



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

SENIOR CENTRUM ŽDÁR NAD SÁZAVOU

SENIOR CENTRE IN ŽDÁR NAD SÁZAVOU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Josef Brukner

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN OSTRÝ, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-EVB Environmentálně vyspělé budovy
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav pozemního stavitelství

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Josef Brukner
Název	Senior centrum Žďár nad Sázavou
Vedoucí práce	prof. Ing. Milan Ostrý, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- (1) Platné právní předpisy, zejména Stavební zákon č. 183/2006 Sb., Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a další předpisy související s tématem práce
- (2) Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO
- (3) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;
- (4) Odborná literatura

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání:

Zpracování určené části projektové dokumentace zadané budovy s téměř nulovou spotřebou energie ve stupni pro vydání stavebního povolení.

Cíle:

Dispoziční řešení budovy s návrhem vhodné konstrukční soustavy a nosného systému na základě zvolených materiálů a konstrukčních prvků, včetně vyřešení osazení objektu do terénu s respektováním okolní zástavby. Koncepční řešení technických systémů budovy a klasifikace její energetické náročnosti.

(I) Část architektonicko-stavební řešení (podíl 35 %) bude obsahovat: průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, koordinační situaci (1:200), požárně bezpečnostní řešení stavby a výkresy (1:100, příp. 1:50): základů, půdorysů podlaží, konstrukce zastřešení, svislých řezů a technických pohledů, sestavy dílců, popř. výkres tvaru stropní konstrukce vybraného podlaží. Součástí dokumentace bude stavebně fyzikální posouzení objektu a konstrukcí a průkaz energetické náročnosti budovy (bez posouzení proveditelnosti alternativních systémů a doporučených opatření)

(II) Část technika prostředí staveb (podíl 35 %) bude obsahovat koncepční studie relevantních systémů technického zařízení budovy s vazbou na výrobu a užití energie a hospodaření s vodou, schéma zapojení energetických zdrojů, výpočet výkonových parametrů, zjednodušené schéma řízení a dispoziční umístění zdrojů.

(III) Náplň volitelné části (podíl 30 %) bude stanovena vedoucím práce z oblasti energetiky, detailního konstrukčního řešení, udržitelné výstavby a ekonomiky budov týkající se jejich návrhu nebo provozu. Tato část může být řešena teoretickými nebo experimentálními prostředky.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh domova s péčí o seniory a osob se zdravotním postižením ve Žďáru nad Sázavou. Objekt je navržen jako třípodlažní budova se suterénem. V suterénu je technické zázemí. V prvním patře se nachází jídelna, ordinace, zázemí personálu a recepce. Druhé a třetí patro obsahuje společné prostory a pokoje. Budova má prefabrikovanou železobetonovou konstrukci s tepelnou izolací z minerální vlny. Je pokryta zelenou střechou. Základy jsou tvořeny pilotami. Příčka je navržena ze sádkartonových panelů. Projekt a 3D vykreslování byly prováděny v softwarech Revit a Lumion. Všechny konstrukce splňují platné normy a předpisy. Pozemek obsahuje také venkovní parkoviště a park.

KLÍČOVÁ SLOVA

Domov pro seniory, 3 nadzemní podlaží, extenzivní zelená střecha, prefabrikovaný skelet, minerální vlna, plochá střecha

ABSTRACT

The aim of this master thesis is to design home for the residential care of elderly and disabled people in Žďár nad Sázavou. It is designed as a three-storey building with a basement. There are technical facilities, in the basement. Canteen, doctor's office, manager's office and reception are located on the first floor. Second and third floor contains common premises and residential units. building has a prefabricated reinforced concrete structural framework with mineral wool thermal insulation. It is covered with an extensive green roof. Piles are designed as the foundation. Partition wall is designed from plasterboard. The project and 3D rendering were carried out in Revit and Lumion software. All structures comply with the valid standards and regulations. The building site contains also an outdoor car park and a park.

KEYWORDS

home for the Elderly, three-storey building, extensive green roof, prefabricated structural framework, mineral wool, flat roof

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Josef Brukner *Senior centrum Žďár nad Sázavou*. Brno, 2021. 34 s., 290 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního
stavitelství. Vedoucí práce prof. Ing. Milan Ostrý, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Senior centrum Žďár nad Sázavou* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Josef Brukner

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Senior centrum Žďár nad Sázavou* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Josef Brukner

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Milanu Ostrému, Ph.D. za ochotu, trpělivost a odborné rady během studia. Dále chci poděkovat své rodině a snoubence, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

OBSAH

ÚVOD	10
1 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ.....	11
1.1 Popis území	11
1.2 Základní charakteristika stavby a jejího užívání	11
1.3 Urbanistické řešení	11
1.4 Architektonické řešení	12
1.5 Stavební řešení.....	12
1.6 Konstrukční a materiálové řešení	12
1.7 Zásady požárně bezpečnostního řešení.....	13
1.8 Úspora energie a tepelná ochrana	13
2 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVBY	14
2.1 Technické řešení	14
2.2 Umělé osvětlení	14
2.3 Nucené větrání.....	14
2.4 Zdroj tepla a ohřevu TV.....	14
2.5 Chlazení.....	15
2.6 Využití srážkové vody.....	15
2.7 Fotovoltaika	15
2.8 Globální schéma.....	15
2.9 Další technická řešení	16
3 VYUŽITÍ AKUMULACE TEPLA PŘI ZMĚNÁCH SKUPENSTVÍ PRO SNÍŽENÍ PROVOZNÍCH NÁKLADŮ OBJEKTU SENIOR CENTRA ŽĎÁR NAD SÁZAVOU	17
3.1 Úvod.....	17
3.2 Materiály s fázovou změnou (PCMs) a jejich možná integrace do stavebních konstrukcí a systémů TZB	17

3.3 Akumulace tepla	17
3.4 Akumulace citelného tepla	18
3.5 Akumulace latentního tepla.....	19
3.6 PCMs pro akumulaci latentního tepla	19
3.7 Organické materiály.....	20
3.8 Anorganické materiály	21
3.9 Použití PCMs ve stavebnictví	21
3.10 Měření vlastností vybraných PCMs v klimatické komoře	25
3.11 Materiály	25
3.12 Metodika	25
3.13 Výsledky a diskuze	26
3.14 Závěr	29
3.15 PCMs ve stavebních konstrukcích řešeného objektu	30
3.16 Závěr	30
ZÁVĚR.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
PŘÍLOHY	33

ÚVOD

Diplomová práce se dělí na tři hlavní části. Řešený objekt se nachází ve Žďáru nad Sázavou v kraji Vysočina. Stavební pozemek se nachází v zastavěné části města na pozemcích číslech 1217 a 1219 v k. ú. Žďár nad Sázavou. Objekt bude vybudován místo stávající budovy, která bude demolována. Dvě sousední budovy, na které je objekt napojen, budou ponechány.

V první části je zpracování vybraných částí projektové dokumentace pro stavební povolení pro Senior Centrum Žďár nad Sázavou s téměř nulovou spotřebou energie. Stavba je budovou občanské vybavenosti a bude sloužit jako domov seniorů. Objekt je připojen k sousedním objektům, které nejsou součástí této práce. Řešená část celého komplexu obsahuje jídelnu, která budou přístupná všem klientům a zázemí pro zaměstnance. V řešeném objektu se nachází 20 pokojů pro klienty. V sousedních objektech se nachází kuchyně, zázemí pro personál a další pokoje. Konstrukční systém je prefabrikovaný skelet.

Cílem druhé části je návrh a popis technických systémů v budově. Navržené systémy jsou včetně výkonových parametrů a doprovodných výkresů. Jedná se o návrh systémů umělého osvětlení, nuceného větrání, zdroje tepla a ohřevu teplé vody, chlazení, využití srážkové vody a fotovoltaiky. Součástí návrhu je také globální schéma řízení energetických a ekologických systémů budovy, kde je názorně ukázáno propojení a fungování jednotlivých systémů mezi sebou.

Třetí část se zabývá vhodnými materiály pro akumulaci při změně skupenství. Je zde popsán současný stav problematiky a popsány vhodné materiály. Poté je vyhodnoceno měření vybraných materiálů, které byly podrobeny měření v klimatické komoře. První dvě části této práce slouží jako podklady pro návrh vhodných způsobů akumulace latentní energie pro objekt Senior Centrum Žďár nad Sázavou.

1 ARCHITEKTONICKO-STAVEBNÍ ŘEŠENÍ

1.1 Popis území

Stavební pozemek je situován v širším centru obce v současně zastavěném (intravilán) území. Tento pozemek je územním plánem zařazen do stabilizovaného území. Území, do kterého je umísťována navrhovaná stavba, je v současné době převážně zastavěno. Z hlediska lokalizace záměru se jedná o vhodný pozemek, který je součástí bývalého areálu domova mládeže. Stavební pozemek je mírně sklonitý přibližně obdélníkového tvaru umožňující plánovanou výstavbu.

1.2 Základní charakteristika stavby a jejího užívání

Předmětem projektového řešení je změna dokončené stavby – domov seniorů s nezbytným příslušenstvím (napojení na technickou a dopravní infrastrukturu). Navrhovaná stavba má charakter občanské vybavenosti. Stavba se nenachází v žádné chráněné zóně ani v záplavovém území, a proto není třeba ochrana stavby podle jiných právních předpisů.

1.3 Urbanistické řešení

Navržený záměr je umístěn z hlediska regulace v území, na které se vztahují tyto regulativní předpisy: 1. územní plán – platná verze z 22. 9. 2019 (ve změně č. 1). Na základě těchto limitů byla zpracována architektonická studie, která byla konzultována s příslušnými orgány. Projektové řešení ve stupni stavebního povolení vychází z výše uvedené studie.

Kompozice prostorového řešení

Umístění záměru je dané využitím dvou stávajících objektů bývalého domova mládeže z padesátých let 20. století na ulici Komenského. Během návrhu byl kladen důraz na zachování celkového obrazu tohoto území, měřítko zástavby a celkové zachování charakteru této lokace.

Stavební pozemek lze dle budoucího využití rozdělit na tři části:

- objekt domova pro seniory (dva stávající objekty propojeny spojovacím krčkem)
- plocha pro potřeby parkování vozidel a zásobování objektu
- zahrada pro klienty zařízení

1.4 Architektonické řešení

Architektonický výraz stávajících objektů bude v maximální míře zachován, tzn. že nedochází k výrazné změně tvaru ani vzhledu budov. Nově navržená přístavba propojovacího krčku je řešena v kontrastu ke stávajícím budovám. Budova bude mít plochou střechu, fasáda s hladkou strukturou bez reliéfů, a bude znát jasný předěl mezi stávajícím objektem a dostavěnou částí.

Materiálové a barevné řešení

Autor návrhu vycházel ze snahy, aby materiálové a barevné řešení respektovalo okolí, genius loci dané oblasti a navazovalo na stávající vzhled a materiálové řešení budovy. Původní fasády a nová přístavba budou opatřeny kontaktním zateplovacím systémem s tenkovrstvou omítkou. Okna stávajících budov budou vyměněna za nová dřevohliníková v členění dle původních. Okna přístavby budou dřevohliníková, vstupní prosklená stěna hliníková.

1.5 Stavební řešení

Jedná se o objekt občanské vybavenosti. Stavba obsahuje tři nadzemní a jedno podzemní podlaží. Hlavní vstup do budovy je orientován ze západní strany. U vchodu se nachází jídelna a zázemí pro personál. V suterénu je technické zázemí objektu. V prvním a druhém patře jsou společné prostory pro seniory a na každém podlaží je 10 pokojů. V blízkosti únikového schodiště se nachází osobní výtah, který umožňuje přepravu lůžek. V posledním patře se nachází kaple.

1.6 Konstrukční a materiálové řešení

- základy: hlubinné na pilotách, předpoklad zákl. poměrů – složité
- nosné konstrukce: železobetonový skelet s betonovými panely
- obvodové konstrukce: nadzemní zděné, omítané podzemní železobetonové
- zastřešení: plochá střecha s vnitřním odvodněním
- schodiště: hlavní železobetonové prefabrikované, tvar: dvouramenné
- podlahy plovoucí: tuhé desky na kročejové izolaci
- výplně otvorů: dřevohliníkové
- povrchové úpravy exteriér: tenkovrstvé omítky na kontaktním zateplení
- povrchové úpravy interiér: SDK s malbou

1.7 Zásady požárně bezpečnostního řešení

Při návrhu stavby byly dodrženy platné předpisy a normy.

Řešeno v samostatné části A.3 - Požárně bezpečnostní řešení.

1.8 Úspora energie a tepelná ochrana

Při návrhu stavby byly dodrženy platné předpisy a normy (ČSN 73 0540, zákon 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, vyhláška č. 78/2013 Sb., O energetické náročnosti budov). Skladby obvodových konstrukcí jsou navrženy tak, aby splňovaly požadavky normy ČSN 73 0540 na prostup tepla. Tepelně technické posouzení je řešeno v samostatné části A.5 – Stavebně fyzikální posouzení.

Na objekt je zpracován průkaz energetické náročnosti budovy, kde je budova zařazena do energetické náročnosti stavby B. Průkaz je obsažen v samostatné části A.6.

2 TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVBY

2.1 Technické řešení

Pro všechny inženýrské sítě budou zřízeny nové přípojky. Připojen bude vodovod pitné vody, jednotné kanalizace, nízké napětí elektrického proudu a horkovod. Při budování nových přípojek je nutné dbát na ochranná pásma a je nutné dodržet minimální předepsané vzdálenosti v ČSN 73 6005.

V této části je zhotoven návrh umělého osvětlení, nucené větrání, zdroj tepla a ohřevu teplé vody, chlazení, využití srážkové vody a fotovoltaiky, který je obsažen v příloze B. Součástí přílohy je i globální koncepce naznačující schéma řízení a propojení jednotlivých systémů.

2.2 Umělé osvětlení

V této části práce je navrženo umělé osvětlení a jeho řízení pro tři různé místnosti – jídelnu a dva vybrané pokoje. Osvětlení v jídelně bude řízeno ručním ovládáním umístěným u vstupů do místnosti. Svítidlo u vstupu do pokojů bude vybaveno PIR čidlem bez dalšího ovládání. Světlo v pokoji bude ovládáno vypínačem u vstupu a u postele. Bodové světlo nad stolem bude mít vlastní ruční ovládání.

2.3 Nucené větrání

V návrhu nuceného větrání byla budova rozdělena na funkční celky a navrhnuty průtoky vzduchu v místnostech. Dále byl vybrán jeden funkční celek, pro který byl proveden návrh distribučních prvků a nákres jednočarového schématu potrubí ke strojovně. Dalšími body byl návrh vzduchotechnické jednotky, zhotovení regulačního schématu a vytvoření dispozice strojovny. VZT jednotka bude umístěna na střeše objektu.

2.4 Zdroj tepla a ohřevu TV

Pro výpočet zdroje tepla a ohřev TV byly nejprve vypočítány tepelné ztráty budovy pomocí zjednodušené obálkové metody a tepelné ztráty infiltračí. Dále byla vypočítána potřeba teplé vody a následně navržen zásobník teplé vody o objemu 400 l. Nakonec byl zvolen vhodný zdroj tepla pro budovu. Zvolený zdroj tepla je předávací stanice. V objektu je navrženo podlahové vytápění ve společných prostorech a desková otopná tělesa v pokojích.

2.5 Chlazení

Pro návrh koncepce chlazení byla nejprve zjednodušeným výpočtem posouzena tepelná zátěž pro chlazené místnosti. Následně byl vypracován návrh vnitřních jednotek, chladič ve VZT jednotce a centrální venkovní jednotky. Součástí výstupu je dispoziční schéma navržených jednotek. Jako zdroj chladu jsou na ploché střeše umístěna dvě tepelná čerpadla. Jeden zdroj zajišťuje chlazení jídelny systémem multi split s chladivem R32. Druhá jednotka zajišťuje chlazení pouze VZT jednotky, která je vybavena přímým chladičem. Jako chladicí teplotonosná látka je použito plnivo R410A.

2.6 Využití srážkové vody

Pro posouzení bilance dostupné srážkové a využitelné nepitné vody je nutné vypočítat roční, max. denní, průměrnou denní a max. hodinovou potřebu pitné vody, množství nepitné vody a množství srážkové vody zachycené za rok na střeše. Podle potřeby je třeba upravit množství využívané nepitné vody. V poslední řadě je návrh podzemního zásobníku na srážkovou vodu. Využití nepitné vody je pro splachování záchodů a zalévání zahrad a to až 116 m³ za rok. Na pozemku je umístěna nádrž o objemu 10 m³.

2.7 Fotovoltaika

Je navržen hybridní fotovoltaický systém pracující v ostrovním režimu se 49 monokrystalickými panely umístěnými na střeše základní školy se sklonem 45° orientovanými na jih. Jako akumulční baterie pro každý objekt je navržena baterie SMILE T10 3f s kapacitou 21,6 kWh.

2.8 Globální schéma

Schéma obsahuje dvě místnosti s popisem vybavení a způsobu provozování z hlediska TZB (svítidla, otopné plochy, větrací prvky, aktivní stínící prvky). Dále je zde uvedena topologie MaR, hierarchické řízení jednotlivých systémů a zastřešující systém, který dává možnost řídit vše z jednoho místa. Dále obsahuje systémy VZT, UT, CHL, osvětlení, solární výrobu tepla nebo elektřiny, stínící techniku, ekologická opatření a další, které se podílí na energetickém nebo ekologickém chování objektu.

2.9 Další technická řešení

Vodovod

Stavba je připojena na veřejný vodovod. Vodoměrná sestava je umístěna ve vodoměrné šachtě v blízkosti hranice pozemku. Vodovodní rozvod v budově je rozveden v instalačních šachtách, předstěnách, drážkách ve zdivu. Teplá voda je ohřívána v akumulacním zásobníku umístěném v technické místnosti v suterénu.

Kanalizace

Odvodnění splaškových vod je provedeno pomocí splaškové kanalizace a vyvedeno ven z objektu. Splašková kanalizace je spojena s dešťovou kanalizací a svedena do jednotné kanalizace.

Elektřina

Stavba je připojena na vedení nízkého napětí. U objektu se nachází pojistková skříň a elektroměr. Elektrické vedení je dovedeno do objektu, kde je v podhledech, instalačních předstěnách a drážkách ve zdivu vedeno k jednotlivým spotřebičům.

Hromosvod

Objekt je vybaven hromosvodem. Uzemnění hromosvodu je provedeno zemnicím páskem FeZn.

3 VYUŽITÍ AKUMULACE TEPLA PŘI ZMĚNÁCH SKUPENSTVÍ PRO SNÍŽENÍ PROVOZNÍCH NÁKLADŮ OBJEKTU SENIOR CENTRA ŽĎÁR NAD SÁZAVOU

3.1 Úvod

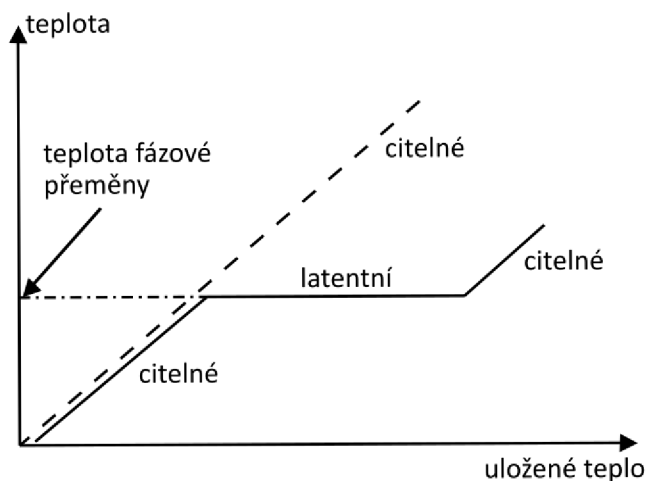
V této části práce se věnuji možnostem akumulace tepla při změnách skupenství, a to zejména materiálům s fázovou přeměnou, které umožňují akumulovat energii v úzkém teplotním rozsahu. Pomocí těchto materiálů je možno dosáhnout nižších provozních nákladů a zvýšit využití energie z pasivních solárních zisků.

3.2 Materiály s fázovou změnou (PCMs) a jejich možná integrace do stavebních konstrukcí a systémů TZB

Fázová přeměna je skoková změna skupenství nebo krystalové struktury u pevných látek, která může nastat při zahřívání nebo ochlazování látky. Při této přeměně se mění i řada jejích fyzikálních vlastností, např. objem nebo hustota (Mehling a Cabeza, 2008). Materiály se změnou skupenství (Phase Change Materials – PCMs) se používají již více než dva tisíce let. Těchto materiálů je celá řada (asi neznámější i nejpoužívanější materiál je voda, která se používá ke chlazení ve formě ledu nebo sněhu) a způsob jejich užití závisí zejména na jejich teplotním rozsahu. Výhodou těchto materiálů je nízká objemová změna, vysoká tepelná kapacita a tepelná stabilita v požadovaném teplotním rozsahu (Košny, 2015).

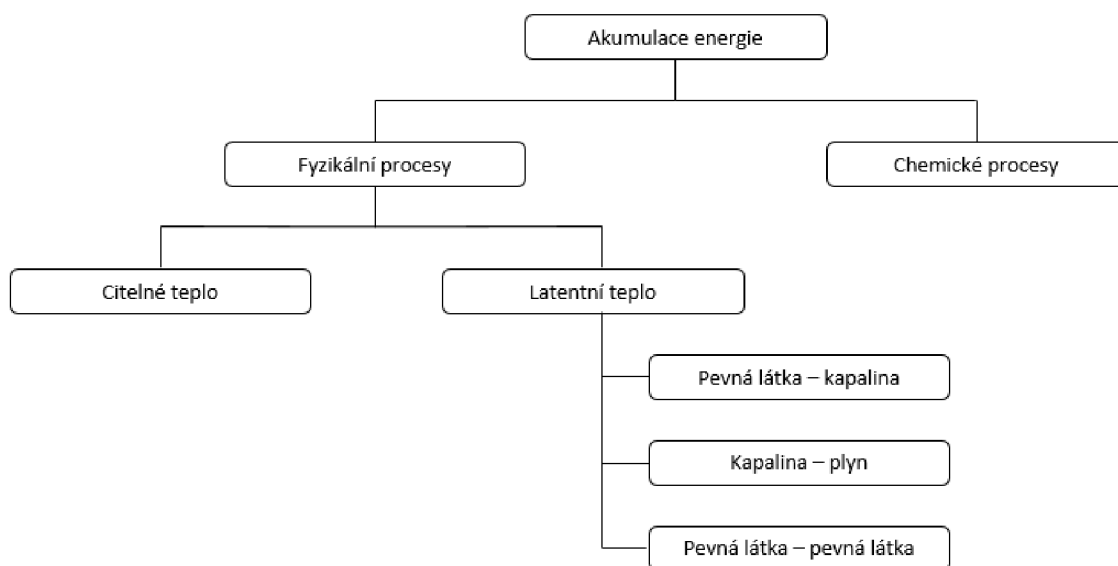
3.3 Akumulace tepla

Akumulace energie se stává stále více důležitou při řešení problémů, kdy je třeba využít vyrobenou energii bez možnosti okamžité spotřeby. Teplo nebo chlad je možné akumulovat ve stavebních konstrukcích nebo zařízeních TZB (Fleischer, 2015). V PCMs probíhá při zvyšování okolní teploty akumulace citelného tepla – vnitřní struktura se nemění a hmota se pouze zahřívá. Následuje teplotní tání materiálu (látka mění své skupenství), kdy se jeho teplota nemění a dochází k akumulaci tzv. latentního tepla. Tento proces je znázorněn na Obr. 1.



Obr. 1: Akumulace citelného a latentního tepla (archiv autora podle Mehling a Cabeza, 2008)

Na Obr. 2 jsou ukázány možnosti pro ukládání tepelné energie v PCMs. Akumulace tepla při chemických procesech závisí na velikosti entalpie látky po reakci a velikosti entalpie před touto chemickou reakcí. Toto teplo je nazýváno jako teplo reakce. Při endotermní reakci se teplo ukládá a při exotermické se teplo uvolňuje (Mehling a Cabeza, 2008).



Obr. 2: Možnosti ukládání tepelné energie v PCMs (archiv autora podle Košny, 2015)

3.4 Akumulace citelného tepla

Možnost ukládání citelného tepla závisí na tepelné kapacitě látky. Při akumulaci citelného tepla roste současně i teplota látky a při odebrání tepla teplota klesá. Jedná se o nejvíce využívaný způsob akumulace tepla. Jedna z vhodných látek je voda, která je užívána v elektrických zásobnících nebo zásobnících solárních kolektorů, jako levná látka s vysokou tepelnou kapacitou.

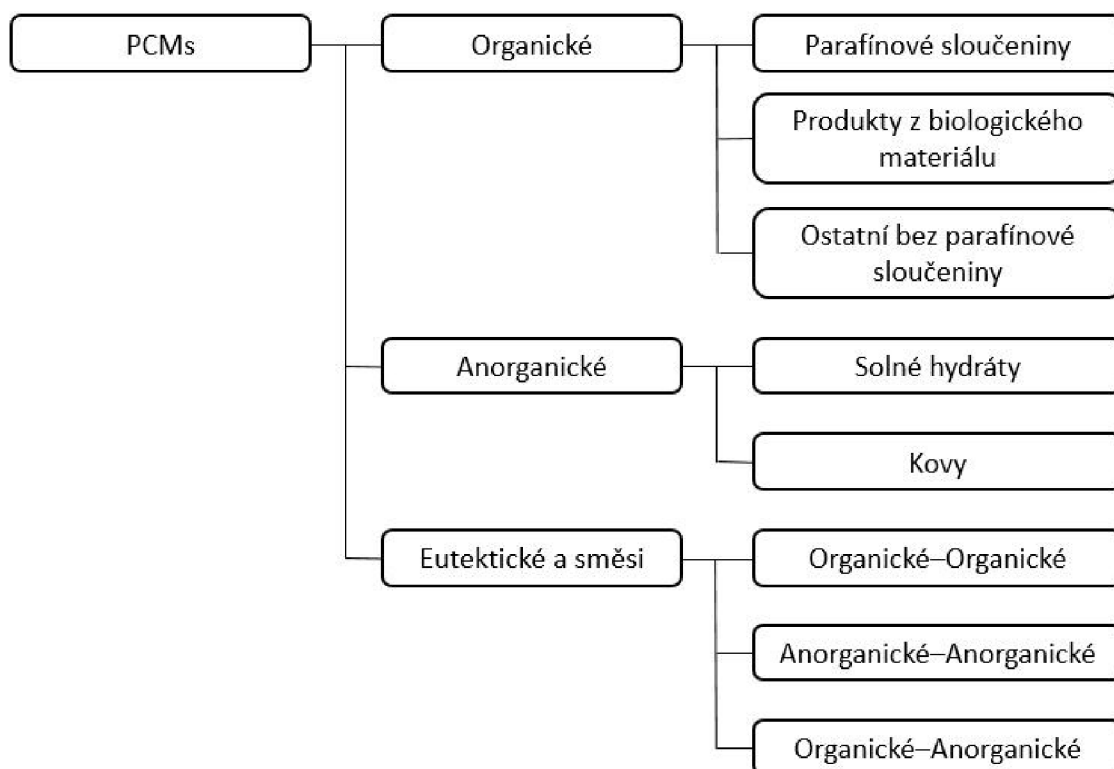
3.5 Akumulace latentního tepla

Akumulace latentního tepla využívá fázovou přeměnu látky při dané teplotě, kdy se teplo ukládá nebo uvolňuje, ale teplota média se při změně skupenství nemění. Pro čisté chemické látky je typické, že u nich mohou probíhat pouze tři druhy fázových změn. Pro akumulaci tepla se však nejčastěji používá změna skupenství pevná látka – kapalina, protože při této fázové změně nedochází k tak velikým objemovým změnám.

3.6 PCMs pro akumulaci latentního tepla

Již dnes je na trhu mnoho stavebních konstrukcí, které se nazývají jako lehké a nedosahují tepelných kapacit hmotných stavebních konstrukcí. Výrazný problém pro lehké stavební konstrukce představuje zajištění tepelné stability v letním období. Tyto lehké materiály je možné doplnit materiály se změnou skupenství, které dokáží akumulovat značné množství tepla. Použité PCMs je nutné kvůli změně skupenství oddělit. Mohou být odděleny ve stavební konstrukci nebo uzavřeny v zásobníku.

V posledních desetiletích bylo zkoumáno mnoho čistých látek směsí, které by bylo vhodné použít pro akumulaci tepla při skupenských změnách v daných teplotních rozsazích. Vhodné materiály s fázovou přeměnou je možné rozdělit do skupin (Obr. 3).



Obr. 3: Rozdělení PCMs (archiv autora podle Košny, 2015)

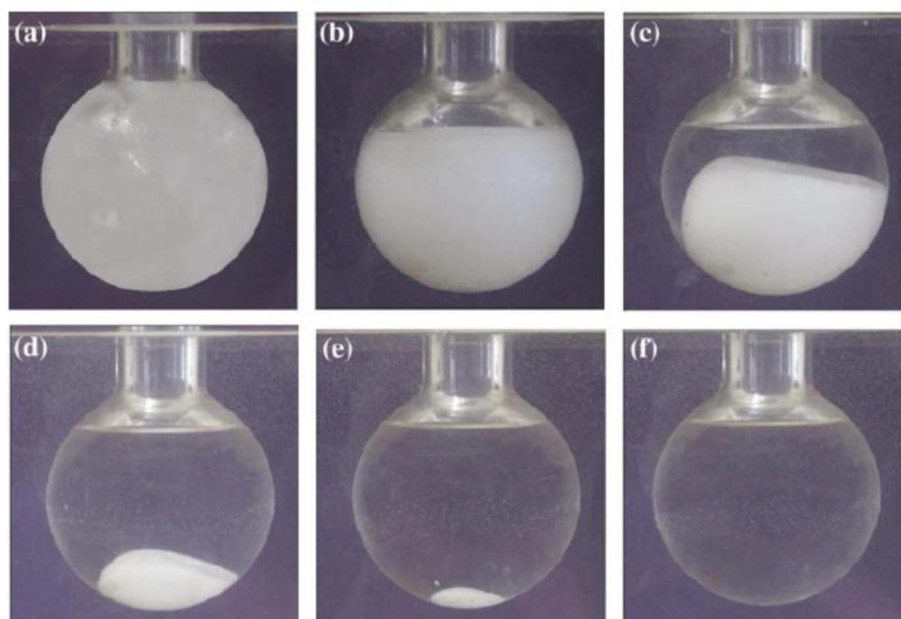
3.7 Organické materiály

Organické materiály je možné cyklicky zatěžovat bez fázové segregace a při jejich krystalizaci dochází k malému nebo žádnému přechlazení. Tyto materiály jsou také obvykle bezkorozní a recyklovatelné, ale jsou také hořlavé.

Jeden z nejpoužívanějších materiálů s fázovou přeměnou jsou sloučeniny s parafíny (Sharma a kol., 2009). Sloučeniny s parafíny mají bod tání mezi 6 a 71 °C (Obr. 4), což je vhodný teplotní rozsah pro užití ve stavebních materiálech. Tyto materiály jsou snadno dostupné, ale při jejich užití ve stavebních konstrukcích je nutné řešit jejich hořlavost například pomocí retardérů hoření (Košny, 2015).

V současné době je trendem při výběru materiálu brát v úvahu i jeho environmentální dopady. Díky tomuto trendu se objevují produkty z biologického materiálu, které jsou odpadním produktem zemědělské činnosti nebo jsou produktem trvale udržitelného hospodářství. Typickými zástupci jsou kokosový olej, palmový olej, sójový olej a hovězí lůj. Je pro ně typická menší hořlavost než u parafínových sloučenin (Németh a kol., 2018).

Poslední skupinou organických materiálů jsou organické sloučeniny bez parafínů. Do této skupiny patří mastné kyseliny, cukerné alkoholy a polyetylen glykoly.



Obr. 4: Průběh tání parafinů: (a) pevné skupenství; (b)–(e) tání média; (f) tekuté skupenství (Košny, 2015)

3.8 Anorganické materiály

Tyto materiály mají široký rozsah teplot tání. Ve většině případů mají větší hustotu než organické látky. Jejich cena je zpravidla nižší než u organických materiálů. Objemové změny se projevují do 10 % objemu. Mají vyšší tepelnou vodivost oproti organickým materiálům a jsou také nehořlavé.

Hydráty solí se skládají z minimálně jedné soli a vody. Může u nich nastávat rozdělení na rozdílné fáze, čímž mohou nastat problémy při se stabilitou při cyklování. Jejich teplota tání je vyšší než u vody, díky složce solí. U hydrátů solí dochází často k přechlazení před zahájením krystalizace. Teplota klesne pod teplotu tání a až poté začne krystalizace látky.

3.9 Použití PCMs ve stavebnictví

Při stavbě moderních budov se v současné době hojně využívají lehké obvodové pláště, které však vykazují nižší tepelnou kapacitu než dříve používané zděné stěny. S nižší tepelnou kapacitou přímo souvisí snížená schopnost akumulace tepla ve stěnách, takže může docházet k nekomfortnímu kolísání teplot v interiéru (Mehling a Cabeza, 2008).

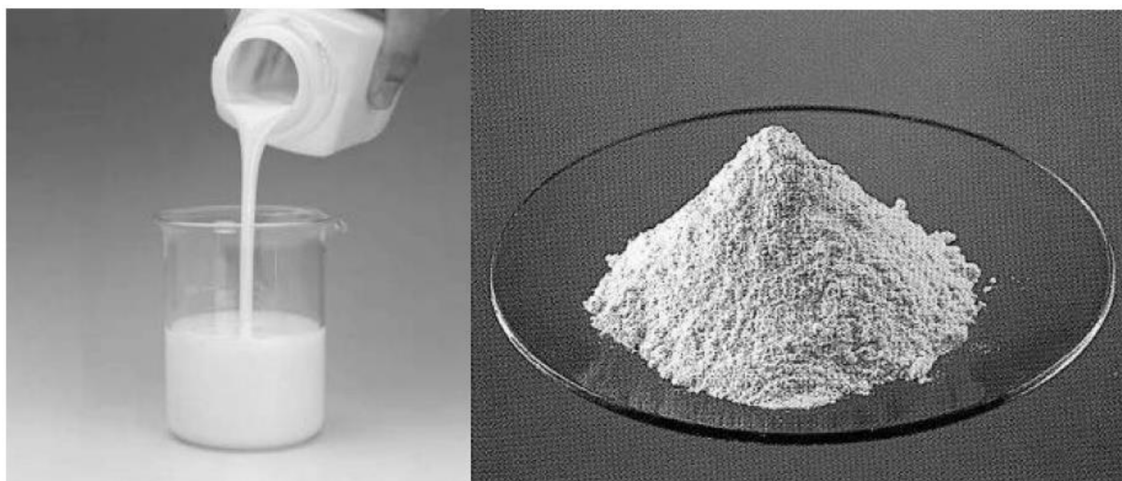
Zajištění tepelné stability klade vysoké nároky na energii nutnou pro vytápění a chlazení. Protože je však ve stavebnictví aktuálním pojmem udržitelnost a energetická nezávislost budov, uvažuje se, zatím především na experimentální úrovni, použití materiálů, které by zvýšily akumulační schopnosti konstrukce, a tak snížily spotřebu energie. Jako vhodná skupina materiálů se v současnosti jeví právě PCMs.

Vědecké studie poukazující na potenciál PCMs se začínají objevovat v druhé polovině minulého století. Série odhadů pomocí matematických modelů, ale i experimentů v terénu ukázaly, že při použití PCMs je možné snížit tloušťku stěny až na čtvrtinu oproti běžné betonové stěně. Při těchto pokusech byly PCMs (nejčastěji parafíny a solné hydráty) impregnovány do použitých betonových, nebo keramických tvárnic. Záhy se však zjistilo, že metoda impregnace není pro všechny typy látek příliš vhodná: užití materiály spolu při změnách teploty reagovaly, měnily své vlastnosti a docházelo k úniku PCMs z konstrukce (Košny, 2015).

Další výzkum se proto zaměřil na adekvátní zapouzdření PCMs uvnitř konstrukce. Vedle impregnace se proto uvažují následující způsoby (podle Ostrý, 2013):

- umístění mikro kapslí ve stavební konstrukci nebo prvku (kapsle o velikosti několika mikrometrů až milimetrů tvořené PCM – jádrem – a polymerním pouzdrém)
- makro zapouzdření (prvky různých tvarů vyplněné vhodným PCM, obal je tvořen zpravidla vodivým materiálem)
- tvarově stabilizované PCMs (připravovány z tekutých směsí PCMs a matričního materiálu)

Při volbě způsobu zapouzdření PCM uvnitř konstrukce je nutné zohlednit umístění prvku s PCM v rámci objektu. Použití mikro kapslí (Obr. 5) je vhodné pro použití v sádkartonových deskách a materiálech vnitřních omítek. Díky malému objemu jednotlivých částic PCM je možné s těmito prvky pracovat jako s běžným stavebním materiálem, protože při porušení mikro kapsle dojde k uvolnění velmi malého množství média, které nemá na výsledné vlastnosti užitého materiálu téměř žádný vliv. Mikro kapsle lze také implementovat do stěnové izolace, která nezanedbatelně zvýší akumulační schopnost lehkých stěn. Výzkum byl prováděn s různými izolačními materiály, např. skelnou vatou či celulózou (Košny, 2015).



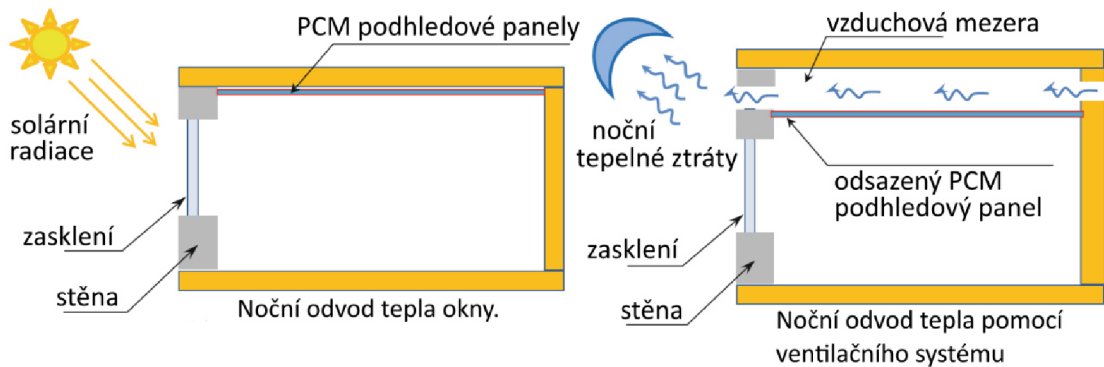
Obr. 5: Parafín v mikrokapslích (Mehling a Cabeza, 2008)

Makro zapouzdřené prvky je možné použít ve skladbách podlah, umístit na podhled, případně uložit pod střešní krytinu (Obr. 6). Výroba a instalace těchto prvků je relativně jednoduchá, tudíž jde ve srovnání s mikro kapslemi o levnější variantu. Pro tento způsob zapouzdření jsou zpravidla užívány kovové obaly, které díky své tepelné vodivosti zajišťují snadnější předávání tepla (Liu a kol., 2018).

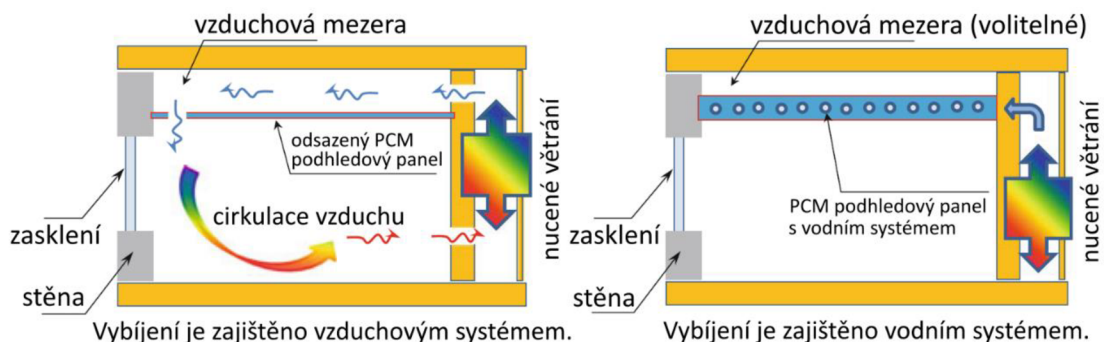


Obr. 6: Instalace PCM do střešní konstrukce (Košny, 2015)

Při návrhu konstrukce s PCMs je třeba zajistit vhodné podmínky pro tzv. nabíjení a vybíjení (tzv. aktivaci) použitého materiálu. Během dne je tepelná zátěž interiéru zpravidla vyšší, takže se v PCMs akumuluje latentní teplo a materiál se nabíjí. K aktivaci PCMs potom dochází v noci, kdy teplota interiéru začne klesat pod bod tání PCMs. Aby použitý materiál mohl plnit svou funkci opakovaně, je pro změnu skupenství v celém objemu PCMs nutné podpořit ochlazování interiéru. Pasivní metodou je přirozené větrání (Obr. 7), mezi aktivní metody se řadí dochlazování pomocí VZT jednotky nebo vodních chladících okruhů (Obr. 8). Pro zvýšení účinnosti je možné vytvořit provětrávanou vzduchovou mezeru (Košny, 2015).

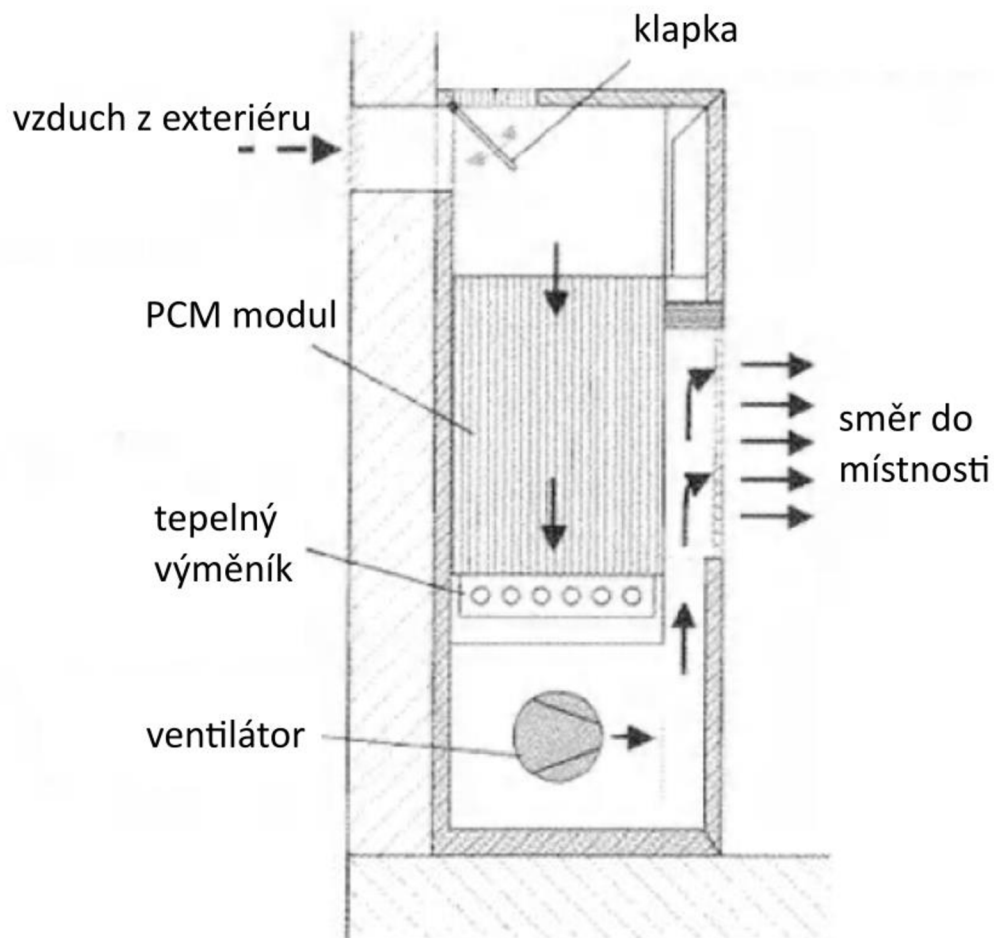


Obr. 7: Pasivní systémy chlazení (podle Košny, 2015)



Obr. 8: Aktivní systémy chlazení (podle Košny, 2015)

Další využití PCMs je možné v zásobnících pro akumulaci přebytků tepla ve špičkách příkonu sluneční energie. Takový zásobník je vhodné použít pro krátkodobou akumulaci tepla ve vzduchových i vodních solárních systémech. V zásobnících mohou být použity makro zapouzdřené materiály různých tvarů (koule, polštářky, trubice plněné PCMs). Využití PCMs je možné také ve vzduchotechnických jednotkách. Při použití decentralizovaného větrání (Obr. 9), kdy jsou jednotky umístěny v pod parapetním provedení a vybaveny materiálem s fázovou změnou, neklesne operativní teplota v místnosti pod 26 °C pro většinu dní během letního období (Košny, 2015).



Obr. 9: Schematický nákres ventilačního systému s PCM (Mehling a Cabeza, 2008)

3.10 Měření vlastností vybraných PCMs v klimatické komoře

Další částí této práce je zpracování naměřených dat pro vybrané materiály, které byly testovány jako vhodná média pro akumulaci latentního tepla ve stavebních konstrukcích a technických zařízeních budov.

3.11 Materiály

Měření bylo provedeno s těmito materiály:

- Linpar 18–20
- Kokosový olej
- Parafol 17–97
- Parafol 18–97

Všechny zkoumané materiály mají vhodné předpoklady pro akumulaci latentního tepla ve stavebních konstrukcích a technických zařízeních budov. Body tání leží mezi 15 a 30 °C. Zatímco kokosový olej je zástupce látek z biologického materiálu, tak ostatní jsou synteticky vyráběné sloučeniny. Pro uhlovodíkové směsi s obsahem 17 uhlíků by se teplota tání měla pohybovat okolo 21,7 °C a entalpie tání 213 kJ/kg a pro parafíny s 18 uhlíky se teplota nachází kolem 27,5 °C a entalpie tání je 220 kJ/kg. (Németh a kol., 2018) Hodnoty se mohou měnit přesným složením směsí.

3.12 Metodika

Měření probíhalo v klimatické komoře Memmert typ IPP 55 (Obr. 10) za účelem zjištění teplot tání, průběhu tuhnutí a pro ověření, zda jsou materiály vhodné pro stavební aplikace. V klimatické komoře je možné nastavení teploty od 0 °C do 70 °C. Objem komory je 53 l. Nastavení provozního času je možné po minutách na téměř 100 dnů. Nastavení teplot je možné s přesností na 0,1 K. Materiály byly nality do baňky upevněné na stojanu a hermeticky uzavřeny. Teploty uvnitř klimatické komory a teploty uvnitř akumulačních látek byly snímány čidly Pt 100-1a zaznamenávány měřicí ústřednou Almemo 2890-9. Měření probíhalo dva po sobě jdoucí dny. Cílem bylo zjistit rychlost změny materiálu v průběhu tání a tuhnutí.

Teplotní program byl nastaven dle následujícího schématu:

- v čase 0:00 ohřev vnitřního prostoru v klimatické komoře z 15 na 40 °C;
- po dosažení teploty 40 °C nastane udržování konstantní teploty;
- v čase 12:00 ochlazování vnitřního prostoru v klimatické komoře ze 40 na 15 °C;
- po dosažení teploty 15 °C nastane udržování konstantní teploty.



Obr. 1: Klimatická komora Memmert typ IPP 55 (Unimed, 2021)

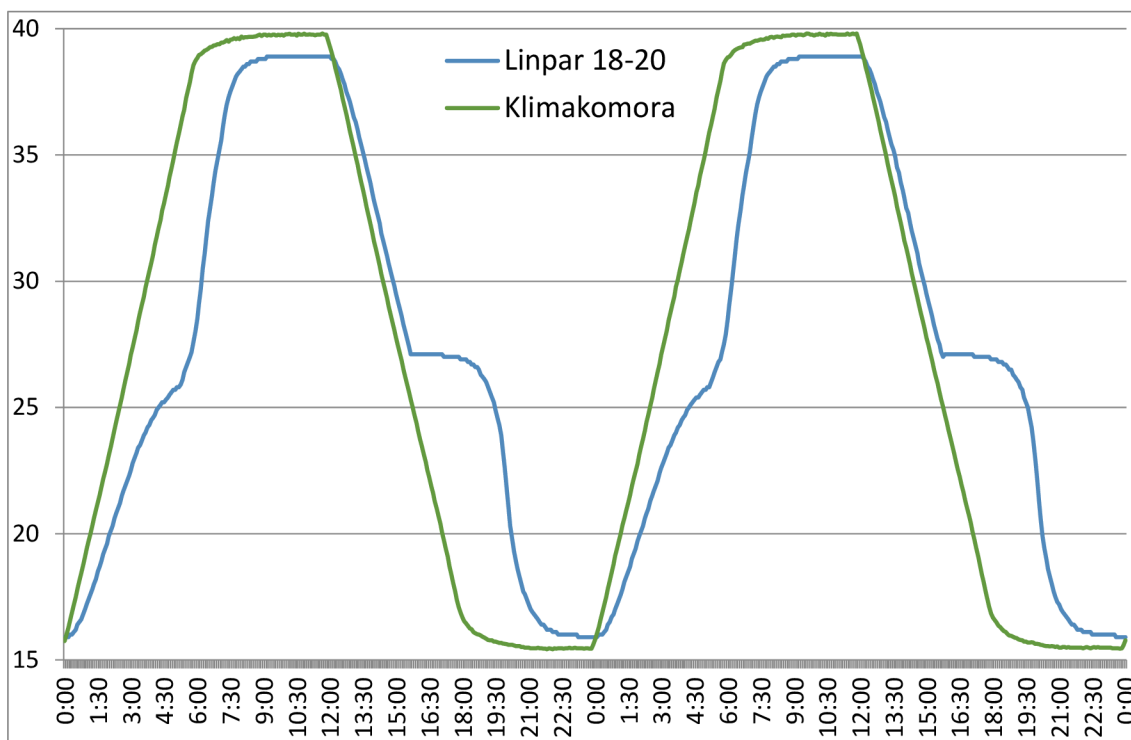
3.13 Výsledky a diskuze

Z provedeného měření můžeme vidět (Obr. 11), že u Linpar 18–20 nedochází k podchlazení. Teplota klesne na 27,1 °C, kde po 80 minutách začne klesat. Do konce cyklu se stihne vybit úplně a při druhém cyklu se celý proces opakuje.

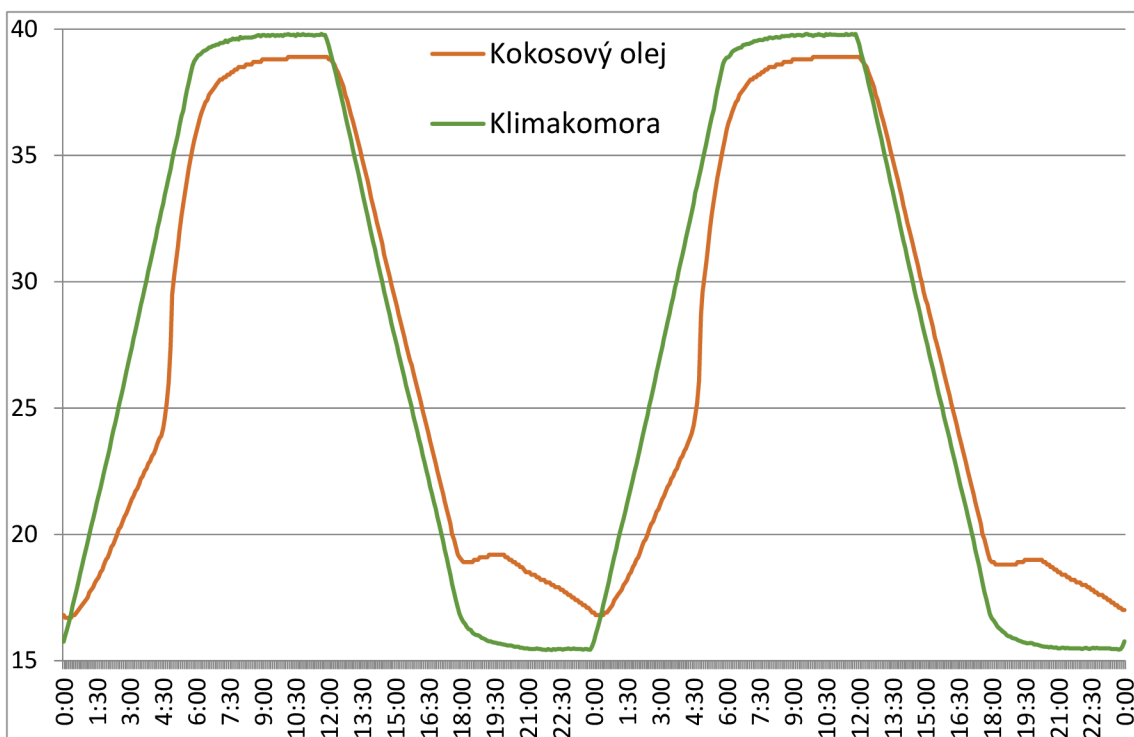
U kokosového oleje (Obr. 12) se projevilo podchlazení na teplotu 18,9 °C a po 45 minutách se teplota zvedne na 19,2 °C. Při vybíjení teplota klesne na 16,8 °C. Při druhém cyklu se kokosový olej podchladí na teplotu 18,8 °C a jeho teplota se zvedne po 80 minutách na 19 °C. Na konci cyklu klesne teplota na 17 °C.

Další je Parafol 17–97 (Obr. 13). Teplota při, které začíná tuhnutí je 21,6 °C. Na této teplotě vydrží přibližně dvě a tři čtvrtě hodiny a poté začne klesat až na teplotu 16,9 °C. Při druhém cyklu je průběh téměř totožný.

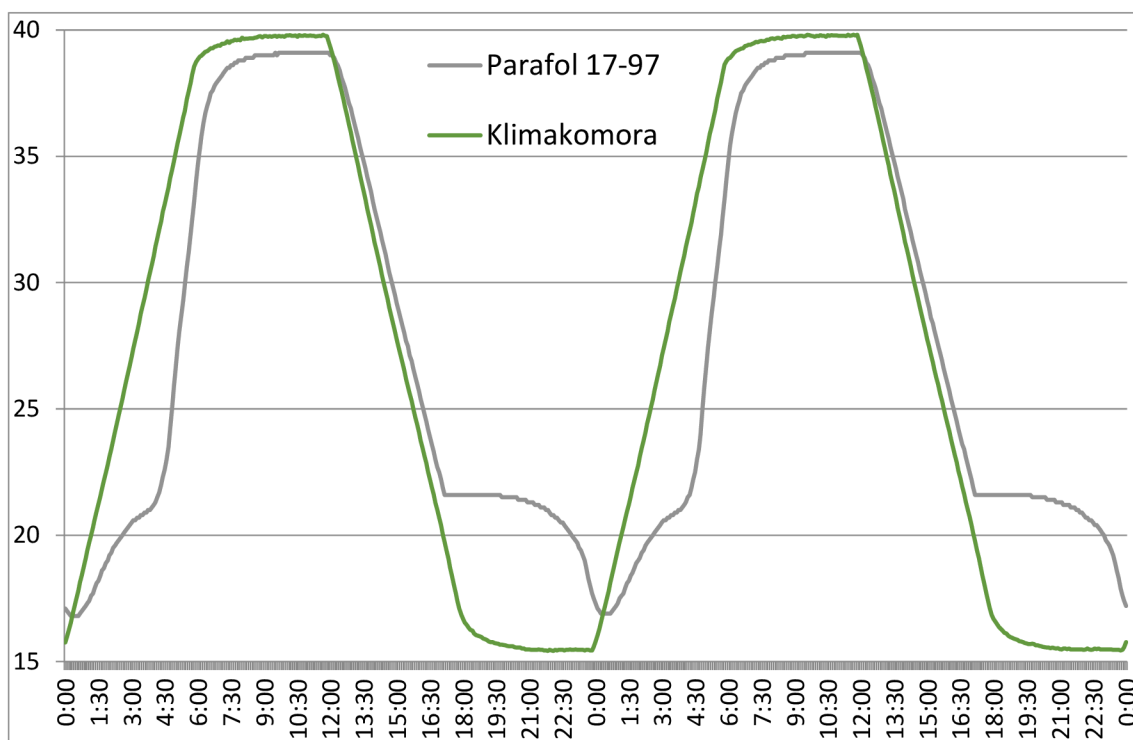
Jako poslední je Parafol 18–97 (Obr. 14), tento parafín prochází podchlazením na teplotu 26,9 °C. Během následujících 35 minut teplota stoupne na 27,7 °C, kde se drží dvě a půl hodiny a poté začne klesat až na teplotu 15,7 °C. Ve druhé části měření až na 26,8 °C. Teplota během dalších 30 minut stoupne na 27,7 °C. Výsledná teplota skončí na 15,6 °C. Průběhy teplot všech sledovaných látek lze nalézt na Obr. 15.



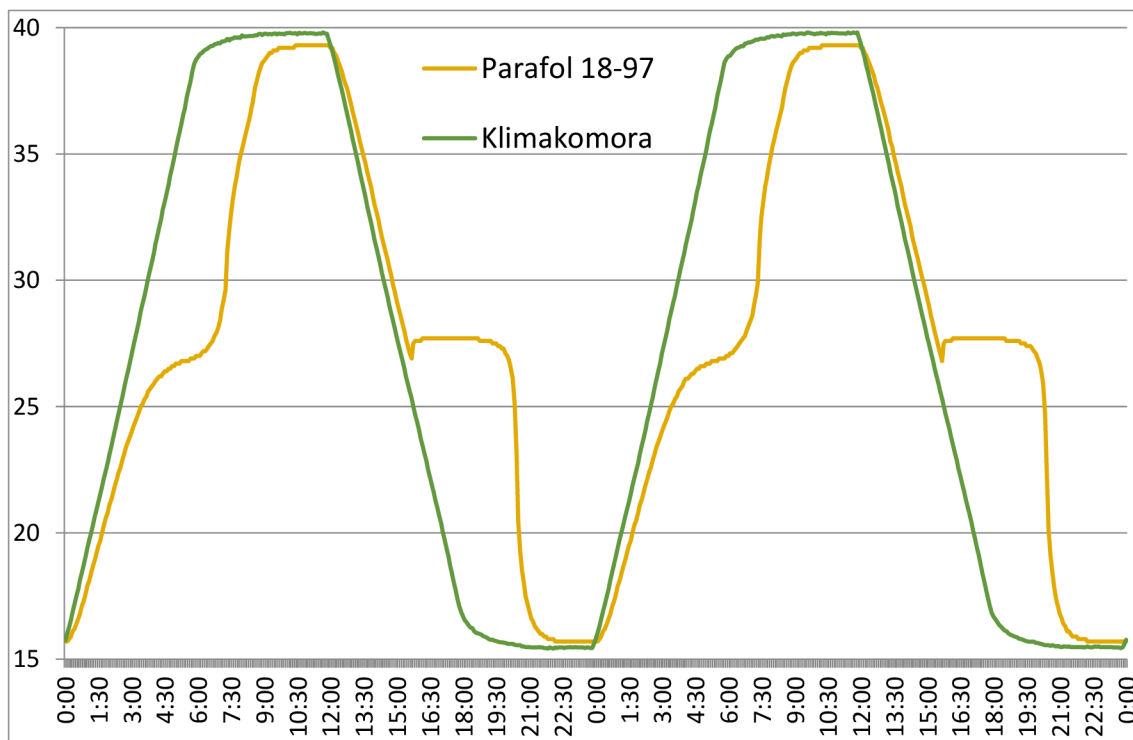
Obr. 2: Průběh teplot Linpar 18–20



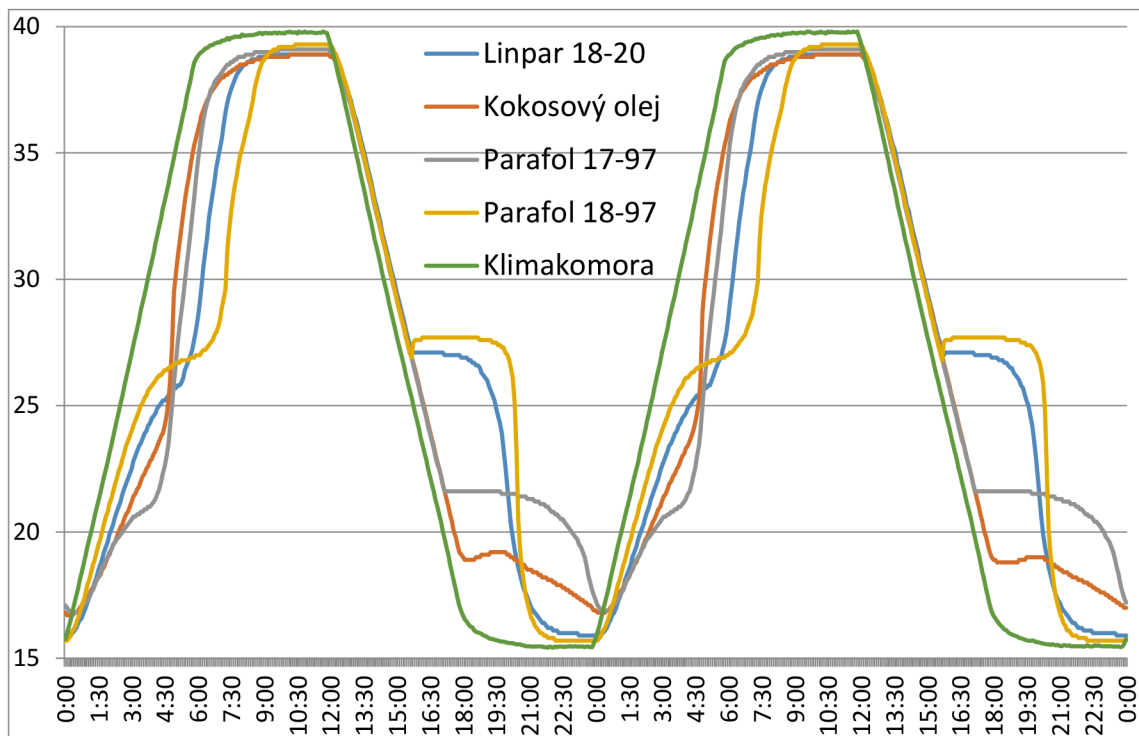
Obr. 3: Průběh teplot kokosový olej



Obr. 4: Průběh teplot Parafol 17-97



Obr. 5: Průběh teplot Parafol 18-97



Obr. 6: Průběh teplot všech měřených materiálů

3.14 Závěr

Byly představeny materiály vhodné pro užití ve stavebnictví pro akumulaci latentního tepla pomocí organických materiálů. Výsledky ukazují, že k přechlazení dochází jak u uměle vytvořeného Parafolu 18–97, tak i u kokosového oleje, který je materiálem rostlinného původu. Pokud chceme uvolnit akumulované latentní teplo, musíme kokosový olej podchladiť pod 19 °C. Pro Parafol 18–97 se měřením ukázalo, že teplota musí klesnout pod 27 °C, aby došlo k uvolnění akumulovaného tepla. Pro Linpar 18–20 a Parafol 18–97 se potvrdilo, že díky obsahu osmnácti uhlíků je jejich teplota tání okolo 28 °C a přesná hodnota závisí na složení dané směsi. U Parafolu 17–97 by se dala očekávat teplota tání okolo 21,7 °C a tato hodnota se potvrdila.

3.15 PCMs ve stavebních konstrukcích řešeného objektu

Tepelná stabilita v letním období zejména pro místnosti, které se nachází ve třetím patře objektu, je nevyhovující. Chlazení prostoru je navrženo pomocí VZT jednotky a zdroje chladu, kterým je tepelné čerpadlo.

V rámci opatření pro úsporu energie je možné navrhnout aktivní systém sestávající z PCMs a nuceného větrání nebo kapilárních rohoží. PCMs lze použít v mikro kapslích umístěných v sádro-kartonových deskách tvořících dělící příčky mezi pokoji pro klienty, které by výrazně zvýšilo jejich schopnost akumulace tepla. Ze zkoumaných materiálů se pro účel použití v mikro kapslích jeví látka Parafol 18–97, případně Linpar 18–20, protože se teplota tuhnutí těchto materiálů pohybuje v oblasti mimo požadovanou mez (méně než 27 °C). Akumulované teplo v kritických dnech je možné odvést chlazeným vzduchem během nočních hodin, kdy jsou náklady na elektrickou energii nižší, a zpravidla není nutné venkovní vzduch dochlazovat.

Využití nočního nuceného větrání pro chlazení interiéru však má své limity: v nočních hodinách není možné zvyšování rychlosti vzduchu v potrubí kvůli zajištění akustického komfortu klientů. Pro přechodné období je řešení pomocí nočního pasivního větrání dostačující, pro letní období je vhodné umístění kapilárních rohoží v omítce.

Dalším opatřením je využití PCMs v makro kapslích, které je možno umístit ve stěnách a ve stropě. Aby si dosáhlo aktivaci naakumulovaného tepla pro období s opakujícími se vysokými teplotami, je vhodné tento systém doplnit provětrávanou vzduchovou mezerou nebo vodních chladících okruhů.

3.16 Závěr

V práci jsou představeny základní informace materiálů s fázovou přeměnou a jejich použití ve stavební praxi. Čtyři vzorky byly podrobeny testování v klimatické komoře. Výsledky ukazují průběh fázové přeměny a u dvou materiálů dochází k malému přechlazení. Tuto skutečnost je nutné zohledňovat při integraci materiálů do stavebních konstrukcí. Nevýhodou využití těchto materiálů je jejich cenová nedostupnost a nepřipravenost podkladů od dodavatelů, kde by byli uvedené potřebné informace o dostupných řešeních a malé povědomí o existenci a funkcích těchto materiálů.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo vypracování části projektové dokumentace pro Senior Centrum Žďár nad Sázavou a návrh technických zařízení budov včetně jejich rozměrů a výkonnostních parametrů.

V teoretické části jsem se býval vhodnými materiály pro akumulaci tepla při změně skupenství. Byly vyhodnoceny čtyři vybrané materiály a jejich využití v řešeném objektu pro úsporu energie akumulací latentního tepla.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

FLEISCHER, A. S., 2015. *Thermal Energy Storage Using Phase Change Materials: Fundamentals and Applications*. 1. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 9783319209210.

KOŠNY, J., 2015. *PCM-Enhanced Building Components: An Application Of Phase Change Materials In Building Envelopes And Internal Structures*. 1. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 9783319142852.

LIU, Z., Z. YU, T. YANG, D. QIN, S. LI, G. ZHANG, F. HAGHIGHAT a M. M. JOYBARI, 2018. A review on macro-encapsulated phase change material for building envelope applications. *Building and Environment*. 144, 281-294. ISSN 03601323. Dostupné z: doi:10.1016/j.buildenv.2018.08.030

MEHLING, H. a CABEZA, L. F., 2008. *Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. 308 p. ISBN 9783540685562.

NÉMETH, B., Á. S. NÉMETH, A. UJHIDY, J. TÓTH, L. TRIF, J. GYENIS a T. FECZKÓ, 2018. Fully bio-originated latent heat storing calcium alginate microcapsules with high coconut oil loading. *Solar Energy*. 170, 314-322. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.066

SHARMA, A., V. V. TYAGI, C. R. CHEN a D. BUDDHI, 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13(2), 318–345. Dostupné z: doi:doi.org/10.1016/j.rser.2007.10.005

UNIMED, 2021. *Laboratorní chlazený inkubátor Memmert IPP 55 plus*. [online]. [1. 1. 2021]. Dostupné z: <https://www.unimed.cz/chlazen-y-inkubator-ipp55plus>

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A

OZNAČENÍ	NÁZEV	MĚŘÍTKO
A.1.1	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	–
A.1.2	SOUHRNNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA	–
A.2.1	KOORDINAČNÍ SITUAČNÍ VÝKRES	1:250
A.2.2	ZÁKLADY	1:50
A.2.3	PŮDORYS 1.S	1:50
A.2.4	PŮDORYS 1.NP	1:50
A.2.5	PŮDORYS 2.NP	1:50
A.2.6	PŮDORYS 3.NP	1:50
A.2.7	PŮDORYS STŘECHY	1:50
A.2.8	ŘEZ A–A'	1:50
A.2.9	TECHNICKÉ POHLEDY	1:100
A.2.10	VÝKRES STROPNÍ KONSTRUKCE NAD 1.NP	1:50
A.3.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA_PBŘ	–
A.3.2	PŮDORYS 1.S_PBŘ	1:100
A.3.3	PŮDORYS 1.NP_PBŘ	1:100
A.3.4	PŮDORYS 2.NP_PBŘ	1:100
A.3.5	PŮDORYS 3.NP_PBŘ	1:100
A.3.6	SITUAČNÍ VÝKRES_PBŘ	1:250
A.4.1	STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ POSOUZENÍ	–
A.5.1	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	–

PŘÍLOHA B

OZNAČENÍ	NÁZEV	MĚŘÍTKO
B.1.1	KONCEPČNÍ STUDIE TECHNIKY PROSTŘEDÍ STAVBY	–
B.2.1	SCHÉMA UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ	1:100
B.2.2	FUNKČNÍ CELKY 1.NP	1:100
B.2.3	FUNKČNÍ CELKY 2.NP	1:100
B.2.4	FUNKČNÍ CELKY 3.NP	1:100
B.2.5	JEDNO ČAROVÉ NUCENÉ VĚTRÁNÍ	1:100
B.2.6	REGULAČNÍ SCHÉMA VZT JEDNOTKY	–
B.2.7	SCHÉMA STŘECHY	1:100
B.2.8	REGULAČNÍ SCHÉMA ZDROJE TEPLA	–
B.2.9	DISPOZICE ZDROJE TEPLA	1:100
B.2.10	UMÍSTĚNÍ VNITŘNÍ JEDNOTKY	1:100
B.2.11	DENNÍ BILANCE	–
B.2.12	POHLED ZÁPADNÍ	1:100
B.3	SCHÉMA ŘÍZENÍ ENERGETICKÝCH A EKOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ BUDOVY	–

PŘÍLOHA C

OZNAČENÍ	NÁZEV	MĚŘÍTKO
C.1	VYUŽITÍ AKUMULACE TEPLA PŘI ZMĚNÁCH SKUPENSTVÍ PRO SNÍŽENÍ PROVOZNÍCH NÁKLADŮ OBJEKTU SENIOR CENTRA ŽĎÁR NAD SÁZAVOU	–