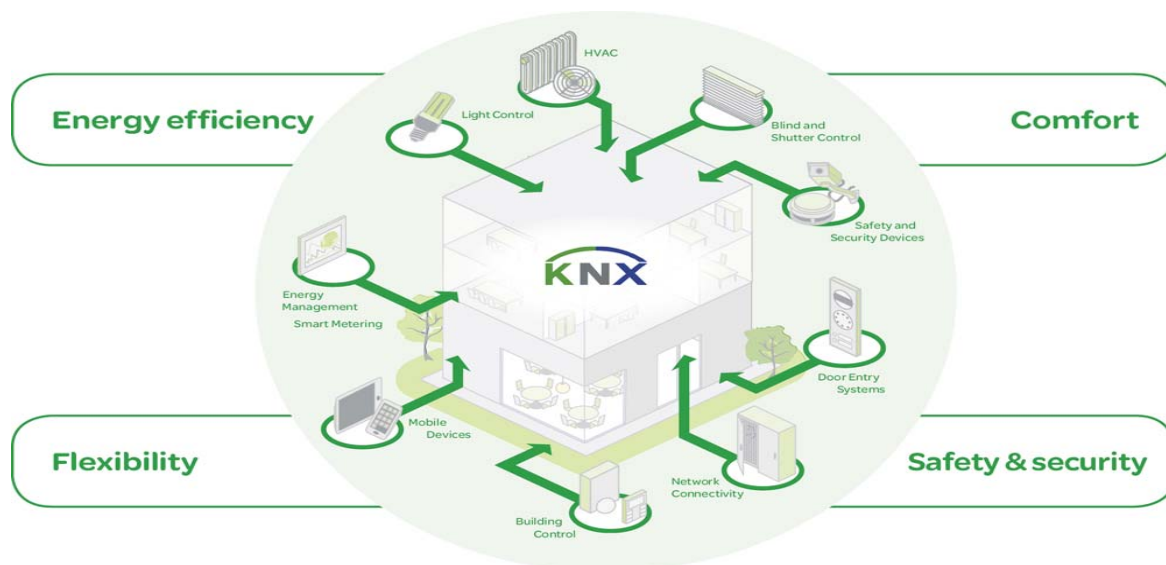
4. Řídicí systém pro Smart Home

Z hlediska funkčnosti jednotlivých systémů pro řízení provozně technických funkcí ve Smart Home je možné použít kterýkoli z výše zmiňovaných systémů. Volba tedy bude záviset na tom, co od systému očekáváme. Čím budou naše nároky a očekávání vyšší, tím budou omezenější možnosti který systém zvolit. Stejně tak musíme zohlednit i možnosti rozšíření systému do budoucna, kdy se stále se zvyšující životní úrovní a s tím spojenou nabídkou technických vymožeností stávajících se součástí našeho života, budeme vyžadovat začlenění těchto zařízení do řídicího systému. Z toho důvodu je vhodnější při rozhodování sáhnout spíše po systému, který bude jednoduše rozšiřitelný a je u něj předpoklad široké technické podpory a variability prvků. Tyto kritéria ale splňují pouze některé systémy, např. KNX, LON, nebo ZigBee, je to dáno především tím, že se jedná o standardy zahrnující širokou škálu dodavatelů, nikoli o úzký profil jednoho výrobce. Z hlediska dostupnosti, instalace a následného servisu je pro náš trh nejdostupnější systém KNX, kde najdeme pro každou oblast dostatek kvalifikovaných montážních organizací.

4.1 Systém KNX

Tvůrcem a vlastníkem této technologie je asociace KNX a jak již bylo zmíněno, jedná se o decentralizovaný sběrníkový systém. Každý účastník systému, ať už se jedná o snímač, akční člen, nebo kontrolér si prostřednictvím sběrnice vyměňuje s ostatními účastníky data ve formě telegramů přes skupinové adresy, kterým se přiřazují skupinové objekty. Komunikace na sběrnici probíhá na úrovni multi – master. Uvedení do provozu se provádí pomocí softwaru ETS (Engineering Tool Software), poslední verze je ETS5.

Systém KNX poskytuje rozmanité aplikační možnosti integrace různých technologií a již více jak dvacet roků nachází uplatnění při řízení provozních funkcí domů, administrativních budov, obchodních center, zdravotnických zařízení a ústavů, bank, architektonických objektů, ale i v průmyslu, přičemž právě díky tomu, že se jedná o standard, lze tyto instalace plnohodnotně rozšiřovat o nové prvky se zárukou kompatibility a i po takové době nemůžeme říci, že by se jednalo o zastaralou technologii. Právě díky tak široké podpoře a dynamickému růstu byl v listopadu roku 2006 standard KNX včetně všech přenosových médií (TP, PL, RF a IP) schválen jako mezinárodní norma ISO/IEC 14543-3-x a následně v roce 2007 také v Číně (GB/Z 20965). Tím se KNX stal prvním a zatím jediným celosvětově otevřeným standardem pro systémovou techniku budov.



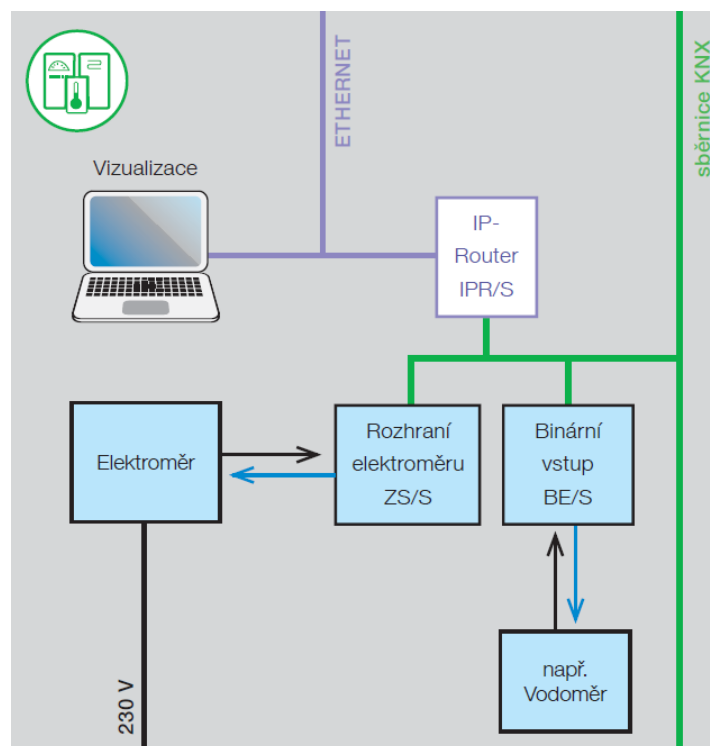
Obr. 8 Příklad aplikačních možností KNX [18]

4.2 Vizualizace

Jedná se o grafické znázornění provozních stavů jednotlivých funkcí, ve většině případů i s možností ovládání těchto funkcí a vytváření vazeb pro možnosti řízení, časového nastavení a vytváření různých scén. V průmyslové instalaci je vizualizace častěji zmiňována pod názvem SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - systémy pro řízení a sběr dat). Jedná se o nastavbový software tvořící podstatu managementu energií. Komunikace mezi systémem KNX a vizualizačním SW může probíhat přímo po sběrnici, to v případě, že se jedná o účelový SW určený přímo pro systémy KNX, většinou se však využívá nezávislé komunikace např. prostřednictvím rozhraní OPC (OLE for Process Control). Jedná se o standardizované rozhraní pro aplikace, které jsou zaměřeny na řízení a monitorování rychlých procesů využívající architekturu klient-server se zaměřením na oblasti:

- sdílení dat - OPC DataAccess
- sdílení alarmů a událostí - OPC Alarm and Event Handling
- sdílení historických trendů - OPC Historical Data Access

Princip přenosu dat přes OPC je jak vyplývá z jeho architektury je prostřednictvím OPC serveru, přičemž k jednomu serveru může být připojeno i několik klientů různých výrobců.



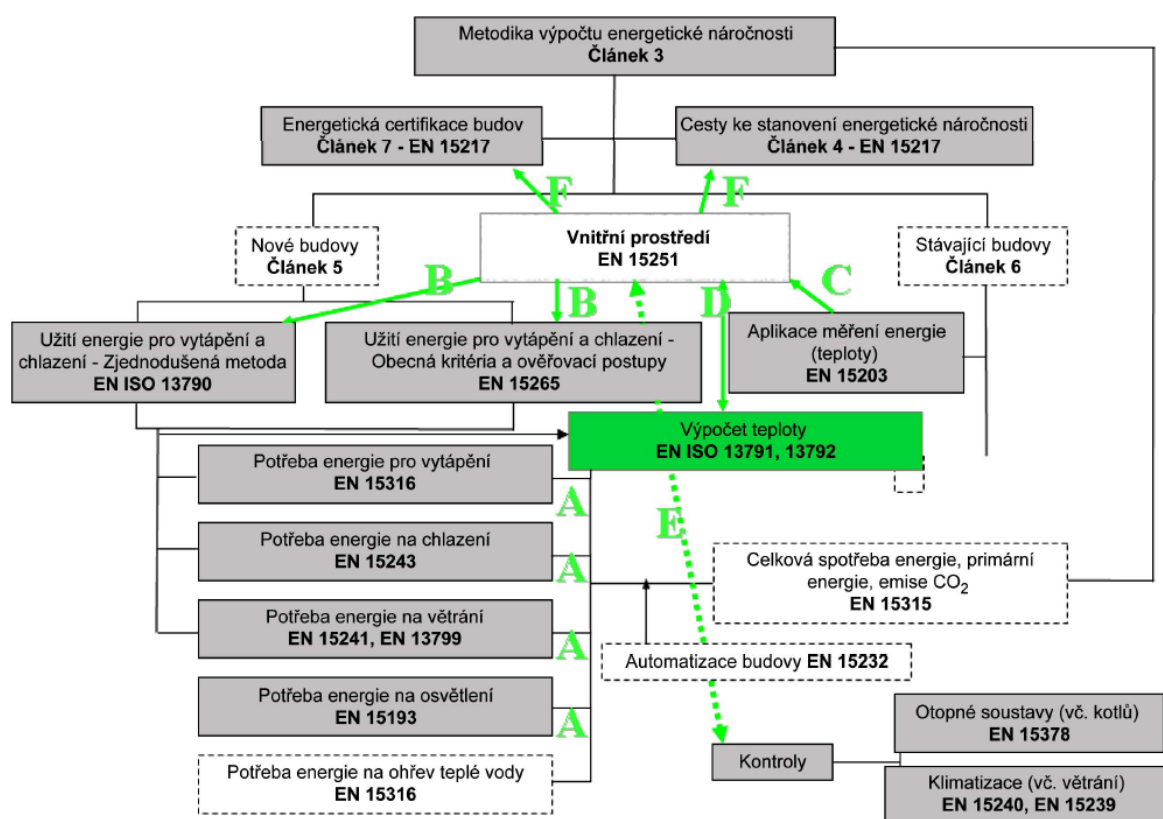
Obr. 9 Možnost nasazení systému KNX spolu s vizualizací pro řízení spotřeby [19]

4.3 SW pro management energií

Jedná se o jednoduchý softwarový nástroj, který slouží k vyhodnocování a optimalizaci energetických a výdajových rozhodnutí tak, abychom dokázali eliminovat zbytečné výdaje za nevyužitou spotřebu energií. Ve své podstatě se jedná o software, který v reálném čase zaznamenává údaje o spotřebě od jednotlivých řídicích systémů, takto získaná data porovnává s efektivitou a využitím a na základě přednastavených algoritmů dokáže pružně reagovat na podněty vedoucí k tížené úspoře nákladů. Samozřejmostí je uchovávání veškerých dat a procesů s jejich případným grafickým zobrazením a v případě zjištění extrémních odchylek od běžného stavu vyvolání alarmových stavů. Tento SW může plnohodnotně nahradit běžné vizualizace.

5. Posouzení budovy z hlediska energetické náročnosti

Než přistoupíme k vlastnímu návrhu řízení provozně-technických funkcí a optimalizaci energetické náročnosti formou managementu energií, musíme získat informace o současném stavu budovy, tj. musíme určit vstupní parametry vnitřního prostředí, které budou podkladem pro vlastní návrh. Z energetického hlediska se na vnitřním prostředí podílí ať už přímo, nebo nepřímo kvalita vnitřního vzduchu, vnitřní teplota a osvětlení. Vzhledem k tomu, že nás zajímá energetická zátěž, musíme brát v úvahu nejen přímé energetické vstupy, ale také náklady na provoz řídicích systémů.



Obr. 10 Přehledový diagram propojení norem v souvislosti s EPBD [20]

Základním kritériem pro posouzení vnitřního prostředí budov je stanovení referenčních hodnot, neboli určení standardizovaných vstupních hodnot. Tyto vstupní údaje získáme z příslušných norem a vztahují se vždy k využití dotčených prostor, tj. zajímá nás, kolik osob, na jak dlouho a v jakém čase se v daném prostředí zdržuje a jaké činnosti se zde vykonávají.

5.1 Tepelné prostředí

Tepelné prostředí místnosti se stanovuje na základě sezónních výpočtů, tj. pro letní a pro zimní období. V závislosti na vykonávané činnosti a na základě ukazatele tepelného komfortu PMV-PPD (předpokládaný střední tepelný pocit) se stanoví odpovídající rozsah teplot, přičemž horní hodnoty teplotního rozsahu jsou určující pro dimenzování chladícího zařízení – klimatizace, spodní hodnoty pak určují otopnou soustavu.

5.2 Kvalita vnitřního prostředí

Vzhledem k faktu, že veškeré stavby jsou dnes navrhovány a následně konstruovány tak, aby docházelo k co nejmenším ztrátám vlivem nežádoucího průtoku vzduchu netěsnostmi stavby, je zapotřebí ve všech prostorech budovy zajistit dostatečnou výměnu vzduchu spočívající v přirozeném, nebo nuceném větrání. Objem vzduchu, který je potřeba v místnosti vyměnit, stanovuje norma ČSN EN 15665, přičemž určujeme, zda se jedná o prostory, kde je dána výměna vzduchu vztažená k podlahové ploše, nebo prostory s trvalým pobytem osob, kde je určující hladina CO₂.

5.3 Osvětlení

Hodnoty osvětlení vnitřních prostor jsou dány normou ČSN EN 12464-1. Hodnoty udávané touto normou se vztahují k činiteli denního osvětlení, kdy při snížené hodnotě tohoto činitele musíme osvětlovací soustavu navrhnout jako tzv. sdružené osvětlení. Dalším důležitým aspektem související s návrhem osvětlovací soustavy je hodnota možného oslnění.

5.4 Řídicí systémy

Ačkoli náklady na provoz řídicích systémů většinou nepředstavují závratné částky, jsou také podílníky energetického zatížení a při jejich návrhu je nutné k tomuto přihlédnout a v zúčtování energetické zátěže budovy se tyto náklady musí také projevit.

6. Návrh managementu energií v Smart Home

Snížení energetické náročnosti budovy lze dosáhnout celou řadou opatření. Základním předpokladem je integrace jednotlivých systémů vytápění, chlazení, vzduchotechnických systémů, osvětlení, případně dalších elektrických spotřebičů do jednoho řídicího systému a také získat informace o využití prostor, aby byla energie využívána cíleně pouze tam, kde ji skutečně potřebujeme.

Toho dosáhneme v případě plánovaného, případně pravidelného režimu využíváním časových programů. Ovšem žádný časový režim není úplně pravidelný a nedokáže reflektovat na případné změny plynoucí z neočekávaných situací, ať už se jedná o nemoc, dovolenou, nebo třeba neplánovanou služební cestu. Efektivnější způsob řízení je využití informací od snímačů pohybu, kdy dokážeme sledovat přítomnost osob v jednotlivých místnostech a na základě této informace pak podmínit funkčnost jednotlivých systémů v těchto prostorách, kdy ale musíme brát v potaz možná pásma necitlivosti těchto snímačů (dobu, kdy můžeme třeba sedět u počítače s minimálním pohybem a snímač nás „nevidí“). Pro tyto případy musíme u takto řízených systémů zajistit patřičnou hysterezi, to platí i v opačném případě, kdy si do místnosti přijdeme třeba jen něco vzít a hned zase odejdeme.

Dalším krokem je využití snímačů kvality ovzduší CO₂, které dokáží zajistit efektivní využití řízeného větrání v potřebné míře, snímačů intenzity osvětlení pro řízení osvětlenosti na stálou hladinu v závislosti na denní složce a s tím spojené regulaci žaluzií podle pohybu slunce, což souvisí i s otopnou soustavou, kdy v naší nepřítomnosti v zimním období budeme chtít využít sluneční energii procházející okny transformovanou na teplo, naopak v letním období budeme chtít nastavit lamely žaluzií tak, aby teplo odrážely. V neposlední řadě využijeme snímačů otevřených oken blokující otopnou, případně chladicí soustavu. Abychom však mohli tyto kroky úspěšně aplikovat, musí regulované soustavy umožnit plné nadřazené řízení a musíme mít přehled o jejich okamžitých energetických spotřebách.

Pod management energií ale nespadá pouze řízení a regulace spotřeby energií, důležitou součástí je také optimalizace a efektivnost využití alternativních zdrojů, což přináší také nemalé zdroje úspor, navíc činí budovu do jisté míry nezávislou na distribuovaných dodávkách energií, jejichž cena neustále roste a opačný trend nelze očekávat.

7. Návrh komfortního řízení provozně technických funkcí

Při návrhu provozně technických funkcí musíme přihlídnout k potřebám a požadavkům obyvatel, prioritu ale musí tvořit optimalizace spotřeby energie.

7.1 Popis potřeb obyvatel

Jedná se o stanovení základních funkcí, které budou specifikovat nároky na jednotlivé systémy a jejich provozní režimy.

Tabulka 2 – tabulka základních funkcí

Č.	Funkce	Místnost/umístění	Parametr
1	Spínání osvětlení	Všechny místnosti	ZAP / VYP
2	Stmívání osvětlení	Všechny místnosti	0 ÷ 100 %
3	Řízení osvětlení na konstantní úroveň	Pracovna, kancelář, komunikace	Dle světelně-technické studie
4	Zásuvkové obvody	Dle využití	ZAP / VYP
5	Zastínění oken	Všechny místnosti	NAHORU / DOLŮ / KROK
			Nastavení pozice
6	Řízení teploty zdroj TV		Ekvitermní regulace
7	Řízení teploty místní	Všechny místnosti	4 teplotní režimy
			Blokování otevřené okno
8	Klimatizace	Všechny místnosti	4 teplotní režimy
			Blokování otevřené okno
9	Vzduchotechnika	Všechny místnosti	Automatický provoz
			Blokování otevřené okno
10	Ohřev TUV		Časový program
11	Priorita ovládání		AUTOMAT < MANUÁL < BEZPEČNOST
12	AUTOMAT / MANUÁL		Dle stavu EZS
			Doba nečinnosti
13	Spotřeba		Udržování spotřeby el. energii ve stanovené mezi
			Blokování energeticky náročných spotřebičů v době platnosti VT
10	Propojení EZS		Přenos stavů jednotlivých snímačů a systému
12	Vizualizace	Vše	Kompletní zobrazení stavů a ovládání
13	Vzdálená správa	Vše	Vizualizace, diagnostika, parametrizace

7.2 Analýza provedení

Na základě tabulky základních funkcí a její aplikaci na jednotlivé prostory a řídicí systémy sestavíme popis provozních funkcí, což bude sloužit jako podklad k vypracování studie, tj. k technickému a následně cenovému návrhu, který představíme zákazníkovi. Popis provozních funkcí můžeme sestavit obecně v závislosti na řídicích systémech, nebo se zaměřením na jednotlivé prostory (místnosti). Obecně se používá spíše forma obecného zápisu, dílčí popis místností se využívá jen pro malé aplikace.

Příklad popisu provozních funkcí budovy:

Osvětlení:

- Ve všech místnostech ovládání svítidel spínači na stěnách
- Na chodbách a schodišti ovládání svítidel IR spínači
- Venkovní osvětlení – dle intenzity denního světla s časovým režimem
- Reklama / efektové osvětlení – dle intenzity denního světla s časovým režimem
- Nepřítomnost v místnosti déle jak 30 min. vypnout
- Kanceláře, pracovny – po zapnutí řízení na konstantní úroveň
- Po zakódování EZS vypnutí všech svítidel
- Alarm – sepnutí vybraných svítidel / ovladače nefunkční

Zásuvky:

- Vybrané zásuvky časový režim / EZS

Žaluzie:

- všechna okna elektricky ovládané venkovní žaluzie
- Ovládání bude automatické a spínači na stěnách
- V případě sepnutého svítidla uvnitř místnosti a poklesu venkovního osvětlení pod stanovenou mez dojde automaticky k zatažení
- Priorita ovládání: AUTOMAT < MANUÁL < BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE
- Přejít mezi režimy AUTOMAT / MANUÁL bude:
 - o AUTOMAT – výchozí režim, jinak po 1 hodině od opuštění místnosti
 - o MANUÁL – stiskem místního ovladače
- Při alarmovém stavu povětrnostní stanice budou žaluzie vytaženy do horní polohy a v této poloze budou blokovány po dobu trvání alarmového stavu
- Při poplachu EZS dojde k vytažení žaluzií do horní polohy a v této poloze budou blokovány po dobu trvání poplachu

Topení, klimatizace:

- Hlavní zdroj – tepelné čerpadlo
- Bivalentní zdroj – elektrické odporové spirály
- Řízení topné vody – ekvitermní regulace
- Nastavení teploty místností
 - o KOMFORT (režim plného výkonu)
 - o STAND BY (režim poklesu výkonu v době nepřítomnosti – EZS odkódováno)
 - o NOC (režim poklesu výkonu – časový režim)
 - o FROST (režim poklesu na hodnotu 5°C – otevřená okna, režim dovolená)
- Blokován provoz v době vysokého tarifu
- Blokován provoz (výkon) v rámci nastavené hladiny odběru

Ohřev TUV

- Primárně sluneční kolektory, druhý zdroj tepelné čerpadlo
- Dohřev na požadovanou teplotu elektrické odporové spirály
- Blokován provoz v době vysokého tarifu
- Blokován provoz (výkon) v rámci nastavené hladiny odběru

Odsávání

- Automatické spínání v časovém režimu
- Snímače CO₂
- Kuchyň (digestoř) – zapnutím varné desky / doběh 30min.
- Koupelna – hydrostat
- WC – ovladače na stěnách

EZS

- Otevřená okna, pohyb - jednotlivé místnosti
- Stav systému – ZAPNUTO / VYPNUTO / ALARM

Vizualizace

- Dotykový panel – zobrazení stavů a ovládaní celého systému
- PC – zobrazení stavů a ovládaní celého systému
- PC – zobrazení jednotlivých spotřeb v reálném čase a z historie, export do excel

Vzdálená správa

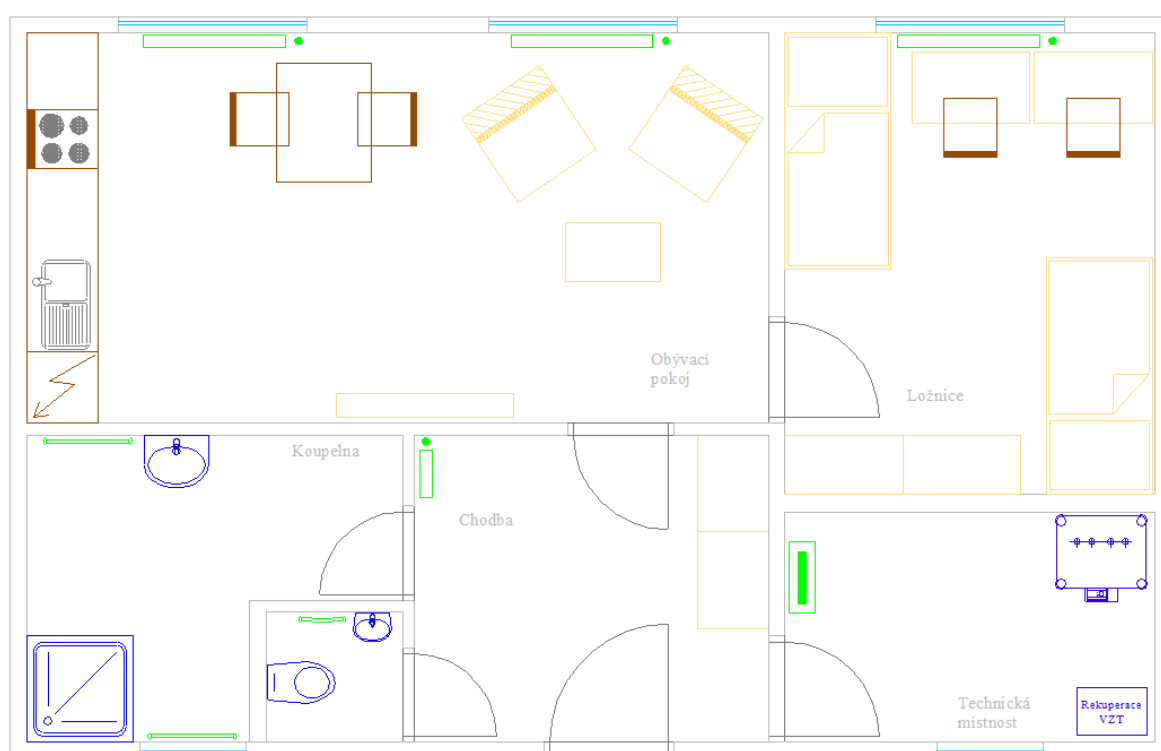
- Vizualizace, konfigurace

8. Implementace sběrnicevého systému pro Smart Home

Následně zpracovaná projektová dokumentace bude sloužit jako typový projekt pro uvažovaný záměr výstavby bytů Smart Home Care.

8.1 Popis objektu

Jedná se o modulový kontejnerový systém výstavby, kdy základní varianta představuje bytovou jednotku 2+kk s technickým zázemím.



Obr. 11 Půdorys typové stavby

Vzhledem ke snaze dosáhnout minimální spotřeby energie budou voleny pro provoz energeticky úsporné spotřebiče. Jako zdroj topení bude využito tepelné čerpadlo, které bude sloužit i k ohřevu teplé užitkové vody, kdy budeme využívat kombinaci se solárním kolektorem. Pro návrh osvětlení budou použita svítidla s LED zdroji doplněná o možnost regulace intenzity osvětlení. Pro zajištění čerstvého vzduchu bude použita rekuperační jednotka doplněná o chladicí jednotku pro dochlazování objektu v letním období. Všechna okna budou vybavena venkovní žaluzií s elektrickým pohonem.

8.2 Vytápění

Systém vytápění slouží k vytvoření tepelné pohody uvnitř objektu. Pro zajištění maximální efektivity a současně při minimálním energetickém zatížení je rozhodující volba zdroje a distribuce rozvodu tepla.

8.2.1 Návrh otopné soustavy

Prvním krokem k úspěšnému návrhu otopné soustavy je zhotovení výpočtu celkových tepelných ztrát a tepelných ztrát jednotlivých místností. Jedním ze základních předpokladů je specifikace klimatických vlivů, které budou na navrhovaný objekt působit, kde se zohledňuje mimo jiné nadmořská výška, hodnota venkovní výpočtové teploty, průměrná roční venkovní teplota, počet otopných dnů v roce a dále se zde definují jednotlivé místnosti. Stanovení klimatických podmínek tedy bude vycházet z lokality, kde uvažujeme se stavbou budovy.

Tabulka 3 – Stanovení limitních podmínek – ČSN EN 12831

Klimatické údaje (Ostrava – 217m nad mořem)			
Výpočtová venkovní teplota	Θ_e [°C]		-15
Průměrná roční teplota vzduchu	$\Theta_{m,e}$ [°C]		3,6
Korekční činitel povětrnostních vlivů (orientace)	e_k, e_l [dny]		1,0
Počet otopných dnů v roce	[dny]		219
Údaje o místnostech			
Označení místnosti	Výpočtová vnitřní teplota	Plocha místnosti	Objem místnosti
	$\Theta_{int,i}$ [°C]	A_i [m ²]	V_i [m ³]
Vstupní chodba	20	7,80	20,28
Technická místnost (strojovna)	–	6,12	15,91
Obývací pokoj + kuchyňský kout	20	20,72	53,87
Ložnice	20	12,25	31,85
Koupelna	24	6,71	17,45
WC	20	1,27	3,30

Technická místnost nebude vytápěna, jako zdroj tepla zde bude využito „odpadní“ teplo instalovaných technologií. Celková tepelná ztráta místnosti je dána ztrátami prostupem tepla a ztrátami způsobené větráním: $\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$

8.2.2 Tepelné ztráty prostupem, tepelné mosty

Tyto ztráty jsou způsobeny vedením tepla stavebních konstrukcí do venkovního prostředí, prostředí s nižší teplotou a do země. Je také třeba zohlednit ztráty tepelnými mosty, které jsou charakterizovány prostupy tepla v místě styku dvou konstrukcí s rozdílnou tepelnou vodivostí.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{T,ie}$ - tepelné ztráty prostupem do venkovního prostředí $[\text{W}\cdot\text{K}^{-1}]$

$H_{T,iue}$ - tepelné ztráty prostupem přes nevytápěný prostor $[\text{W}\cdot\text{K}^{-1}]$

$H_{T,ig}$ - tepelné ztráty prostupem do země $[\text{W}\cdot\text{K}^{-1}]$

$H_{T,ij}$ - tepelné ztráty prostupem prostorem s nižší teplotou $[\text{W}\cdot\text{K}^{-1}]$

$\vartheta_{\text{int},i}$ - výpočtová vnitřní teplota $[\text{°C}]$

ϑ_e - výpočtová venkovní teplota $[\text{°C}]$

Ztráty tepelnými mosty jsou součástí složky jednotlivých ztrát prostupů:

$$H = \sum_k S_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot e_l$$

S_k - plocha stavební části - konstrukce $[\text{m}^2]$

U_k - součinitel prostupu tepla konstrukce $[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$

Ψ_l - činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$

l_l - délka tepelného mostu $[\text{m}]$

$e_{k,l}$ - korekční činitelé povětrnostních vlivů $[-]$

8.2.3 Tepelné ztráty větráním

Právě z důvodu snížení tepelných ztrát je většina objektů dnes konstruována s využitím moderních technologií a stavební otvory – okna, dveře mají běžně systém tří těsnících bodů. To má za následek, že vnitřní prostředí nemá přirozené proudění vzduchu a je proto nutné zajistit dostatečnou výměnu vzduchu z důvodu zachování příčného klima. Větrání lze docílit pouhým otevřením okna, toto však není úplně ideální, protože je závislé na našem pocitu nutnosti vyvětrat, v zimním období navíc dochází k výměně ohřátého vzduchu za chladný, mnohdy také s nadměrnou a nežádoucí vlhkostí, což přináší další energetické zatížení. Proto je vhodnější volit systém větrání – rekuperační jednotku, kdy dochází k předehřátí vzduchu na přívodu odchozím vzduchem a případně také jeho následné odvlhčení na požadované parametry.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (g_{\text{int},i} - g_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{V,i}$ - součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$

$g_{\text{int},i}$ - výpočtová vnitřní teplota $[\text{°C}]$

g_e - výpočtová venkovní teplota $[\text{°C}]$

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{\text{min}}$$

V_i - objem vytápěného prostoru $[\text{m}^3]$

n_{min} - minimální intenzita výměny vzduchu $[\text{h}^{-1}]$

8.2.4 Celkový návrh tepelného výkonu

Tepelný výkon otopné soustavy bude stanoven právě z tepelných ztrát s navýšením o zátopový tepelný výkon a naopak zde budou odečteny tepelné zisky. Ty mají při návrhu tepelného výkonu své opodstatnění zejména u pasivních, případně nízkoenergetických domů.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} - \Phi_Z = \Phi_i + A_i + f_{RH} - \Phi_Z$$

Přičemž zátopový výkon je dán podlahovou plochou vytápěného prostoru A_i a součinitelem budovy f_{RH} stanovený normou ČSN EN 12831

Z celkového tepelného výkonu určíme příkon tepelného zdroje, přičemž budeme vycházet z typizovaných topidel. Dále je důležité určit způsob vytápění, kdy musíme zohlednit všechny vlivy, tj. ztráty při transformaci, distribuci, vliv na instalovaný elektrický příkon (soudobost), ...

Tabulka 4 – tepelné ztráty budovy

Označení místnosti	Vnitřní výpočtová teplota	Tepelné ztráty prostupem	Tepelné ztráty větráním	Celkové tepelné ztráty
	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Φ_{Ti} [W]	Φ_{Vi} [W]	Φ_i [W]
Vstupní chodba	20	496,9	120,7	617,6
Obývací pokoj + kuchyňský kout	20	1385,8	320,5	1706,3
Ložnice	20	819,3	189,5	1008,8
Koupelna	24	470,3	103,8	574,1
WC	20	73,4	21,9	95,3
Celkem		3245,7	756,4	4002,1

8.2.5 Volba tepelného zdroje

Pro navrhovanou budovu jsem zvolil tepelné čerpadlo od firmy Viessmann, typ Vitocal 242-S/AWT-AC241.A07. Jedná se o splitové tepelné čerpadlo s funkcí chlazení a integrovanou solární funkcí k solárnímu ohřevu užitkové vody, objem akumulčního zásobníku je 220 litrů.

Výkon tepelného čerpadla není přímou složkou elektrického příkonu, nýbrž je dán tzv. výkonovým číslem tepelného čerpadla číslem ε , je to poměr výkonu předaného otopné soustavě P_t s elektrickým výkonem dodaným P_e . $\varepsilon = \frac{P_t}{P_e}$ Nevýhodou tepelných čerpadel

je tzv. bod bivalence, což je teplotní rozhraní, při jehož překročení již výkon tepelného čerpadla nezvládne pokrýt potřeby objektu a pro tyto případy musí být doplněn další „bivalentní“ zdroj. Tento případ však nastává výjimečně při extrémních mrazech.

Ačkoliv se volba tepelného čerpadla z hlediska pořizovacích nákladů na první pohled může zdát neefektivní a v poměru třeba s přímotopným vytápěním musíme investovat mnohonásobně vyšší částku. Musíme však zohlednit náklady na provoz otopné soustavy, které jsou na pětinu nákladů při vytápění plynem a také skutečnost, že tímto řešením dokážeme snížit instalovaný elektrický příkon, který také díky akumulaci tepla a následné postupné distribuci dokážeme lépe přizpůsobit ostatním potřebám domu.

8.3 Klimatizace

Klimatizační jednotky složí stejně jako topení k vytvoření tepelné pohody uvnitř objektu s tím rozdílem, že prostory ochlazují. I když se dnes již jedná o běžné vybavení domů a kanceláří, je nutné si uvědomit, že se většinou jedná o napravení konstrukčních nedostatků při stavbě budovy, kdy byly prosazeny architektonické záměry nad funkčnost.

8.3.1 Tepelné zisky

Jak již bylo zmíněno v postupu při navrhování výkonu otopné soustavy, její část je tvořena tepelnými zisky, nás však budou zajímat zisky hlavně v letním období, kdy dosahují maxima. Jedná se především o příspěvky slunečním zářením přes okna, zisky z energie vyzářené přítomností osob a také teplo vyzářené světelnými zdroji a z ostatních elektronických zařízení a spotřebičů. Výpočet tepelných zisků se provádí dle ČSN 73 0542 a ČSN 73 0548

8.3.2 Tepelná zátěž okny

Z hlediska šíření tepla se tepelný tok okny dělí na dvě složky:

- **prostup tepla konvencí**

$$Q_{ok} = U_0 \cdot S_0 \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e)$$

- **prostup tepla radiací**

$$Q_{or} = [S_{0S} \cdot I_0 \cdot c_0 + I_{0d} \cdot (S_0 - S_{0S})] \cdot s \cdot n_0$$

U_0	součinitel prostupu tepla oknem	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
S_0	plocha okna včetně rámu	$[\text{m}^2]$
S_{0S}	osluněná plocha okna	$[\text{m}^2]$
$(\vartheta_e - \vartheta_{int,i})$	rozdíl venkovní a vnitřní teploty	$[\text{K}]$
I_0	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
I_{0d}	intenzita difusní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
n_0	počet skel	$[-]$
s	stínící součinitel	$[-]$
n_0	korekce na čistotu atmosféry	$[-]$

Část slunečního záření, které dopadá při prostupu oknem na povrch stěn v místnosti, se do těchto stěn akumuluje a o tuto tepelnou energii se zisky od oslunění snižují.

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta \vartheta$$

M	hmotnosti obvodových stěn, které připadají v úvahu pro akumulaci	[kg]
$\Delta \vartheta$	maximální přípouštěné překročení teploty	[K]

8.3.3 Tepelné zisky stěnami

Vzhledem k materiálům používaných k výstavbě obvodových stěn a následně izolačním materiálů jsou tyto zisky zanedbatelné a své uplatnění mají spíše na obsáhlých stavebních objektech.

$$Q_s = U_{st} \cdot S_{st} \cdot (\vartheta_{rm} - \vartheta_i)$$

U_{st}	součinitel prostupu tepla stěnou	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
S_{st}	plocha stěny	[m ²]
ϑ_{rm}	průměrná teplota vzduchu za 24 hodin	[°C]
ϑ_i	vnitřní teploty	[°C]

8.3.4 Tepelné zisky od osob

$$Q_L = 6,2 \cdot n_L \cdot (36 - \vartheta_i)$$

n_L	počet osob	[-]
ϑ_i	vnitřní teploty	[°C]

8.3.5 Tepelné zisky od svítidel

V případě návrhu klimatizace je započítáme pouze v případě, že svítidla jsou používána i v době maximálních tepelných zisků, což platí pro prostory bez dostatečného denního osvětlení (kina, divadla, ...)

$$Q_{sv} = q_{sv} \cdot S_{sv}$$

q_{sv} produkce tepla [W.m⁻²]

S_{sv} plocha svítidla [m²]

Produkce tepla je dána intenzitou osvětlení a použitým typem zdroje, např. pro intenzitu 500 lx je to pro žárovky 75÷105 W.m⁻², pro zářivky 25÷35 W.m⁻².

8.3.6 Tepelné zisky od spotřebičů

Tyto zisky jsou specifické a jsou závislé na provozu daných spotřebičů a pro návrh používáme střední (provozní) hodnoty udávané výrobcem upravené součinitelem předpokládané soudobosti.

Tabulka 5 – tepelné zisky budovy

Označení místnosti	Vnitřní výpočtová teplota	Tepelné zisky
	$\Theta_{int,i}$ [°C]	Φ_{Ti} [W]
Vstupní chodba	26	420,0
Obývací pokoj + kuchyňský kout	26	1780,0
Ložnice	26	1020,0
Koupelna	28	330,0
WC	26	100,0
Celkem		3650,0

Hodnoty tepelných zisků uvedených v tabulce je nutné brát s rezervou, jsou zde uvedena maxima, kterých může budova dosahovat za předpokladu plného slunečního svitu (červenec), venkovní teploty 35°C, obsazenosti prostor dvěma osobami (WC jedna osoba), a běžného využití spotřebičů. Výpočet také nerespektuje zastínění venkovními žaluziemi. Také není dáno, kde bude budova stát a jak bude orientována, volil jsem proto extrémní s orientací obytné části na jih. Pro dochlazování prostor bude využito nuceného větrání VZT – rekuperace. Jako zdroj chladu bude sloužit tepelné čerpadlo.

8.4 Vzduchotechnika – rekuperace

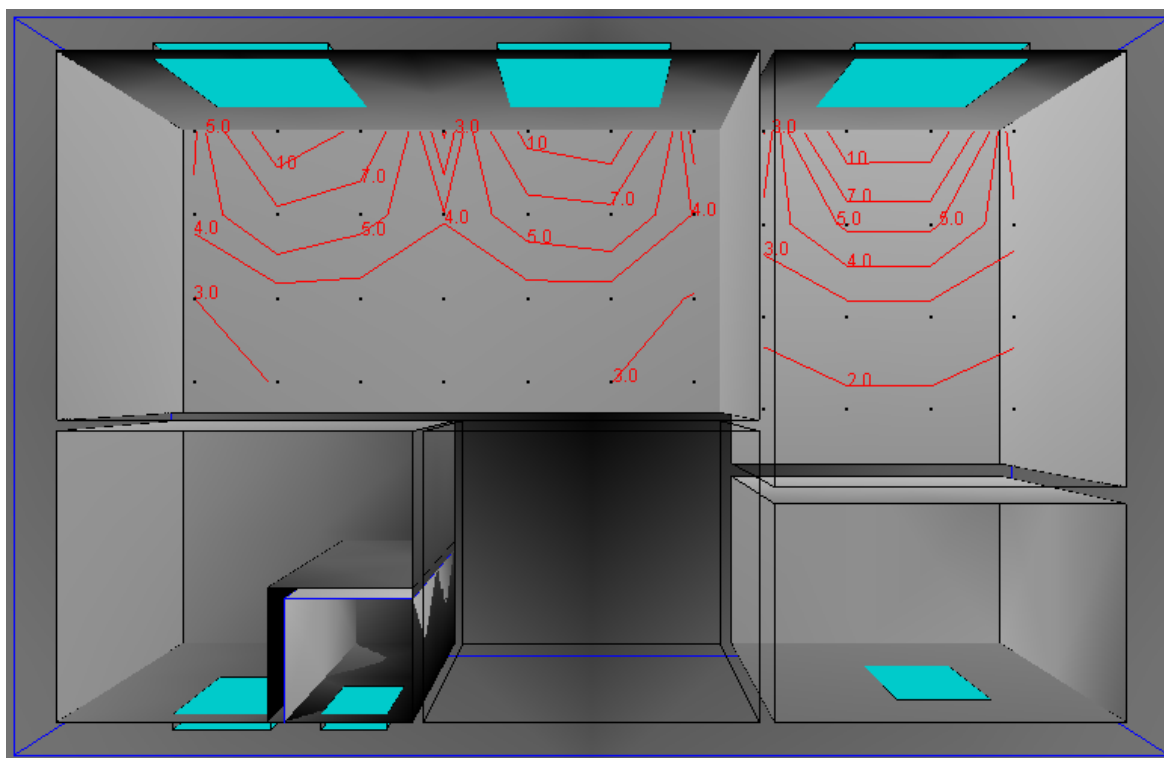
Nucené, neboli řízené větrání je standartní vybavení nízkoenergetických a pasivních domů. Jedná se o rekuperační jednotky, a jak již bylo zmíněno, využívají se v kombinaci se systémy topení a chlazení. A to i přesto, že právě díky rekuperaci využívají k prvotní tepelné úpravě odpadní vzduch. Pro zajištění tepelné pohody však musíme zajistit optimální teplotu proudícího vzduchu, aby nedocházelo k pocitu průvanu. Pro řízené větrání navrhované budovy jsem zvolil přetlakový systém s jednotku Vitovent 300C.

8.5 Osvětlení

I když se z hlediska hygienických předpisů nejedná o prostory s pracovním prostorem, při návrhu osvětlení jsem vycházel z norem ČSN EN 12464-1, ČSN 73 0580-2 a ČSN 36 0020. Mimo dodržení stanovených hladin osvětlení jsem se zaměřil také na možnost regulace za účelem dosažení energetických úspor, ale také pro možnost nastavení náladového osvětlení.

8.5.1 Denní osvětlení

Výpočet denního osvětlení mimo jiné stanoví, zda v uvažovaných prostorech budeme navrhovat osvětlení dle předepsaných hladin uvedených v ČSN EN 12464-1, nebo zda musíme řešit sdružené osvětlení. Vzhledem k tomu, že se jedná o výpočet, kde svoji podstatnou roli hraje umístění budovy v terénu a vliv stínění okolních objektů, stromů, atd. a jak již bylo zmíněno, jedná se o typovou dokumentaci, volil jsem případovou situaci bez okolního zastínění.



Obr. 12 Výpočet denního osvětlení obytných prostor - Wdls

8.5.2 Umělé osvětlení

Navržené umělé osvětlení je řešeno hlavně s ohledem na možnost využití volby řízené regulace, kdy bude využito tzv. scén. Jedná se o přednastavené režimy osvětlení, kdy bude pomocí snímačů intenzity osvětlení zajištěna stálá osvětlenost, avšak kdykoli bude možné hodnotu intenzity osvětlení v případě potřeby upravit.

8.6 Žaluzie

Žaluzie slouží především k zastínění vnitřních prostor v nočních hodinách pro zajištění intimity, ale také k regulaci intenzity denního světla a v letním období k eliminaci tepelných zisků od slunečního záření. V daném projektu jsou uvažovány venkovní lamelové žaluzie umožňující jak plné zastínění, tak také možnost regulace nastavení sklonu lamel. Vhodně zvoleným nastavením úhlu lamely dokážeme zajistit průchod světla do místnosti, ale současně odrážet tepelné záření zpět do exteriéru. Pro regulaci je zde využito systému KNX, kdy ve spolupráci s povětrnostní stanicí a řídicí žaluziovou jednotkou dokážeme automaticky regulovat nastavení polohy lamel v závislosti na poloze slunce a

ročního období, tj. systém při správném nastavení dokáže sám rozlišit, zda je žádoucí tepelný zisk od slunečního záření pustit do místnosti, nebo ne.

8.7 Řídicí systém

Jak již bylo zmíněno u jednotlivých instalovaných systémů, jejich ovládání, řízení a monitoring bude zajišťovat systém KNX. Mimo běžné akční členy a snímače zde bude využito energetických modulů k monitorování spotřeby jednotlivých dílčích celků a dále zde bude využito akčních spínačích členů s detekcí protékajícího proudu. Takto získaná data budou sloužit k přehledu energetické potřeby jednotlivých systémů, ale také na základě odebíraného proudu dokážeme detekovat případné poruchové stavy. Veškeré data budou sbírána monitorovacím a záznamovým modulem a dále předávány do systému vizualizace zajišťující i management energií. Pro tyto účely jsem zvolil SW nástroj ControlWeb.

Údaj	Hodnota	%
Čas od rozběhu aplikace	55.890 s	
Dosažený čas aplikace	55.900 s	100.00 %
Rozdíl	0.000 s	0.00 %
Počet časových kroků	561	
Počet časových kroků za sekundu	10 za s	
Průměrná délka časového kroku	5.268 ms	5.29 %
Průměrná rezerva časového kroku	94.406 ms	94.71 %
Okamžitá délka časového kroku	5.576 ms	5.57 %
Okamžitá rezerva časového kroku	94.600 ms	94.43 %
Celkový spotřebovaný čas	3.393 s	100.00 %
Čekání a synchronizace	0.000 s	0.00 %
Spotřeba komunikací	0.001 s	0.03 %
Spotřeba přístrojů	0.678 s	19.99 %
Události Windows	1.941 s	57.20 %
Režie Windows	0.737 s	21.71 %
Režie časování systému Control Web	0.036 s	98.93 %
Odchyška denního času	-10897.298 ms/den	
Korekce denního času	0 ms	

Údaj	Hodnota
multilanguage - all instruments 1\Časování:Okamžitá rezerva časového kroku	94.600 ms
multilanguage - all instruments 1\Datové elementy\channel Ch1\Skalární\k1:Hodnota I	0.049:69206776...

Chybové zprávy Ladící zprávy Informativní zprávy Systémové zprávy

[11.3.2014 13:43:28] Kamera není připojena

Obr. 13 Příklad programování Control Web 7

8.8 Alternativní připojení zdroje energie

V rámci projektu se uvažuje s napojením na distribuční síť, vzhledem k nízké energetické náročnosti je možné volit ostrovní systém, kdy bude objekt závislý pouze na napájení z alternativních zdrojů energie, případně v kombinaci s napojením na distribuční síť s blokováním a upřednostněním alternativních zdrojů. Vzhledem k tomu, že se jedná o typovou dokumentaci, bude napojení objektu vždy záviset na podmínkách v místě stavby.

Vlastní přípojka NN, případně návrh alternativních zdrojů není v této práci řešen.

9. Závěr

Pro realizaci projektu jsem zvolil řídicí systém KNX, pomocí kterého jsem zabezpečil ovládání provozně technických funkcí včetně energeticky úsporných opatření. Vizualizaci, zobrazení reálných hodnot a jejich archivaci, včetně možné tvorby grafů zajišťuje nástavbový software ControlWeb komunikující se systémem řízení prostřednictvím OPC serveru. Typová dokumentace řeší také možné napojení alternativních zdrojů energie. Vhodnou volbu alternativních zdrojů je nutné zvážit na základě lokality stavby a klimatických podmínkách a orientaci stavby v terénu, jejich vlastní návrh však nespadá do rozsahu této práce.

Seznam použité literatury

- [1] TOMAN, Karel – KUNC, Josef. *Systémová technika budov – Elektroinstalace podle standardu EIB*. Praha 1998. FCC PUBLIC
- [2] MERZ, Hermann. *Automatizované systémy budov – Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 2009. GRADA edice Stavitel
- [3] HARPER, Richard. *Inside the Smart Home*. Springer, 2003, ISBN1-85233-688-9
- [4] CLEMENTS – CROOME Derek. *Intelligent Buildings: Design, Management and Operation*, Thomas Telford Ltd., 2004, ISBN 0 7277 3266 8
- [4] ABB – Inteligentní elektroinstalace – popis systému [online – 15. 1. 2012]
<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105152A4199&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [5] SMART HOME ENERGY – What is a „Smart Home“? [online – 30. 10. 2014]
<http://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home>
- [6] IEEE Xplore / Energy Management Design for Smart Homes Using Green Technology [online – 22. 12. 2014] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6674699>
- [7] WEB OF SCIENCE™ – Optimal Smart Home Energy Management Considering Energy Saving and a Comfortable Lifestyle [online – 28. 01. 2015] <http://apps.webofknowledge.com>
- [8] SCOPUS – Demand-Side Energy Management: FTTH-based mode for Smart homes [online – 22. 12. 2014] <http://www.scopus.com>
- [9] SCOPUS – A low cost implementation of home area networks for home energy management systems [online – 22. 12. 2014] <http://www.scopus.com>
- [10] SCOPUS – Design of home appliance control module for smart home with energy management [online – 22. 12. 2014] <http://www.scopus.com>
- [11] WEB OF SCIENCE™ – A smart building power management concept: Smart socket applications with DC [online – 28. 01. 2015] <http://apps.webofknowledge.com>
- [12] ABB – Inteligentní řízení budov - Energetická efektivnost v budovách s využitím sběrníkové technologie ABB i-bus® KNX. [online – 11. 2. 2012] [online – 10. 10. 2014]
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/316b4c82fdf6f7ebc12578fd004a8fdd/\\$file/Energeticka_efektivnost%20s%20ABB%20i-bus%20KNX.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/316b4c82fdf6f7ebc12578fd004a8fdd/$file/Energeticka_efektivnost%20s%20ABB%20i-bus%20KNX.pdf)
- [13] TZB-info – Facility management / Energetická náročnost budov [online – 30. 10. 2014]
<http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10584-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-a-energeticky-audit>
- [14] Eaton – Řídicí relé EASY a modulární PLC [online – 31. 10. 2014]
http://www.eatonelektrotechnika.cz/pdf/tiskoviny_pdf_318.pdf

- [15] Siemens – The SIMATIC PCS 7 Process Control System [online – 31. 10. 2014]
https://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pcs7/pdf/76/br_pcs7_2013_en.pdf
- [16] ZigBee – Technology [online – 31. 10. 2014] <http://www.klugkraft.com/technology>
- [17] LOXONE – Produkty [online – 31. 10. 2014]
<http://www.loxone.com/cscz/produkty/miniserver/miniserver.html>
- [18] Schneider Electric – KNX – Plan for intelligent future safety [online – 31. 10. 2014]
<http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/product-launch/knx/knx.page>
- [19] ABB – Inteligentní elektroinstalace – Preferovaná technologie [online – 15. 1. 2015]
<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105152A9695&LanguageCode=cs&DocumentPartId=&Action=Launch>
- [20] OPC Foundation [online – 22. 2. 2015] <https://opcfoundation.org>
- [21] ČSN EN 15251 – Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, teplého prostředí, osvětlení a akustiky
- [22] ČSN EN 15242 Větrání budov – Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v budovách včetně infiltrace
- [23] ČSN EN 15243 Větrání budov – Výpočet teplot v místnostech, tepelné zátěže a energie pro budovy s klimatizačními systémy
- [24] ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [25] ČSN 73 0580-2 – Denní osvětlení budov. Část 2: Denní osvětlení obytných budov
- [26] ČSN 36 0020 – Sdružené osvětlení
- [27] Moravské přístroje Zlín [online – 22. 3. 2015]
http://www.mii.cz/download/magazine/prospekty/CW7_preview_2014.pdf

Seznam příloh

Příloha č. 1 Projektová dokumentace