

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Celoroční skleník  
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavel Rohlík**  
Osobní číslo: **I22062**  
Studijní program: **B0714P060001 Aplikovaná elektrotechnika**  
Téma práce: **Celoroční skleník**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroniky a rádiových systémů**

## Zásady pro vypracování

Cílem práce je provést průzkum trhu s technologiemi, které lze využít pro návrh skleníku. Na základě průzkumu student porovná jednotlivé technologie (jak z pohledu ceny, tak z pohledu vhodnosti jednotlivých technologií pro různá řešení skleníků) a na základě poznatků vybere vhodné technologie pro návrh skleníku, který by mělo být možné využívat celoročně. S využitím vybraných technologií student navrhne celoroční skleník a následně provede jeho výrobu a pomocí měření ověří, zda navržený skleník splňuje kladené požadavky.

Rozsah pracovní zprávy: **40**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMELE AT89C2051: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]*. Praha: BEN – technická literatura, 2006. ?C & praxe. ISBN 8073001748.
- [2] ROUBAL, J. a P. HUŠEK. *Regulační technika v příkladech*. BEN, 2011. ISBN 978-80-7300-260-2. [3] ŠEDA, M., I. ŠVARC a M. VÍTEČKOVÁ. *Automatické řízení*. CERM, 2011. ISBN 978-80-214-3491-2.
- [3] PIRKL, Josef. *Řešené příklady v C#, aneb, C# skutečně prakticky*. České Budějovice: Kopp, 2005. ISBN 80-7232-265-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Luboš RejfeK, Ph.D.**  
Katedra elektroniky a rádiových systémů

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

**prof. Ing. Petr Doležel, Ph.D.** v.r.  
děkan

L.S.

**doc. Ing. Jan Pidanič, Ph.D.** v.r.  
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Celoroční skleník jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 07. 05. 2025

Pavel Rohlík v.r

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu práce, panu Ing. Luboši Rejfkovi, Ph.D., za odborné vedení mé bakalářské práce a projevovou ochotu. Mé poděkování patří také panu Jeronýmu Lieberzeitovi za jeho cenné rady a odbornou pomoc při programování. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za neocenitelnou psychickou podporu během psaní této práce.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací automatizovaného systému skleníku určeného pro celoroční pěstování teplomilných rostlin. Teoretická část práce popisuje klíčové požadavky na konstrukci skleníku, výběr vhodného umístění a parametry nutné pro efektivní provoz. Součástí je také průzkum trhu se senzory a akčními členy, které byly následně vybrány pro konstrukci systému. Praktická část práce se zaměřuje na implementaci hardwaru a softwaru systému. Byla navržena a optimalizována řídicí jednotka, firmware a komunikace s uživatelem. Systém umožňuje monitorování a regulaci teploty, vlhkosti vzduchu a půdy, přičemž byl testován za různých podmínek. Závěry práce potvrzují, že navržený systém splňuje požadavky na pěstování náročnějších druhů rostlin a nabízí možnosti rozšíření pro budoucí použití.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Skleník, Řídicí systém, Celoroční pěstování, Mikroklima, Monitorování

## **TITLE**

Year-round greenhouse

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis focuses on the design and implementation of an automated greenhouse system intended for year-round cultivation of thermophilic plants. The theoretical part describes the key requirements for greenhouse construction, selection of an appropriate location, and the parameters necessary for efficient operation. It also includes a market analysis of sensors and actuators, which were subsequently chosen for the system's construction. The practical part of the thesis focuses on the implementation of the system's hardware and software. A control unit, firmware, and user interface were designed and optimized. The system enables monitoring and regulation of temperature, air humidity, and soil moisture and was tested under various conditions. The findings confirm that the proposed system meets the requirements for cultivating demanding plant species and provides potential for future expansion.

## **KEYWORDS**

Greenhouse, Control System, Year-Round Cultivation, Microclimate, Monitoring

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	7
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	9
ÚVOD.....	10
1 Plánování skleníku .....	11
1.1 K čemu bude skleník určen? .....	11
1.2 Jaké množství vegetace (jak velký skleník)? .....	11
1.3 Jaké vhodné místo na zahradě vybrat?.....	12
1.4 Celoroční pěstování.....	12
1.4.1 Jaro .....	12
1.4.2 Léto .....	13
1.4.3 Podzim .....	13
1.4.4 Zima .....	13
1.4.5 Shrnutí požadavků .....	14
2 Konstrukce skleníku .....	15
2.1 Zaplášťení skleníku .....	15
2.2 Izolace skleníku .....	16
2.2.1 Bublínková folie .....	16
2.2.2 Termoreflexní folie .....	16
2.2.3 Izolační dvojsklo.....	17
2.2.4 Výběr izolace .....	17
2.3 Vlhkost vzduchu ve skleníku .....	17
2.3.1 Optimální vlhkost vzduchu .....	17
2.4 Stupeň krytí IP .....	17
2.5 Světelné podmínky.....	19
2.5.1 Elektromagnetické spektrum.....	19
2.5.2 Požadavky rostlin.....	19
2.6 Vybrané řešení .....	20
3 Požadavky na teplo a vytápění skleníku .....	22
3.1 Tepelná ztráta a koeficient prostupu tepla .....	22
3.2 Měření teploty a vlhkosti .....	23

3.3 Trh s teploměry a vlhkoměry .....	24
3.3.1 DHT22 digitální teploměr a vlhkoměr .....	24
3.3.2 DHT11 Digitální teploměr a vlhkoměr .....	25
3.3.3 Modul pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku - BME280.....	26
3.3.4 Digitální teplotní senzor DALLAS - DS18B20.....	28
3.3.5 Zhodnocení výběru teploměru .....	28
3.4 Druhy topení .....	29
3.4.1 Topná tělesa .....	29
3.4.2 Airontek Heating Cable – výhřevný kabel.....	31
3.4.3 PTC ohřívač vzduchu, 300W ~ 500W .....	32
3.4.4 LightHouse Ecoheat topení do skleníku .....	34
3.4.5 Zhodnocení výběru topného tělesa .....	35
4 Osvětlení a větrání .....	36
4.1 Osvětlení a jeho intenzita .....	36
4.1.1 LED PÁSEK, OSVĚTLENÍ PRO PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN .....	36
4.1.2 SATURN LED panel 60cm – 18W.....	37
4.1.3 Zhodnocení výběru osvětlení .....	38
4.2 Vzduch a větrání .....	38
4.2.1 Servo MG996R (MG996) s kovovými převody 13 kg 180° .....	39
4.2.2 Podlahový ventilátor Cyclone 20cm, 3 rychlosti .....	40
4.2.3 Zhodnocení výběru ventilace .....	40
5 Koncept navrženého řešení .....	41
5.1 Blokové schéma .....	41
5.1.1 Řídící jednotka .....	41
5.1.2 Uživatelské rozhraní .....	42
5.1.3 Kontrolní jednotka .....	43
5.1.4 Rozvaděč a zdroj.....	43
6 Konstrukce skleníku a jeho vybavení senzory a akčními členy.....	44
6.1 Hlavní konstrukce skleníku.....	44
6.2 Senzory a jejich použití.....	45
6.2.1 Umístění senzorů.....	45
6.3 Návrh desek plošných spojů pro senzory systému.....	46

6.4 Akční členy .....	46
6.4.1 Zavlažovací systém .....	47
6.4.2 Umělé osvětlení a ventilace .....	48
6.4.3 Topná tělesa .....	48
6.5 Teplota v zimě.....	49
6.5.1 Izolační vlastnosti skleníku bez izolace .....	49
6.5.2 Izolační vlastnosti skleníku s izolací.....	49
6.5.3 Zhodnocení izolačních vlastností.....	50
6.6 Řídící a kontrolní jednotka.....	50
7 Firmware a oživení systému .....	53
7.1 Komunikace s uživatelem .....	53
7.2 Výčet hodnot ze senzorů .....	54
7.3 Ovládání topení .....	55
7.4 Ovládání ventilace.....	56
7.5 Ovládání zavlažování a světel.....	57
7.6 Algoritmus kontrolní jednotky .....	58
8 Ověření funkčnosti systému.....	59
8.1 Udržení nastavených parametrů .....	59
8.1.1 Regulace teploty.....	59
8.2 Vlhkost vzduchu .....	61
8.3 Vlhkost půdy .....	62
9 Závěr .....	63
POUŽITÁ LITERATURA .....	64
INTERNETOVÉ ZDROJE:.....	64
SEZNAM PŘÍLOH.....	67

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1: Parametry plexiskla .....	16
Obrázek 2: Světlo a fotosyntéza .....	19
Obrázek 3: Návrh senzorů a akčních členů systému .....	21
Obrázek 4: Princip měření vlhkosti senzoru DHT22.....	23
Obrázek 5: Princip měření NTC termistoru senzoru DHT22 .....	24
Obrázek 6: AM2302 digitální teploměr a vlhkoměr.....	25
Obrázek 7: DHT11 Digitální teploměr a vlhkoměr .....	26
Obrázek 8: Modul pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku - BME280.....	27
Obrázek 9: Digitální teplotní senzor DALLAS – DS18B20 .....	28
Obrázek 10: Konstrukce topného dvoujádrového topného kabelu.....	30
Obrázek 11: Charakteristika PTC tělesa .....	31
Obrázek 12: Airontek Heating Cable – výhřevný kabel.....	32
Obrázek 13: PTC00 ohřívač vzduchu, 300W ~ 500W. ....	33
Obrázek 14: Topení LightHouse Ecoheat.....	34
Obrázek 15: LED pásek, osvětlení pro pěstování rostlin.....	37
Obrázek 16: Svítidlo Saturn LED. ....	38
Obrázek 17: Servo MG 996R (MG996) s kovovými převody 13 Kg .....	39
Obrázek 18: Podlahový ventilátor Cyclone 20 cm. ....	40
Obrázek 19: Blokové schéma řízení systému .....	41
Obrázek 20: Návrh uživatelského rozhraní .....	42
Obrázek 21: Skelet rámu (část A před úpravou a nátěrem proti korozi, část B po úpravě a nátěru proti korozi) .....	44
Obrázek 22: Zaplášťený skleník.....	44
Obrázek 23: Umístění čidel D18B20 a vlhkoměru v substrátu .....	45
Obrázek 24: Navržená deska pro senzory uvnitř skleníku .....	46
Obrázek 25: Navržená deska pro teplotní čidla .....	46
Obrázek 26: SSR Relé modul High level - 4 kanály 5 V DC .....	47
Obrázek 27: Ponorné čerpadlo Hsbao HS-750 .....	47
Obrázek 28: Zimní testování topných těles .....	48
Obrázek 29: Teplota ve skleníku bez izolace .....	49
Obrázek 30: Teplota ve skleníku s izolací .....	50
Obrázek 31: Blokové schéma řídicích členů .....	51
Obrázek 32: Řídící jednotka (odpojené uživatelské rozhraní).....	52
Obrázek 33: Uživatelské rozhraní.....	52
Obrázek 34: Algoritmus uživatelského rozhraní .....	53
Obrázek 35: Algoritmus odečítání hodnot ze senzorů.....	54
Obrázek 36: Algoritmus spínání topení .....	55
Obrázek 37: Algoritmus spínání ventilace.....	56
Obrázek 38: Algoritmus spínání čerpadla .....	57
Obrázek 39: Algoritmus vysílače/přijímače kontrolní jednotky.....	58
Obrázek 40: Naměřené hodnoty při venkovní teplotě 15 °C .....	59
Obrázek 41: Odečet naměřených hodnot v 10:00 (levý horní roh – domácí teploměr, pravý horní roh – ESP32 platforma GRAFANA, spodní část – data měřená systémem) .....	60
Obrázek 42: Měření vlhkosti vzduchu.....	61
Obrázek 43: Měření vlhkosti půdy .....	62

Tabulka 1: Parametry senzoru DHT22 .....	25
Tabulka 2: Parametry senzoru DHT11 .....	26
Tabulka 3: Parametry modulu pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku - BME280 .....	27
Tabulka 4: Parametry modulu DALLAS – DS18B20 .....	28
Tabulka 5: Parametry topného kabelu .....	32
Tabulka 6: parametry PTC ohřívače .....	33
Tabulka 7: Parametry LightHouse Ecoheat. ....	34
Tabulka 8: Parametry LED pásku.....	37
Tabulka 9: Parametry svítidla Saturn LED.....	38
Tabulka 10: Parametry Servomotoru MG996R.....	39
Tabulka 11: Parametry ventilátoru Cyclon.....	40

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

°C	stupeň Celsia
V	volt
A	ampér
W	watt
cm	centimetr
hod	hodina
min	minuta
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
IP	Ingress Protection
sb	substrát
vz	vzduch

## ÚVOD

Vlastní zelenina a čerstvé bylinky začínají být v dnešní době stále více v oblibě. Zahradníkův rok je za použití skleníků delší a díky nim je doba vegetace rostlin prodlužována. Skleníky jsou využívány k pěstování druhů rostlin, které by v dnešních klimatických podmínkách nebylo možné pěstovat, či by vůbec nedozrály.

Další možností využití skleníků je také pěstování okrasných exotických dřevin, které je v případě vytápěného skleníku možné pěstovat na zahradě po celý rok. Jelikož je mým zájmem pěstování a množení bonsají a dalších okrasných dřevin, nemám dostatečné vyhovující kapacity pro jejich pěstování v pokoji, rozhodl jsem se navrhnout a vybudovat vlastní celoroční skleník, který mi umožní mou zálibu rozvíjet.

V teoretické části je bakalářská práce zaměřena na otázku pořízení skleníku, jeho umístění a konstrukci. Teoretická část se dále zabývá průzkumem trhu jednotlivých komponent, potřebných ke konstrukci skleníku s celoročním využíváním a rozborem jejich principů. Na základě teoretické části byl navržen koncept a proveden výběr komponent pro návrh a výrobu skleníku.

Praktická část je zaměřena na samotný návrh a konstrukci skleníku pro celoroční pěstování. Praktická část se také věnuje návrhu firmwaru v jazyce C++ a testování funkčnosti systému a provedením vybraných testů pro ověření funkčnosti navrženého systému

# 1 Plánování skleníku

Skleník je prostorem, kde je vegetace chráněna před silným deštěm a jinými nežádoucími povětrnostními vlivy, a jehož výstupem může být zelenina v bio kvalitě, řízky stromků, dřevin, bonsají atp. Před vlastním návrhem skleníku je nutné provést studii vegetačních podmínek druhů, které budou pěstovány. Zodpovězením následujících otázek byly získány parametry potřebné pro návrh skleníku. (Schumann, 2023):

1. k čemu bude skleník určen?
2. jaké množství vegetace (jak velký skleník)?
3. jaké vhodné místo na zahradě vybrat?

## 1.1 K čemu bude skleník určen?

Otázka „K čemu bude skleník určen?“ nás nasměruje k rozhodnutí, zda volit skleník pouze pro pěstování zeleniny a bylinek, tedy skleník bez vytápění, nebo bude využíván ke konci zimy k předpěstování sadby, či přes zimu pro pěstování petrželky či okrasných dřevin, pak bude zvolen skleník s vytápěním. Různé nároky na teplotu plynou z různých způsobů využívání skleníku.

Vytápěný skleník zajistí i přes zimu udržení přijatelných teplot, a to i bez plýtvání energií a finančními prostředky. Současný trend vlastního pěstování zeleniny v bio kvalitě je stále se rozšiřující a preferující činnost ať už starší či mladou generací. Skleník, bude využíván pro řízkování dřevin a pěstování bonsají po celý rok, výjimečně také k předpěstování salátu, okurek, paprik a melounů v jarních měsících.

## 1.2 Jaké množství vegetace (jak velký skleník)?

V souvislosti s velikostí skleníku je třeba si uvědomit, že pokud je skleník pevně spjat se zemí pevnými základy a měl by více než 40 m<sup>2</sup> a více než 5 m do výšky, pak by bylo nutné stavební povolení. Pokud nepřesáhneme tuto hranici, stavba skleníku nevyžaduje stavební povolení.

V praktické části se bude bakalářská práce věnovat menšímu skleníku, kde není nutné stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu. Na základě otázky a zmíněných podmínek pro různé velikosti skleníků bylo rozhodnuto navrhnout menší skleník, který nebude vyžadovat stavební povolení ani ohlášení. Rozměry skleníku budou 120 x 65 x 55 cm.

### 1.3 Jaké vhodné místo na zahradě vybrat?

Umístění skleníku je nutné předem promyslet, a to zejména po stránce praktické, ale i vizuální. Celkový pohled na zahradu se skleníkem by měl být harmonizující, nikoliv narušující koncepci celé zahrady.

Skleníky jsou využívány dlouhodobě, pokud jsou menších rozměrů lze je připojit i k domovní zdi. Pro umístění skleníku je nutné dbát na požadavky rostlin. Většina rostlin vyžaduje slunné místo, které nebude stíněno budovami či vzrostlými stromy, avšak některé rostliny mohou lépe prospívat i ve stinném prostředí.

Dle (Schumann, 2023) *“nemáte-li optimální světelné podmínky, musíte dělat kompromisy“*. Dle (Pinske, 2008) *„má-li být skleník vytápěný, je výběr místa, kde se bude nacházet, o to důležitější, protože každý sluneční paprsek dokáže ušetřit drahou elektrickou energii a teplo.“* Dle tohoto autora je světlo důležité i z hlediska zatížení dusičnany, neboť čím více světla, tím lépe dokáže rostlina obsažené dusičnany zpracovat. Čím vyšší je příděl světla, tím rychleji rostliny rostou a probíhá rychlejší ukládání produktů látkové výměny do listů. V létě vzhledem ke slunečnímu svitu je obsah dusičnanů v zelenině nižší než v období nedostatku světla, tedy v zimních měsících. Část světelné energie je ve skleníku přeměněna na teplo, které se zde následně kumuluje. Světlo je tak důležitým atributem pro úspěšné a nízkonákladové pěstování.

V případě menšího celoročního skleníku, který je tématem bakalářské práce, budou tyto světelné podmínky kompenzovány technikou, rovněž tak teplotní a vlhkostní podmínky.

### 1.4 Celoroční pěstování

Klasické skleníky jsou určeny pro pěstování rostlin ve vegetačním období (jaro-podzim). Samotnou výhodou této konstrukce je zadržování vyšší vlhkosti a teploty vzduchu, která je ideální pro tropické odrůdy zeleniny. Celoroční skleníky mají výhodu pěstování některých odrůd i v zimních měsících. Náklady na provoz skleníku jsou ovlivněny především kvalitou izolace a energetickou náročností zvoleného řešení. V průběhu roku jsou na skleník kladeny odlišné požadavky.

#### 1.4.1 Jaro

V jarních měsících jsou zahrady připravovány na novou sezónu, je prováděn výběr osiva a samotné setí. Pro zajištění ideálních podmínek ke klíčení je nezbytná stálá teplota. Z vlastní zkušenosti lze konstatovat, že extrémně pálivé papriky, jako je Trinidad Moruga Scorpion,

klíčí až při konstantní teplotě 27 °C. Udržení takových podmínek ve skleníku by však bylo energeticky i finančně náročné. Navržený skleník v tomto projektu bude primárně využíván pro klíčení semen dřevin. V brzkém jarním období bude kladen důraz na udržování stabilní teploty nad bodem mrazu, pro úspěšné zapěstování nových semenáčků. V pozdější fázi tohoto období bude skleník využíván pro předpěstování sazenic druhů náročných na teplo, při udržování minimální teploty 15 °C a zajištění dostatku světla v délce minimálně 13 hodin.

#### **1.4.2 Léto**

Na začátku léta jsou rostliny z jarního období přemísťovány ze skleníku na pěstební stanoviště. V letních měsících bude skleník využíván k zajištění ideálních podmínek pro řízkování. Klíčovým faktorem je zejména udržení vysoké vzdušné vlhkosti společně s udržením vysoké teploty substrátu, tyto dva faktory umožňují snížení odparu vody z listů a jehličí, přičemž zároveň podporují růst kořenového systému. Bez těchto podmínek je pravděpodobné, že řízků uschnou, jak potvrzují praktické zkušenosti.

#### **1.4.3 Podzim**

V podzimních měsících, kdy teploty často klesají pod bod mrazu, bude zařízení využíváno k dozrávání plodů rostlin pěstovaných v nádobách. Tímto způsobem je vegetační sezóna prodlužována a celkový výnos zvyšován. V tomto období je rovněž věnován čas zpracování sklizené úrody a přípravě na zimní měsíce, což zahrnuje například čištění a údržbu skleníku.

#### **1.4.4 Zima**

Zima je především obdobím dormance, což je klidový stav rostlin. V plánu využití skleníku v tomto období je zahrnuto zajištění ochrany jednoletých stromků, které by mohly být mrazem poškozeny. Je třeba si uvědomit, že teplota ve skleníku může klesnout pod bod mrazu, avšak obvykle ne výrazně. Listnaté dřeviny přirozeně rostoucí v našich podmínkách by měly místní zimní podmínky zvládnout, ale dodatečná ochrana je prospěšná. Jehličnaté dřeviny jsou obecně odolnější vůči nízkým teplotám.

V zimním období je však nutné zajistit dostatečné větrání skleníku. Při slunečném počasí může teplota uvnitř skleníku výrazně narůst, což by mohlo způsobit předčasné probuzení semenáčků ze zimní dormance. Z tohoto důvodu je zimní období považováno za nejrizikovější.

### **1.4.5 Shrnutí požadavků**

V každém ročním období jsou ve skleníku vyžadovány specifické podmínky, které budou zajišťovány akčními členy. Na jaře je zajišťováno udržení teploty nad bodem mrazu a dostatečné osvětlení pro předpěstování sazenic. V létě je zabezpečována vysoká vzdušná vlhkost a teplota substrátu pro řízkování, přičemž je přehřívání eliminováno ventilací. Na podzim jsou rostliny chráněny před mrazem a je podporováno dozrávání plodů. V zimním období je poskytována ochrana stromků před mrazem a regulováno větrání, aby se zabránilo přehřátí. Optimální podmínky budou udržovány kombinací topení, ventilace, osvětlení, zavlažování a příslušných senzorů.

## **2 Konstrukce skleníku**

(Pinske, 2008) charakterizuje materiál na konstrukci skleníku, splňující vysoké nároky, jako pevný s dlouhou životností, s mohutnou kostrou, ovšem nebránící pronikání světla. Rychlost postupu tepla, nebo-li tepelná vodivost materiálu, by měla být co nejmenší. Izolační materiály by měly mít nízkou tepelnou vodivost a rozvody tepla naopak při vytápění vodivost vysokou.

Na trhu je několik materiálů, ze kterých je možné vyrobit či zakoupit konstrukci skleníku, například hliník, ocel, dřevo či umělá hmota. Nejpoužívanějším materiálem je dnes hliník, mezi jehož přednosti, jako lehkého kovu, patří nízká hmotnost, malé nároky na údržbu, stabilita, je tvárný, nevýhodou je nedostatečný izolační účinek, příliš vysoká tepelná vodivost. Vzhledem k finančním nákladům bude základem skleníku železná konstrukce, bude proveden nátěr.

### **2.1 Zaplášťení skleníku**

K zaplášťení skleníku lze rovněž použít několik materiálů, například různé druhy skel či plastů – polykarbonát, akryl (plexisklo).

Každý materiál má své výhody a nevýhody. Použitý materiál dle (Pinske, 2008) rozhoduje o využití světla a o izolaci ve skleníku. Od dříve používaného skla se v současné době odkláníme z důvodu jeho lámavosti a náchylnosti na základě mechanického působení, kdy extrémní počasí směřují zákazníkům spíše k různým druhům plastů. Pro model skleníku bude zvoleno plexisklo, síly 3 cm, čiré barvy, které má velmi dobrou propustnost světla, snadnou opracovatelnost, dobré tepelně izolační vlastnosti a vysokou odolnost vůči nepříznivým povětrnostním vlivům, dle [1]. Rovněž vzhledem k nižší nákladovosti bylo zvoleno plexisklo. Parametry plexiskla, které lze na konstrukci využít, jsou popsány na obrázku 1.

Barva / světelná prostupnost (ASTM D1003) pro sílu 3mm	Čirá / 92%
Síla desky	2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 mm
výrobní tolerance	± 5 %
Šířka desek	1250 nebo 2050 mm -5 mm / +5 mm
Délka desek	3050 mm -5 mm / +10 mm
Měrná hmotnost desek	1,19 kg/m <sup>2</sup> x 1mm
Hmotnost desky 3 mm	3,57 kg/m <sup>2</sup>
Hustota	1.19 g/cm <sup>3</sup>
Tepelná roztažnost	7,0 x 10 <sup>-5</sup> m/m°C
Koeficient prostupu tepla	5.6 W/m <sup>2</sup> K (pro 3mm)
Tepelná vodivost	0.19 W/m.K
Hodnota teplotní deformace	+91°C
Max. trvalá teplota použití	-40°C až +80°C
Nasákavost DIN53495:A	30 mg
Modul pružnosti v tahu (ASTM D638)	3200 MPa
Pevnost v ohybu (ASTM D790)	790 MPa

Obrázek 1: Parametry plexiskla, dostupné z: <sup>1</sup>

## 2.2 Izolace skleníku

Dle [1] je zateplení nezbytnou součástí zahradních domků a skleníku. Zateplení je využíváno především pro prodloužení vegetační sezony rostlin. Existuje několik možných řešení, použití závisí na finančních možnostech a konstrukčních faktorech daného skleníku. U izolačních materiálů je přírodní světlo propouštěno pouze omezeně, tato nevýhoda může být anulována umělým osvětlením, které nemají tak velkou energetickou spotřebu jako topná tělesa. V případě náročnějších rostlin je používána kombinace kvalitní izolace, topení a vhodného osvětlení.

### 2.2.1 Bublínková folie

Bublínková polyetylenová folie patří mezi nejoblíbenější řešení, jak je popsáno v [2]. Pro zateplení je vhodnější použití silnější folie s většími bublinkami, tento druh dokonale izoluje teplotu uvnitř skleníků. Jsou vyráběny ve vícevrstvých variantách.

### 2.2.2 Termoreflexní folie

Princip fólie je podobný principu termosky na čaj, podle [2]. Po celém obvodu je realizována dvojité stěna, přičemž vnitřní stěna je na rozdíl od termosky vyplněna bublínkovou fólií,

<sup>1</sup> [https://www.lanitplast.cz/data/soubory/technicke\\_listy/plexisklo/technicky\\_list\\_palglas.pdf](https://www.lanitplast.cz/data/soubory/technicke_listy/plexisklo/technicky_list_palglas.pdf)

kteřá slouží jako vynikající vzduchová izolace. Toto řešení poskytuje velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti.

### **2.2.3 Izolační dvojsklo**

Nejnákladnější variantou zateplení skleníku je izolační dvojsklo, které se používá především pro pěstování exotických plodin.

### **2.2.4 Výběr izolace**

Pro skleník bude použita bublinková folie vzhledem k cenové dostupnosti, snadné montáži a výborným izolačním vlastnostem. Tato fólie je často vybírána pro zateplení menších konstrukcí, protože poskytuje dodatečnou ochranu proti úniku tepla a montáž je usnadňována pružností, díky které se snadno přizpůsobí různým typům konstrukce.

## **2.3 Vlhkost vzduchu ve skleníku**

Jak je popsáno v [3], vlhkost a voda v jakékoliv podobě je pro rostliny životně důležitá. Správný vývoj rostlin je zajišťován právě závlhkou, ale také optimální vlhkostí v klimatu. Ve skleníku je tedy třeba zajistit vhodnou regulaci vlhkosti.

### **2.3.1 Optimální vlhkost vzduchu**

Většina rostlin prospívá při teplotě 18–26 °C, popsáno v [3], přičemž optimální vlhkost vzduchu se pohybuje v rozmezí 60–70 %. Nízká vlhkost ve skleníku způsobuje zasychání rostlin, což může vést až k jejich úhynu. Naopak vysoká vlhkost zvyšuje vnitřní tlak v rostlinách, což má za následek vytlačování vody listy. Takto přemokřené rostliny jsou náchylné k plísním a dalším chorobám. Vzdušná vlhkost navíc ovlivňuje spotřebu CO<sub>2</sub> – při vyšší vlhkosti rostliny spotřebovávají více tohoto plynu. Platí pravidlo, že mladé rostliny preferují vyšší vzdušnou vlhkost. Zatímco stárnoucí vyšší vzdušnou vlhkost nepotřebují. Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, skleník bude využíván zejména pro mladé rostliny. Vzdušná vlhkost bude zajišťována kombinací zavlažování a odvětrávání. Požadovaná hodnota vzdušné vlhkosti je ovlivněna daným druhem rostlin.

## **2.4 Stupeň krytí IP**

Jak je popsáno v [4], IP (Ingress Protection) je Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) definovaný standard, konkrétně IEC 60529 který charakterizuje úroveň ochrany přístrojů a zařízení před pronikáním nežádoucích látek, jako jsou prach, voda nebo cizí tělesa. Tato ochrana musí být zajištěna u řídicí jednotky skleníku pro bezpečný provoz. Tyto kódy

usnadňují výběr produktů pro dané podmínky a zohledňují požadované nároky na kvalitu a spolehlivost.

Stupeň krytí v tomto standardu je značen IP kódem, tento se skládá ze dvou číslic, symbolizující ochranu zařízení před prachem a vodou. Číslice mohou být doplněny i písmenem, které dále specifikuje ochranné vlastnosti produktu.

- První číslice v rozmezí 0-6 charakterizuje míru ochrany proti pronikání pevných částic. Vyšší číslo udává lepší ochranu zařízení.
- Druhá číslice v rozmezí 0-9 dává charakteristiku úrovně ochrany před vlhkostí a vodou. I zde vyšší číslo znamená lepší ochranu.
- Doplnující písmeno je volitelné a toto specifikuje odolné vlastnosti produktu proti různým kapalinám, teplotě nebo větru.

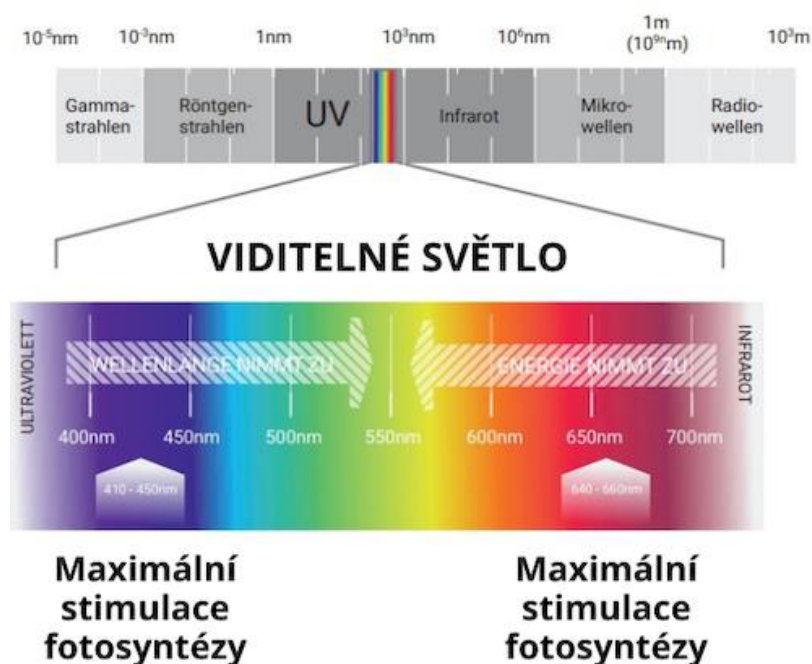
Pokud v IP kódu je písmeno X namísto jednoho z čísel, pak výrobce neoznačuje stupeň ochrany pro daný aspekt. Například IPX4 znamená, že zařízení má specifikovanou ochranu proti vodě na úrovni 4, ale stupeň ochrany proti prachu není určen a je nahrazen písmenem X. V tomto případě výrobce zařízení netestoval a není jeho záměrem specifikovat, jak zařízení odolává elementu. Písmeno X neznamena, že zařízení nemá žádnou ochranu proti prachu či vodě, ale výrobce nspecifikoval tuto hodnotu, například kvůli jinému zaměření výrobku nebo nerelevanci tohoto údaje. V případě elektroniky se řeší především voděodolnost, a ne propustnost pevných částic.

## 2.5 Světelné podmínky

Mezi základní faktor pro zdraví život rostlin je světlo. Ne vždy se však podaří zajistit ideální světelné podmínky pro růst. Tento problém přetrvává povětšinou brzy z jara, kdy doba slunečního svitu přes den nepřesáhne 9 hodin. Tímto problémem se zabývá [4].

### 2.5.1 Elektromagnetické spektrum

Světlo je elektromagnetické záření, které je znázorňováno jako forma rovinných křivek a sinusoid, které putují prostorem. „Vzdálenosti mezi hřebeny vln se nazývají vlnové délky. Čím kratší je vzdálenost, tím jsou vlnové délky energetičtější.“ dle [4]. Rostliny jsou nejcitlivější na modrou a červenou část spektra. Červená část spektra podporuje fotosyntézu a stimuluje růst rostliny. Modré spektrum ovlivňuje kvalitu růstu rostliny. Při použití takového světla, se rostliny tolik nevytahují do výšky a mají více zelené masy. Vlnové délky ideální pro pěstování rostlin, jsou popsány na obrázku 2.



Obrázek 2: Světlo a fotosyntéza, dostupné z: <sup>2</sup>

### 2.5.2 Požadavky rostlin

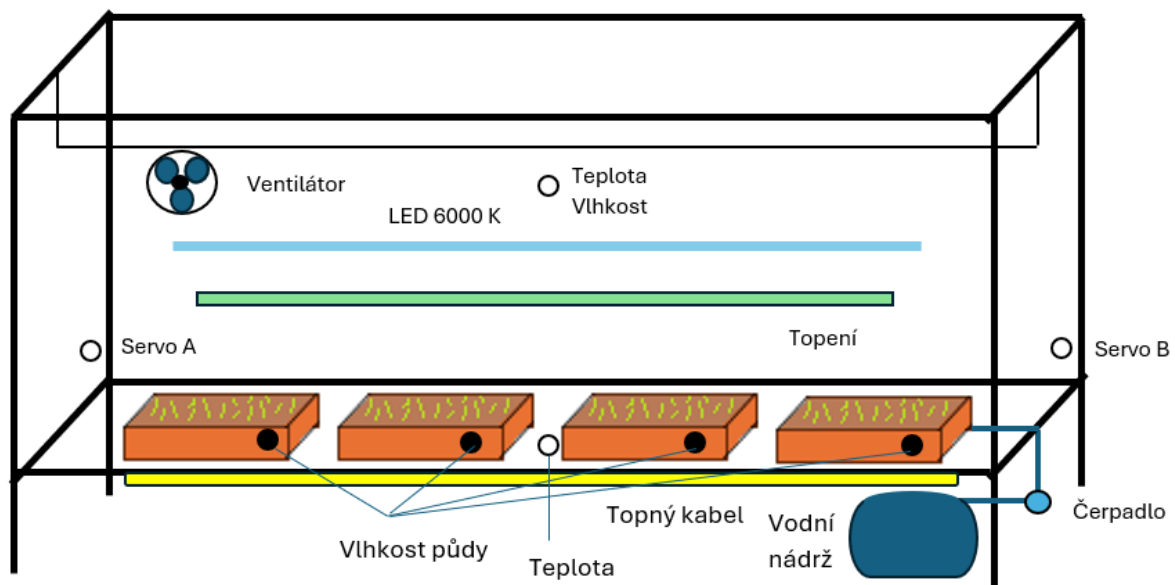
Každá rostlina má pro dobu přisvitu jiné nároky. Je rozdíl, zda jsou rostliny umístěny na tmavém či světlém místě. Při dodržování správného cyklu přisvitu dle požadavků rostlin, lze vypěstovat velmi silné a kvalitní sazenice. Dle [4] se umělým osvětlením doporučuje svítit 8-

<sup>2</sup> <https://www.holas-lighting.cz/blog/pruvodce-osvetlenim-pro-rostliny-jake-svetlo-potrebuji-rostliny/?srsltid=AfmBOooGJXyWmxBmrCzoeR8EwSJjQReJ5vCx4I9j1FfRnDCZhJgszoYy>

14 hodin denně. Pro celoroční pěstování plodících rostlin využívají světla kombinující modré, červené a bílé vlnové spektrum. Vhodné pro růst, květenství a zvýšení úrody. V systému bude přisvit řešen studeným bílým vlnovým spektrem, které je považováno za ideální pro růstovou fázi.

## 2.6 Vybrané řešení

Následující řešení bylo vybráno na základě rozboru, který byl proveden výše v této kapitole. Pro základní konstrukci skleníku je v nákresu koncipován upravený železný rám ze starého stolu o rozměrech 120 x 65 x 55. Skleník bude používán celý rok, proto je nejdůležitějším aspektem regulace teploty a izolace. V zimních měsících při uchovávání jednoletých stromků, by se teplota neměla dostat pod  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , většina cizokrajných listnatých stromků má mrazuvzdornost do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při výsevních činnostech zejména pro mladé stromky, by teplota neměla klesnout pod  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Topná soustava bude tvořena podlahovým topením a tělesem pro ohřev vzduchu. Měření teploty bude probíhat na podlaze a v prostoru skleníku. Přisvit rostlin bude proveden LED panely. Snímání vlhkosti a teploty půdy bude zajištěno několika senzory v různých květináčích. Zavlažování bude řešeno pomocí kapilárního systému, to znamená zalévání do podmisek, které budou spojeny hadičkou a přebytečná voda odteče ze systému ven, systém zalévání bude využíván pouze v nepřítomnosti uživatele. Pro případ vysoké vzdušné vlhkosti nebo vysoké teploty, zde bude zaveden mechanismus ventilace. Tento mechanismus bude pomocí servomotorů otevírat boční strany skleníku, systém odvětrávání bude využíván zejména v letních měsících. Rychlejší proudění vzduchu bude zajištěno aktivní ventilací, která bude umístěna uvnitř systému. V kapitole č. 6 bude popsán kompletní hardware. Prvotní nákres skleníku je zobrazen na obrázku 3.



Obrázek 3: Návrh senzorů a akčních členů systému

### 3 Požadavky na teplo a vytápění skleníku

Jak již bylo uvedeno v úvodních kapitolách, skleník bude určen pro řízkování dřevin a pěstování bonsají ze semen. Nutností tak bude udržování teploty ve skleníku nad bodem mrazu. Rostliny budou v květináčích či jiných plastových nádobách a jejich přezimování bez vytápění ve skleníku by v případě extrémních mrazů nebylo možné. Je nutné vypočítat potřebu tepla, vzhledem ke zvolení vhodného energetického zdroje, způsobu vytápění a izolační vrstvy.

(Pinske, 2008) uvádí vzorec pro výpočet potřeby tepla, kterým bude zjištěna potřeba kilokalorií na jednu hodinu:

**Plocha skla (plexiskla) x rozdíl teplot x K (číslo tepelného prostupu)**

Výkon vytápěcího zařízení je udávám ve wattech nebo kilowattech a výsledek je nutno dopočítat ( $1 \text{ W} = 0,86 \text{ kcal/h}$ ).

#### 3.1 Tepelná ztráta a koeficient prostupu tepla

V souvislosti s konstrukcí skleníku a zejména s únikem tepla je zde základní veličina, a to tepelná ztráta, značeno  $Q$ . Dle (Murtinger, 2013) je vzorec pro výpočet tepelné ztráty popsán rovnicí:

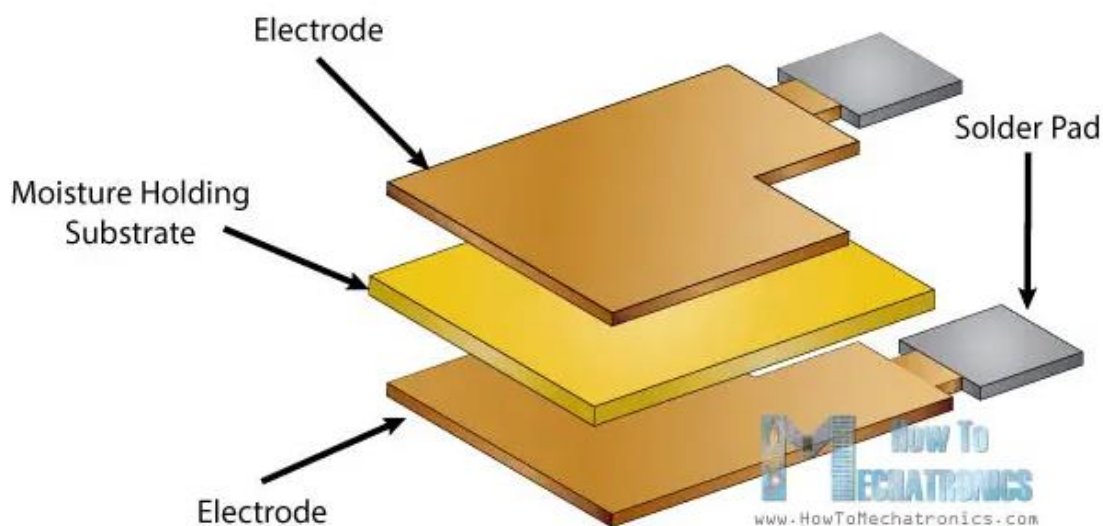
$$Q = U * S * \Delta t \quad [ \text{W} ] \quad (3.1.1)$$

$U$  je součinitel prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ],  $S$  je plocha konstrukce, kterou teplo prochází  $\text{m}^2$ ,  $\Delta t$  rozdíl teplot vzduchu uvnitř a venku  $\text{K}$

Hodnota součinitele (koeficientu) prostupu tepla [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] udává sílu tepelné izolace, v kvantitativním vyčíslení, čím menší koeficient je, tím je izolace lepší a méně nákladné vyhřívání. To je popsáno v [6].

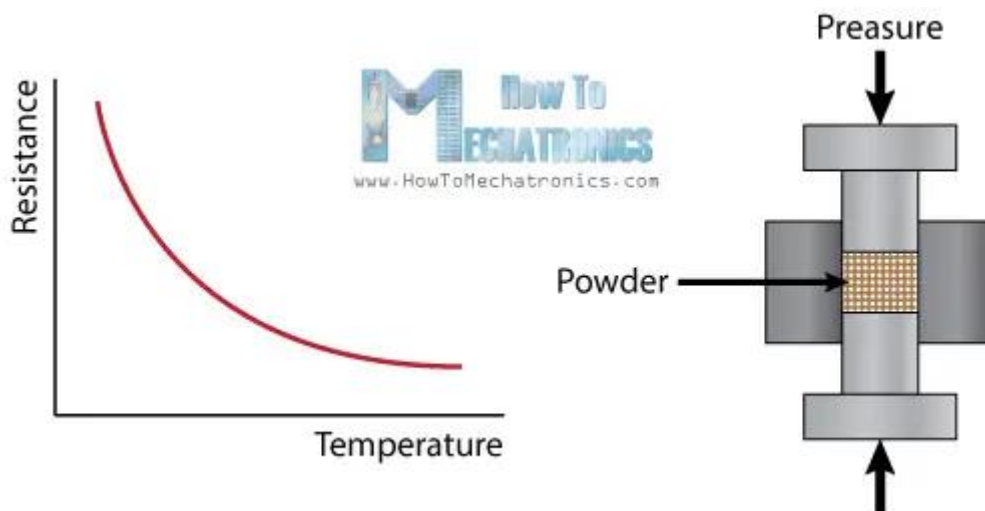
### 3.2 Měření teploty a vlhkosti

Dle [7] se senzor pro měření teploty a vlhkosti vzduchu skládá ze dvou částí, pro měření teploty a pro měření vlhkosti. Pro měření vlhkosti se používá komponenta obsahující dvě elektrody, mezi těmito elektrodami se nachází substrát, který drží vlhkost mezi nimi. Změnou okolní vlhkosti se mění vodivost v substrátu, to má za následek změnu odporu mezi elektrodami. Pro měření teploty se nejčastěji využívají termistory typu NTC (negativní teplotní koeficient), kdy při vzrůstajícím odporu klesá teplota a PTC (pozitivní teplotní koeficient) kdy teplota roste společně s odporem. Termistor je proměnný rezistor. Odpor termistoru závisí na okolní teplotě. Jsou vyráběny pomocí sintrování, to znamená, že jsou polovodiče nadrceny na prášek a pomocí vysoké teploty spojeny do jednoho celku. Tím se zajistí výrazná změna odporu při nízké změně okolní teploty. Princip senzoru pro měření vlhkosti a teploty je vyobrazen na obrázku číslo 4 a 5.



Obrázek 4: Princip měření vlhkosti senzoru DHT22, dostupné z: <sup>3</sup>

<sup>3</sup> <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/>



Obrázek 5: Princip měření NTC termistoru senzoru DHT22, dostupné z: <sup>4</sup>

### 3.3 Trh s teploměry a vlhkoměry

Vzhledem k celoročnímu používání skleníku bude zcela nezbytným příslušenstvím teploměr, který lze v současné době zakoupit i s vlhkoměrem. Následující čtyři kapitoly popisují čtyři senzory teploty, včetně jejich specifikací a popisů kompatibilit. V poslední části této kapitoly bude proveden výběr produktu a zhodnocen provedený průzkum trhu.

#### 3.3.1 DHT22 digitální teploměr a vlhkoměr

Digitální senzor teploty a vlhkosti osazený čipem AM2302 nebo stejně populárním DHT22. Senzor je připojován třemi vodiči a umožňuje měření vlhkosti v rozsahu 0–100 % s přesností  $\pm 2$  % RH a teploty od  $-40$  °C do  $+80$  °C s přesností  $\pm 0,5$  °C. Je kompatibilní s Arduino a Raspberry Pi, napájí se napětím 3,3–6 VDC. Rozměry senzoru jsou 2,5 x 1,5 x 0,8 cm a cena činí 167 Kč. Senzor je zobrazen na obrázku 6 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 1.

<sup>4</sup> <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/>



Obrázek 6: AM2302 digitální teploměr a vlhkoměr, dostupné z: <sup>5</sup>

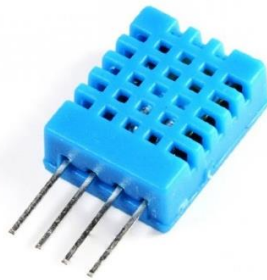
Tabulka 1: Parametry senzoru DHT22, dostupné z: <sup>5</sup>

Připojení	3 vodiče
Rozlišení	0,1
Rozsah měření vlhkosti	0 % - 100 %
Rozsah měření teploty	-40 až +80°C
Přesnost měření vlhkosti	± 2,0 % RH
Přesnost měření teploty	± 0.5 °C
Kompatibilita	Arduino, Raspberry Pi
Napájení	3,3 - 6 VDC
Rozměry	2,5 x 1,5 x 0,8 cm
<b>Cena</b>	<b>167,- Kč</b>

### 3.3.2 DHT11 Digitální teploměr a vlhkoměr

Univerzální digitální senzor teploty a vlhkosti. Senzor je připojován třemi vodiči a měří vlhkost v rozsahu 20–90 % s přesností ±5 % RH a teplotu od 0 °C do +50 °C s přesností ±2 °C. Odezva senzoru je kratší než 5 sekund. Je kompatibilní s Arduino a Raspberry Pi, napájí se napětím 3–5,5 VDC. Rozměry senzoru jsou 2,3 x 1,2 x 0,5 cm a cena činí 84 Kč. Senzor je vyobrazen na obrázku 7 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 2.

<sup>5</sup> <https://dtratek.cz/arduino/1188-dht22-teplomer-a-vlhkomer-digitalni.html>



Obrázek 7: DHT11 Digitální teploměr a vlhkoměr, dostupné z: <sup>6</sup>

Tabulka 2: Parametry senzoru DHT11, dostupné z: <sup>6</sup>

Připojení	3 vodiče
Rozlišení	1
Rozsah měření vlhkosti	20 % - 90 %
Rozsah měření teploty	0 až +50 °C
Přesnost měření vlhkosti	± 5.0 % RH
Přesnost měření teploty	± 2.0 °C
Odezva senzoru	<5 s
Kompatibilita	Arduino, Raspberry Pi
Napájení	3 - 5,5 VDC
Rozměry	2,3 x 1,2 x 0,5 cm
<b>Cena</b>	<b>84,--Kč</b>

### 3.3.3 Modul pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku - BME280

Senzor je připojován čtyřmi vodiči a měří vlhkost v rozsahu 0–100 % s přesností  $\pm 3$  %, teplotu od  $-40$  °C do  $+80$  °C s přesností  $\pm 1$  °C a tlak v rozmezí 30–110 kPa. Rozlišení měření činí 0,01 °C pro teplotu, 0,008 % pro vlhkost a 0,18 Pa pro tlak. Komunikace je zajištěna prostřednictvím rozhraní I2C (až 3,4 MHz) s adresami 0x76 (SDO LOW) nebo 0x77 (SDO HIGH). Napájení senzoru je 1,8–5 VDC a cena činí 199 Kč. Modul je vyobrazen na obrázku 8 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 3.

<sup>6</sup> [https://dratek.cz/arduino/829-dht11-teploměr-a-vlhkoměr-digitalni.html?utm\\_source=ehub&utm\\_medium=affiliate&ehub=a1a3301bdac744889c6f099e5b28ba76](https://dratek.cz/arduino/829-dht11-teploměr-a-vlhkoměr-digitalni.html?utm_source=ehub&utm_medium=affiliate&ehub=a1a3301bdac744889c6f099e5b28ba76)



Obrázek 8: Modul pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku – BME280, dostupné z: <sup>7</sup>

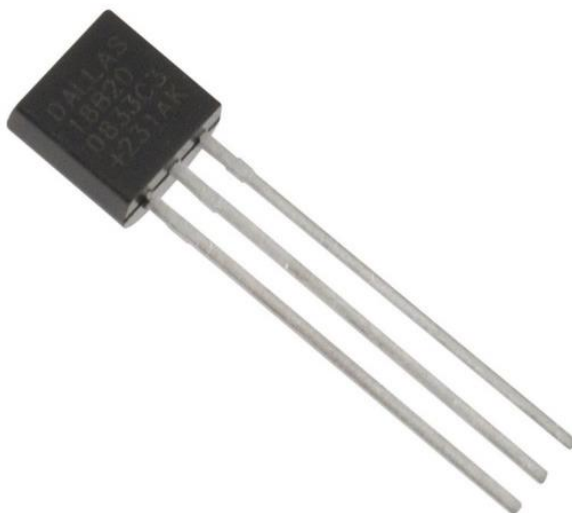
Tabulka 3: Parametry modulu pro měření teploty, vlhkosti a barometrického tlaku – BME280, dostupné z: <sup>7</sup>

Připojení	4 vodiče
Rozsah měření vlhkosti	0 % - 100 %
Rozsah měření teploty	-40 až +80°C
Rozsah měření tlaku	30–110 kPa
Rozlišení teploty	0,01 °C
Rozlišení vlhkosti	0,008%
Rozlišení tlaku	0,18Pa
Přesnost měření teploty	1 °C
Přesnost měření vlhkost	3 %
Rozhraní	I2C (až 3,4MHz)
I2C adresa	SDO LOW: 0x76
	SDO HIGH: 0x77
Napájení	1,8 - 5 VDC
<b>Cena</b>	<b>199,-- Kč</b>

<sup>7</sup> [https://dratek.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAlrRFGCDJyS2yvHdf7Dv3LRWjdD2zb](https://dratek.cz/arduino/1361-bme280-modul-mereni-teploty-vlhkosti-a-barometrickeho-tlaku-precizni.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAlrRFGCDJyS2yvHdf7Dv3LRWjdD2zb)

### 3.3.4 Digitální teplotní senzor DALLAS – DS18B20

Unikátní 1 – Wire teploměr potřebuje pouze jeden pin pro komunikaci, každý senzor má unikátní 64-Bit sériový kód, který je uložen v ROM paměti teploměru. Senzor je připojován třemi vodiči a měří teplotu v rozsahu -55 °C až +125 °C s přesností  $\pm 0,5$  °C. Rozlišení měření je nastavitelné od 9 do 12 bitů. Senzor je zabudován ve vodotěsném pouzdře a je napájen napětím 3–5,5 VDC. Cena senzoru činí 89 Kč. Senzor je zobrazen na obrázku 9 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 4.



Obrázek 9: Digitální teplotní senzor DALLAS – DS18B20, dostupné z: <sup>8</sup>

Tabulka 4: Parametry modulu DALLAS – DS18B20, dostupné z: <sup>8</sup>

Připojení	3 vodiče
Rozsah měření teploty	-55 až + 125 °C
Rozlišení teploty	9 - 12 bitů
Přesnost měření teploty	$\pm 0,5$ °C
Pouzdro	Vodotěsné
Napájení	3 - 5,5 VDC
<b>Cena</b>	<b>89,-Kč</b>

### 3.3.5 Zhodnocení výběru teploměru

Jako příslušenství mého skleníku byly pro měření teploty a vlhkosti vzduchu vybrány senzory DHT22, vzhledem k možnosti měření obou potřebných veličin. Pro měření separátních teplot

<sup>8</sup> [https://dratek.cz/arduino/1187-teplotni-senzor-digitalni-dallas-ds18b20.html?mena=2&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAltRFGMaCMOUqxQmmP0XxEJXDLI-gBAbRJI8O4jIkRMfcRFdYDH9ozoeXIxoCIWwQAvD\\_BwE](https://dratek.cz/arduino/1187-teplotni-senzor-digitalni-dallas-ds18b20.html?mena=2&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAltRFGMaCMOUqxQmmP0XxEJXDLI-gBAbRJI8O4jIkRMfcRFdYDH9ozoeXIxoCIWwQAvD_BwE)

v systému budou použity teplotní senzory DALLAS-DS18B20 z důvodu vodotěsné konstrukce a flexibility, která umožňuje teploměr přesunout na jiné místo bez nutnosti větších zásahů do hardwaru.

### 3.4 Druhy topení

Vzhledem k účelu skleníku, tedy přezimování řízkovaných dřevin a bonsají, je nutné celoroční vytápění.

Dle (Pinskeho, 2008) může být topení ve skleníku různého druhu:

1. klasické ústřední topení s radiátory,
2. podlahové topení,
3. podstolové topení,
4. konvektorové topení.

Pro skleník byla zvolena kombinace podlahového a vzdušného vytápění. Důvodem výběru podlahového topení je dodání potřebné teploty pro růst kořenového systému, např. pro stromy z volné přírody (yamadori), případně podpora pro zakořenění řízkovaných dřevin s malou procentní úspěšností při množení (např. jalovec čínský). Výchřevný kabel bude ve skleníku umístěn tak, že zabere zanedbatelné místo. Mezi konstrukční výhody patří snadná instalace na podlahu skleníku, topný kabel je konstruován z dvou žil, proto se pokládá bez ohledu na jeho konec. Horkovzdušný ventilátor se použije především v zimním období, kdy je potřeba zajistit teplotu vzduchu nad bodem mrazu.

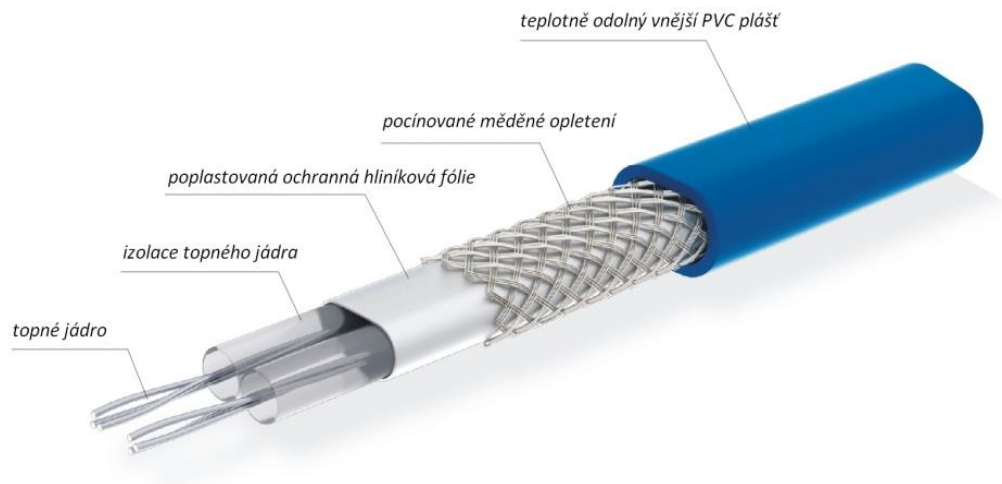
#### 3.4.1 Topná tělesa

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, pro skleník bude vhodná kombinace podlahového a horkovzdušného topení. Topné kabely se rozdělují na jednojádrové a dvoujádrové, popsáno v [8]. Dvoujádrové kabely jsou zakončeny koncovkou, nemusejí být tedy druhým koncem zapojeny do obvodu. Pro výpočet teploty topného kabelu se využívá Joule-Lenzův zákon, ten vyjadřuje množství tepla  $Q$  vyprodukované elektrickým proudem. Vztah je popsán v rovnici (3.4.1.1).

$$Q = I^2 * R * t \quad [J] \quad (3.4.1.1)$$

Kde:  $Q$  je uvolněné teplo [J],  $I$  je elektrický proud [A],  $R$  je odpor vodiče [ $\Omega$ ],  $t$  je čas [s]

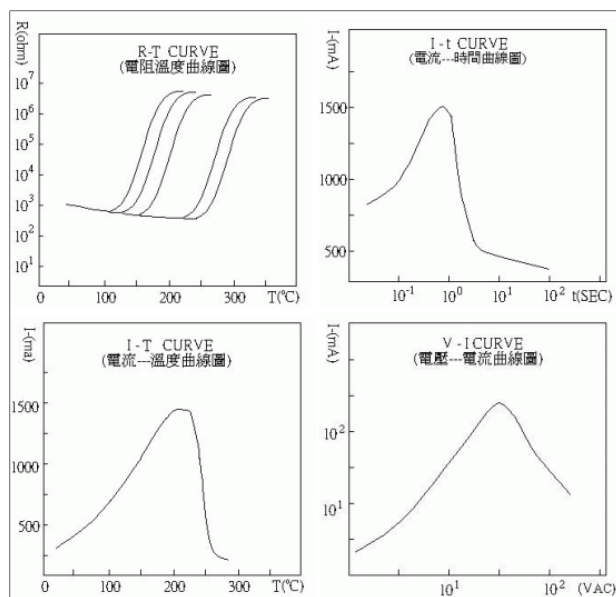
Dle Joule-Lenzova zákona platí následující: „S rovnoměrným elektrickým proudem po celé délce obvodu bude generováno teplo v jakékoli oblasti. Čím vyšší je odpor v této oblasti, tím silnější je teplo.“ dle [7]. Každý odporový topný kabel má tedy konstantní odpor a po celé délce se zahřívá stejným způsobem. Konstrukce topného kabelu je zobrazena na obrázku 10.



Obrázek 10: Konstrukce topného dvoujádrového topného kabelu, dostupné z: <sup>9</sup>

Horkovzdušné ventilátory neboli přímotopy, se používají k rychlému a efektivnímu ohřevu vzduchu v místnostech. Jsou ale také používány pro vyhřívání skleníků. Horkovzdušné ventilátory obsahují topná tělesa, nejběžnějším řešením jsou PTC ohříváče (Positive Temperature Coefficient). Princip těchto ohříváčů je popsán v [9]. Ohříváč je zkonstruován keramickými články, které přeměňují elektrickou energii na teplo. Odpor keramického tělesa se zvyšuje s rostoucí teplotou, zařízení tedy může samo regulovat tepelný výkon. To má také za následek ochranu proti přehřátí a udržení stálé teploty. Na obrázku 11 jsou vyobrazeny křivky při používání topného PTC tělesa.

<sup>9</sup> <https://www.dasix.cz/novinky-akce/co-jsou-odporove-topne-kabely/>



Obrázek 11: Charakteristika PTC tělesa, dostupné z: <sup>10</sup>

### 3.4.2 Aironetek Heating Cable – výhřevný kabel

Praktický výhřevný kabel, popsán v [10], lze využít hlavně v chladnějších dnech při pěstování např. zeleniny a bylinek doma i venku.

Kabel funguje jako topná podložka, kterou lze zahrabat do substrátu. Nelze jej ponořit do vody ani zkrátit a upravit nářadím. Při instalaci je nutno dbát na správné rozvinutí tak, aby se topný kabel nikde nekřížil. Topný kabel lze připojit například na zásuvkový termostat s časovým spínačem a externím čidlem KT3100. Ohřevný kabel je nabízen ve dvou variantách výkonu: 30 W při délce 6 m a 60 W při délce 12 m. Teplota kabelu se pohybuje v rozmezí 30–50 °C, přičemž napájení je zajištěno z elektrické sítě o napětí 220–240 VAC. Cena produktu činí 499 Kč. Topný kabel je vyobrazen na obrázku 12 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 5.

<sup>10</sup> <https://www.ptc-heater.com.tw/cs/produkt/predstaveni-termistoru-ptc/>



Obrázek 12: Airontek Heating Cable – výhřevný kabel, dostupné z: <sup>11</sup>

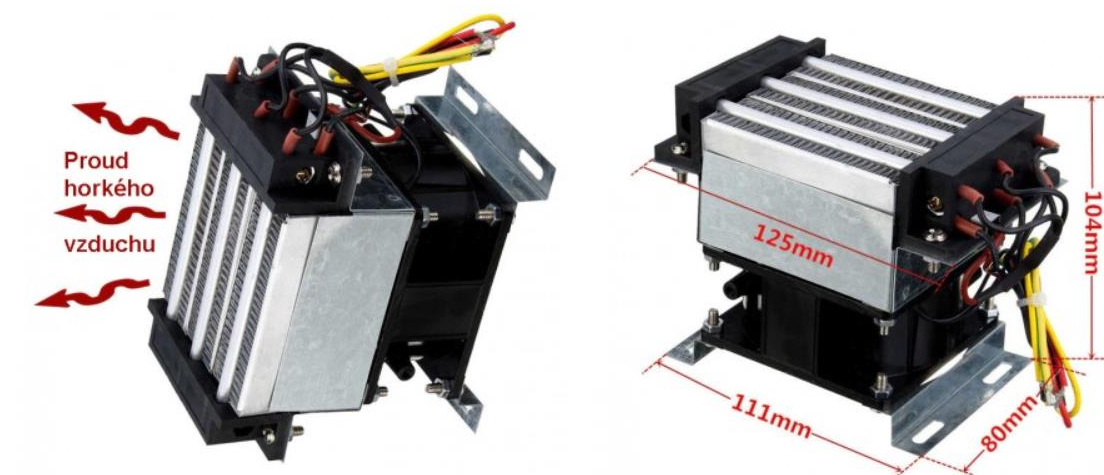
Tabulka 5: Parametry topného kabelu, dostupné z: <sup>11</sup>

Příkon / délka	<b>30 W / 6 m</b>
-	60 W / 12m
Teplota	30 - 50 °C
Napájení	220 - 240 VAC
<b>Cena</b>	<b>499,-- Kč</b>

### 3.4.3 PTC ohříváč vzduchu, 300W ~ 500W

PTC ohříváč vzduchu s ventilátorem, popsán v [11], je možné použít jako zdroj tepla při ohřívání vzduchu např. v jednotkách: sušících, klimatizačních, sušičkách prádla, ohříváče inkubátoru, a také skleníku. Tyto ohříváče by měly u skleníků splňovat IPX4 stupeň ochrany proti stříkající vodě. Ventilátorové topení lze přes léto použít k větracímu režimu bez ohřevu vzduchu. Intenzita větrání by tak byla výrazně podpořena především u skleníků s malými větracími prostory. PTC topné těleso je napájeno střídavým napětím 230 VAC a je vyrobeno z materiálu PTC termistor. Díky samoregulační schopnosti je chráněno proti přehřátí a zajišťuje bezpečný provoz. Výkon tělesa se pohybuje v rozmezí 300–500 W. Montáž je umožněna pomocí čtyř otvorů pro šrouby M4. Těleso splňuje krytí IP32 a jeho cena je 1226,67 Kč. PTC ohříváč je vyobrazen na obrázku 13 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 6.

<sup>11</sup> [https://www.higarden.cz/vyhrivani/airontek-heating-cable-vyhrevny-kabel/?variantId=59075&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=CZ%20%7C%20MAX%20%7C%20Others&utm\\_id=17602373881&gad\\_source=1&gclid=C](https://www.higarden.cz/vyhrivani/airontek-heating-cable-vyhrevny-kabel/?variantId=59075&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=CZ%20%7C%20MAX%20%7C%20Others&utm_id=17602373881&gad_source=1&gclid=C)



Obrázek 13: PTC00 ohřivač vzduchu, 300W ~ 500W, dostupné z: <sup>12</sup>

Tabulka 6: parametry PTC ohřivače, dostupné z: <sup>12</sup>

Napájení	230 VAC
Materiál	PTC termistor
Montáž	4x M4 pro uchycení
Ochrana	Bez rizika přehřátí
Samoregulace	ANO
Výkon tělesa	300W – 500W
IP krytí	IP32
<b>Cena</b>	<b>1226,67 Kč</b>

<sup>12</sup> <https://l-i.cz/pr96951611>

### 3.4.4 LightHouse Ecoheat topení do skleníku

Topné těleso přímo určené do skleníku udržuje stabilní tepelné prostředí, funguje také jako ochrana před teplotními poklesy nebo nízkými teplotami v noci. Ohřívání tělesa probíhá postupně, takže rostliny nejsou vystaveny velkému teplotnímu šoku. Topné těleso je navrženo pro udržování stálé teploty přibližně 50 °C. Nabízí několik variant příkonu v závislosti na délce: 45 W (305 mm), 80 W (608 mm), 135 W (915 mm) a 240 W (1220 mm). Krytí IP55 zajišťuje ochranu proti prachu a vodě, což jej činí vhodným pro použití ve skleníku. Napájení je zajištěno na 220–240 VAC. Cena topného tělesa je 899 Kč. Topení je zobrazeno na obrázku 14 a jeho parametry jsou v tabulce 7.



Obrázek 14: Topení LightHouse Ecoheat, dostupné z: <sup>13</sup>

Tabulka 7: Parametry LightHouse Ecoheat, dostupné z: <sup>13</sup>

Příkon / délka	45 W / 305 mm
-	80 W / 608 mm
-	<b>135 W / 915 mm</b>
-	240 W / 1220 mm
Teplota	cca 50 °C
Krytí	IP55
Napájení	220 - 240 VAC
<b>Cena</b>	<b>899,-- Kč</b>

<sup>13</sup> [https://www.specialnizahradnictvi.cz/topeni/lighthouse-ecoheat-topeni-do-skleniku/?variantId=6093&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=20843840380&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiAw5W-BhAhEiwApv4goFyBA-rezTClvd9gR-fDay1J\\_DGPRMh6ruAantAQk-5h2CriRXHUyRoCfKUQAvD\\_BwE](https://www.specialnizahradnictvi.cz/topeni/lighthouse-ecoheat-topeni-do-skleniku/?variantId=6093&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20843840380&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAw5W-BhAhEiwApv4goFyBA-rezTClvd9gR-fDay1J_DGPRMh6ruAantAQk-5h2CriRXHUyRoCfKUQAvD_BwE)

### **3.4.5 Zhodnocení výběru topného tělesa**

Pro skleník byly vybrány dva druhy topení. Pro zajištění teploty půdy je ideálním řešením topný kabel Airontek Heating Cable. Vzhledem k velikosti skleníku byla zvolena 4 metrová varianta. Pro ohřev vzduchu bylo vybráno topné těleso LightHouse EcoHeat o příkonu 135 W a rozměrech 91,5 cm. Topení bude zavěšeno pod stropem skleníku pro zajištění rovnoměrného výhřevu celého prostoru. Horkovzdušné PTC ventilátory nebyly shledány vhodnými pro tento skleník., vzhledem k velkému příkonu a také proto, že by horký vzduch zbytečně vysušoval substrát.

## 4 Osvětlení a větrání

(Pinske, 2008) charakterizuje fotosyntézu, asimilaci, jako „základ života a růstu celé rostliny, jejích listů, květů, semen a plodů. Při tomto procesu se přeměňují anorganické látky na organické, které rostlině umožňují vyvíjet se a růst. Energií, která tento proces startuje a pohání, je světlo. Nepostradatelnými pomocníky jsou při tom vzduch a živiny. Světlo dopadající na rostlinu se částečně odráží, částečně absorbuje. Rostliny absorbují prostřednictvím chlorofylu (zelené listové barvivo) především červené a modré světlo.“ Žádná rostlina nemůže bez světla růst, jakož i bez světla a zdroje tepla neprobíhá fotosyntéza.

### 4.1 Osvětlení a jeho intenzita

Intenzita osvětlení je charakterizována jako fotometrická veličina definovaná jako světelný tok dopadající na jednotku plochy. Je tedy podílem světelného toku (v lumenech) a plochy (v metrech čtverečních). Značí se jako E a její jednotkou je 1 lux (lx). Jeden lux odpovídá 1 lumen (1 lm/m<sup>2</sup>=1 lux).

Rostlinu ovlivňuje určitým způsobem každá část světelného spektra, popsáno v [12]:

1. Fialové a modré paprsky urychlí fotosyntézu v pletivech rostliny, která zesílí a roste rychleji;
2. Žluté a zelené paprsky naopak inhibují proces fotosyntézy, stonky jsou vytažené, tenčí;
3. Oranžové a červené paprsky jsou nejlepší pro rostliny, které kvetou a plodí, ale jejich přemíra ohrožuje život rostliny;
4. Konečně ultrafialové paprsky tvoří vitamíny v listech a plodech, díky čemuž jsou odolnější vůči chladu.

#### 4.1.1 LED PÁSEK, OSVĚTLENÍ PRO PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN

Osvětlení GROW LED o délce 1 metr a s 60 diodami typu 2835 SMD je navrženo pro pěstování rostlin. Díky plnému spektru světla je vhodné pro různé plodiny ve všech fázích jejich vývoje. Mezi hlavní výhody LED pásku patří schopnost osvětlit více rostlin současně, energetická úspornost a univerzálnost použití. Světlo je emitováno pod úhlem 120 stupňů, montáž je usnadněna díky lepicí vrstvě na pásku. Krytí IP65 zajišťuje odolnost proti prachu a vodě, což zvyšuje jeho životnost a použitelnost v různých podmínkách. Napájení je zajištěno stejnosměrným napětím 5 VDC. Cena činí 177 Kč. LED pásek je zobrazen na obrázku 15 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 8.



Obrázek 15: LED pásek, osvětlení pro pěstování rostlin, dostupné z: <sup>14</sup>

Tabulka 8: Parametry LED pásku, dostupné z: <sup>14</sup>

Délka	1 metr
Počet LED	60
Typ LED	2835 SMD
Úhel dopadu světla	120 stupňů
Montáž	Lepící vrstva
IP krytí	IP65
Napájení	5 VDC
<b>Cena</b>	<b>177,-- Kč</b>

#### 4.1.2 SATURN LED panel 60cm – 18W

Klasické LED panely pro garáže a dílny lze také velmi úspěšně použít při pěstování rostlin. Panely mají obvykle vysokou životnost až 30 000 hodin, jsou úsporné a poskytují rovnoměrné svícení. Velkou výhodou je také nízká hmotnost. Svítidlo s příkonem 18 W je nabízeno ve dvou variantách teploty světla: 6000 K a 4000 K. Světelný tok činí 1800 lm. Délka svítidla je 60 cm a hmotnost dosahuje 0,5 kg. Napájení je zajištěno střídavým napětím 230 VAC. Cena je uvedena ve výši 92 Kč. Svítidlo je zobrazeno na obrázku 16 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 9.

<sup>14</sup> [https://allegro.cz/nabidka/plant-heckermann-led-pasek-1m-usb-ip65-16218027613?utm\\_source=notification&utm\\_medium=cartWithPaymentCz&utm\\_campaign=fd8eae09-a77e-4400-bc26-84bdf1c5e8ec](https://allegro.cz/nabidka/plant-heckermann-led-pasek-1m-usb-ip65-16218027613?utm_source=notification&utm_medium=cartWithPaymentCz&utm_campaign=fd8eae09-a77e-4400-bc26-84bdf1c5e8ec)



Obrázek 16: Svítidlo Saturn LED, dostupné z: <sup>15</sup>

Tabulka 9: Parametry svítidla Saturn LED, dostupné z: <sup>15</sup>

Příkon	18 W
Teplota světla	<b>6000 K</b>
-	4000 K
Světelný tok	1800 lm
Příkon	18 W
Délka	60 cm
Hmotnost	0,5 kg
Napájení	230 VAC
<b>Cena</b>	<b>92,-- Kč</b>

### 4.1.3 Zhodnocení výběru osvětlení

Rostliny v rané fázi růstu potřebují světlo o teplotě 6000+ K a světelném toku 2000 lm. Pro systém bude použita zářivka SATURN LED. Světelný tok panelu je 100 lm / W, připojení dvou těchto panelů zajistí tok 3600 lm, což bude dostatečné. Výběr těchto panelů byl ověřen na různých rostlinách, které se ve skleníku s největší pravděpodobností objeví (japonské javory, papriky, melouny). Rostliny se nevytahují a rozvětvují se. Další výhodou tohoto panelu je nízký výkon, který rostlinám nespálí listy ani ze vzdálenosti 10 cm.

## 4.2 Vzduch a větrání

Růst rostlin je ovlivňován kyslíkem a kysličíkem uhličitým ze vzduchu, z tohoto důvodu je velmi důležité skleník dostatečně větrat. Větrání ovlivňuje a upravuje teplotu zejména v letních měsících, zajišťuje přísun čerstvého vzduchu a snižuje vlhkost. Dle (Pinske, 2008)

<sup>15</sup> <https://www.ecobe.cz/led-panel-saturn-60cm-18w-studena-bila/>

by měla větrací plocha dosahovat 20 % celkové plochy skleníku. Automatický otvírač oken může okamžitě reagovat na změny teploty a otevře či zavře okno dle potřeby rostlin.

V některých případech je potřebné nucené větrání ventilátorem s odpovídajícím výkonem, který vyměňuje vzduch při stanovené teplotě.

#### 4.2.1 Servo MG996R (MG996) s kovovými převody 13 kg 180°

Servomotor s kovovými převody MG996R (MG996) je považován za vhodné řešení pro ventilaci systému, zejména pro otevírání a zavírání oken. Servo s rozměry 40 x 19 x 43 mm a hmotností 55 gramů je navrženo pro provozní rychlost 0,17 s/60° při napětí 4,8 V a 0,13 s/60° při napětí 6 V. Kroutící moment dosahuje hodnoty 9,4 kg/cm při napětí 4,8 V a 11 kg/cm při napětí 6 V. Napájení je specifikováno v rozsahu 4,8 až 7,2 V. Cena činí 137 Kč. Servomotor je zobrazen na obrázku 17 a parametry jsou vyobrazeny v tabulce 10.



Obrázek 17: Servo MG 996R (MG996) s kovovými převody 13 Kg, dostupné z: <sup>16</sup>

Tabulka 10: Parametry Servomotoru MG996R, dostupné z: <sup>16</sup>

Rozměry	40 x 19 x 43 mm
Hmotnost	55 gramů
Provozní rychlost (4,8 V)	0,17s/60°
Provozní rychlost (6 V)	0,13s/60°
Kroutící moment (4,8 V)	9,4 kg/cm
Kroutící moment (6 V)	11 kg/cm
Napájení	4,8 - 7,2V
<b>Cena</b>	<b>137,-- Kč</b>

<sup>16</sup> [https://dratek.cz/arduino/1694-servo-motor-s-kovovymi-prevody-mg996r-pro-rc-modely.html?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA7Y28BhAnEiwAAAdOJUKWcy6L5HN0Zwq6Uq\\_CFWPK8MiSz3\\_nwqXUkFusn4UINbwmX1XaU0xoC5bUQAvD\\_](https://dratek.cz/arduino/1694-servo-motor-s-kovovymi-prevody-mg996r-pro-rc-modely.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA7Y28BhAnEiwAAAdOJUKWcy6L5HN0Zwq6Uq_CFWPK8MiSz3_nwqXUkFusn4UINbwmX1XaU0xoC5bUQAvD_)

### 4.2.2 Podlahový ventilátor Cyclone 20cm, 3 rychlosti

Ventilátor zajišťuje cirkulaci vzduchu ve skleníku. Disponuje průměrem 20 cm a příkonem 35 W, přičemž umožňuje regulaci otáček ve třech rychlostech. Napájení je řešeno na 230 VAC. Cena ventilátoru činí 499 Kč. Jeho podoba je zachycena na obrázku 18 a jeho parametry jsou vyobrazeny v tabulce 11.



Obrázek 18: Podlahový ventilátor Cyclone 20 cm, dostupné z: <sup>17</sup>

Tabulka 11: Parametry ventilátoru Cyclone, dostupné z: <sup>17</sup>

Průměr	20 cm
Příkon	35 W
Regulace otáček	3 rychlosti
Napájení	230 VAC
<b>Cena</b>	<b>499,-- Kč</b>

### 4.2.3 Zhodnocení výběru ventilace

Existuje mnoho možností, jak zajistit větrání ve skleníku. Vzhledem k velikosti bude větrání řešeno pomocí otevírání bočních stěn pomocí servomotoru MG996R s kovovými převody a maximální nosností 13 kg, která bude dostatečná pro pootevření panelu plexiskla o rozměrech 60 x 55 cm. Pro dostatečné proudění vzduchu a ochlazování skleníku v letních měsících byl zvolen podlahový ventilátor Cyclone 20 cm, který má 3 režimy otáček. Původním řešením byly ventilátory umístěné ve střeše systému, ale od tohoto řešení bylo upuštěno, vzhledem ke zhoršení izolačních vlastností skleníku.

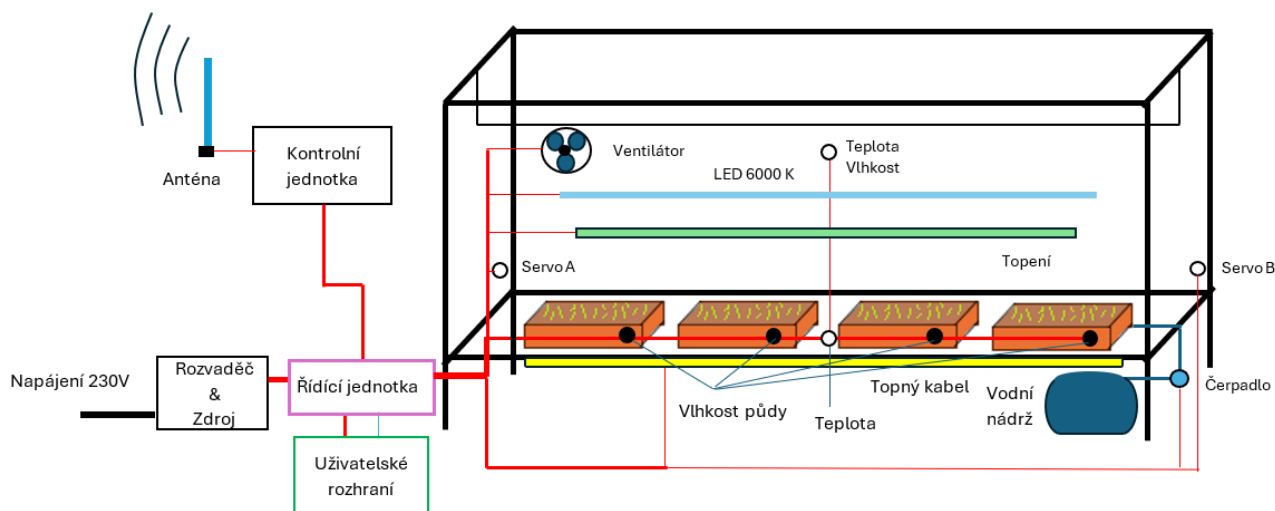
<sup>17</sup> <https://www.hotchilli.cz/podlahove-ventilatory/podlahovy-ventilator-cyclone-20cm--3-rychlosti/>

## 5 Koncept navrženého řešení

Tato kapitola je zaměřena na návrh konceptu řešení, které bude detailně popsáno prostřednictvím blokového schématu a následným popisem jednotlivých částí systému, jimž je vysvětlována struktura systému pro pěstování rostlin.

### 5.1 Blokové schéma

Jak bylo zmíněno v dřívějších kapitolách, na skleník byl použit rám ze starého stolu, který byl patřičně upraven pro zaplášťení, zavedení senzorů a akčních členů. Na obrázku 19 je vyobrazeno blokové schéma systému. Vzhledem k vybraným akčním členům z předešlých kapitol, které jsou energeticky náročné, bylo upuštěno od původní myšlenky se záložní baterií. Náhradním řešením se stala kontrolní jednotka pro monitorování podmínek uvnitř skleníku.



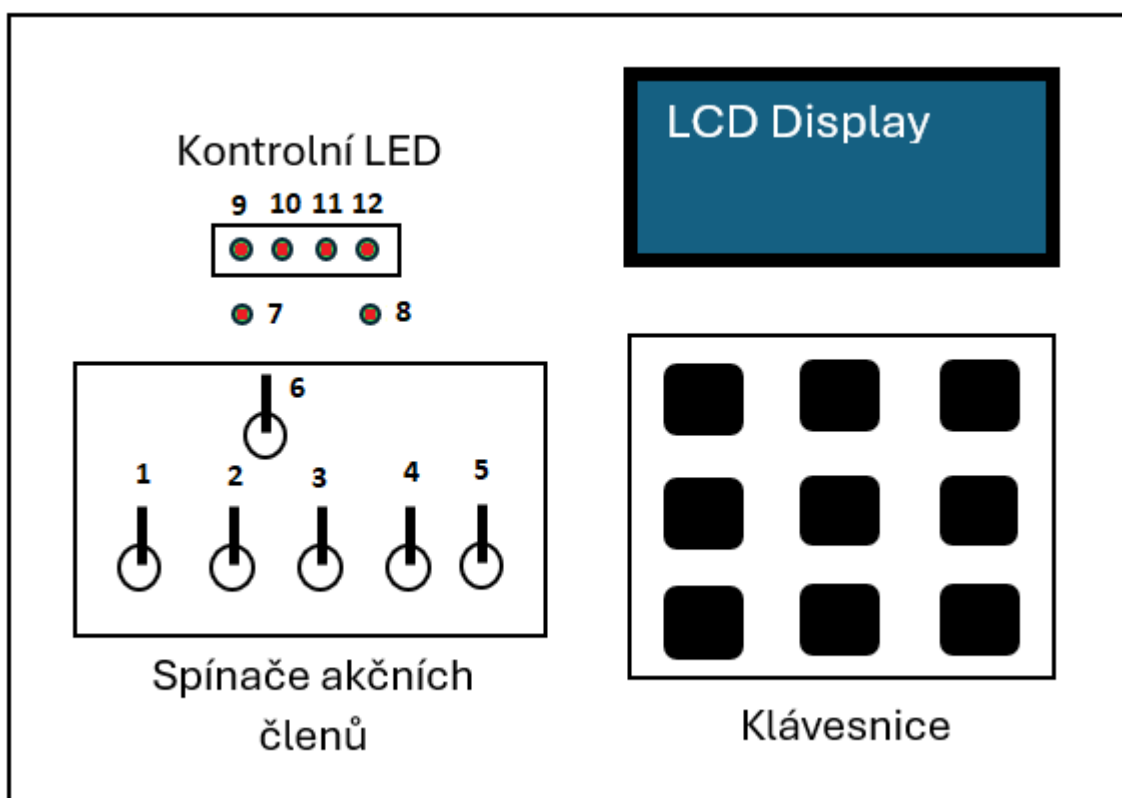
Obrázek 19: Blokové schéma řízení systému

#### 5.1.1 Řídicí jednotka

Hlavní část systému je tvořena jednotkou, která zpracovává hodnoty ze senzorů a pomocí akčních členů řídí mikroklima ve skleníku. Sensory umístěné ve skleníku jsou používány k monitorování klíčových parametrů, jako je teplota, vlhkost vzduchu, vlhkost půdy. Na základě těchto údajů je rozhodováno o aktivaci akčních členů. Jednotka je připojena na uživatelské rozhraní a kontrolní jednotku, ty budou rozebrány v následujících kapitolách.

### 5.1.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní systému je používáno k obousměrné komunikaci mezi systémem a řídicí jednotkou skleníku. Aktuální informace o stavu systému jsou poskytovány uživateli, který má možnost kontrolovat naměřené hodnoty, nastavovat nové parametry a manuálně ovládat některé akční členy. Rozhraní je navrženo tak, aby bylo jednoduché a snadno pochopitelné, je tvořeno kombinací hardwarových a softwarových prvků. Na obrázku 20 je zobrazen náčrt tohoto rozhraní. V levé spodní části panelu jsou připojeny spínače akčních členů (1 – hlavní topení, 2 – podlahové topení, 3 – ventilace, 4 – zálivka, 5 – osvětlení, 6 – nastavení systému). Nad spínači jsou připevněny kontrolní LED diody (7 – nastavení, 8 – kontrolní jednotka, 9 – kontrola teploměrů, 10 – kontrola DHT22, 11 – kontrola vlhkosti půdy, 12 – vážný problém).



Obrázek 20: Návrh uživatelského rozhraní

### **5.1.3 Kontrolní jednotka**

Jak bylo zmíněno v předchozích kapitolách, problém s napájením vedl k potřebě spolehlivého systému pro včasné upozorňování uživatele na případné problémy. Kontrolní jednotka je považována za klíčovou zejména v zimních měsících, kdy si systém nemůže dovolit chybovat. Vzniklé problémy jsou detekovány řídicí jednotkou, která na ně upozorňuje kontrolní jednotku, jež následně informuje uživatele prostřednictvím bezdrátové komunikace. Tímto řešením je uživateli umožněna včasná reakce na vzniklé situace a zajištění ochrany pěstovaných rostlin. Kontrolní jednotka je vybavena externím napájením z baterie, což jí umožňuje zůstat aktivní i při výpadku proudu. Veškerá data jsou odesílána do přijímače umístěného v domě.

### **5.1.4 Rozvaděč a zdroj**

Rozvaděč je považován za základní infrastrukturu celého systému, zajišťuje jeho napájení a ochranu. Jsou v něm obsaženy jističe, které poskytují ochranu proti přetížením a zkratům. Proudový chránič nebyl v systému zahrnut, protože tato ochrana je zajišťována na vyšší úrovni již před vstupem do rozvaděče. Součástí systému je také externí 12V zdroj, který je používán pro stabilní napájení mikrokontroleru, a 5V zdroj, který je používán k zajištění napájení senzorů.

## 6 Konstrukce skleníku a jeho vybavení senzory a akčními členy

Návrh systému byl prováděn na základě důkladné rešerše a průzkumu trhu z předešlých kapitol. Senzory a moduly byly vybrány na základě cenové dostupnosti, kompatibilitosti s řídicím členem a vlastními zkušenostmi z dřívějších projektů.

### 6.1 Hlavní konstrukce skleníku

Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, kostra skleníku je vytvořena z kovových jeklů, které jsou natřeny barvou z důvodu ochrany proti korozi. Na základě rozboru uvedeného v předešlých kapitolách, bylo pro zapláštní použito čiré plexisklo o síle 3 mm. Na obrázku 21 je zobrazen rozdíl mezi rámem před úpravou a po úpravě. Obrázek 22 zobrazuje zapláštní skleníku.



Obrázek 21: Skelet rámu (část A před úpravou a nátěrem proti korozi, část B po úpravě a nátěru proti korozi)



Obrázek 22: Zapláštní skleníku

## 6.2 Senzory a jejich použití

Při konstrukci systému byl kladen důraz na kvalitu senzorů, které jsou považovány za základní předpoklad pro udržení požadavků v celém systému. Na základě rozboru a průzkumu trhu uvedeného v kapitole 3 byly ve finální podobě systému umístěny ve skleníku tři senzory pro měření teploty a jeden vlhkoměr. Dále bylo rozhodnuto o instalaci tří kapacitních čidel vlhkosti půdy.

### 6.2.1 Umístění senzorů

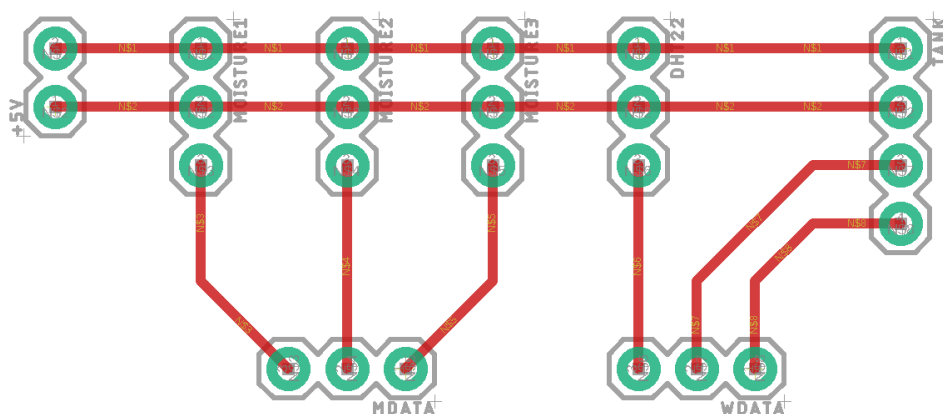
Senzory byly umístěny do rizikových oblastí systému. Pro měření vlhkosti vzduchu bylo vybráno čidlo DHT22, umístěno na lištu pro kabely pod střechou skleníku. Teplotní čidla typu Dallas DS18B20 byla zvolena jako hlavní teplotní čidla. První ze senzorů byl umístěn vedle větracího okna, kde v zimním období může proniknout ledový vítr, další ze senzorů byl instalován pod střechu systému, kde slouží k měření teploty vzduchu. Poslední čidlo tohoto typu bylo zvoleno pro měření teploty substrátu. V substrátu jsou také zavedena čidla vlhkosti půdy, jejichž detailní zobrazení je na obrázku číslo 23. Pro monitorování nádrže s vodou byl umístěn ultrazvukový senzor pro měření vzdálenosti HY-SRF05. K řídicí jednotce jsou senzory připojeny přes desku plošných spojů.



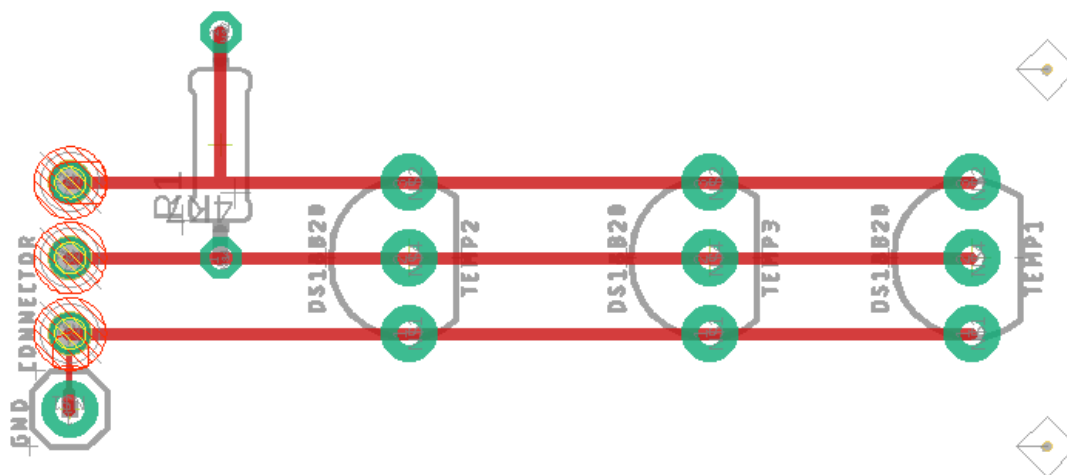
Obrázek 23: Umístění čidel D18B20 a vlhkoměru v substrátu

### 6.3 Návrh desek plošných spojů pro senzory systému

Pro potřeby zapojení senzorů bylo zapotřebí navrhnout desky plošných spojů. Na základě dřívějších zkušeností byl zvolen program EAGLE, návrhy desek plošných spojů jsou zobrazeny na obrázcích 24 a 25. Desky nebyly připraveny s takovou precizností, jakou nabízejí jiné metody, avšak pro potřeby tohoto zapojení jsou plně dostačující. Na odlazení systému, byly použité také prototypové desky.



Obrázek 24: Navržená deska pro senzory uvnitř skleníku

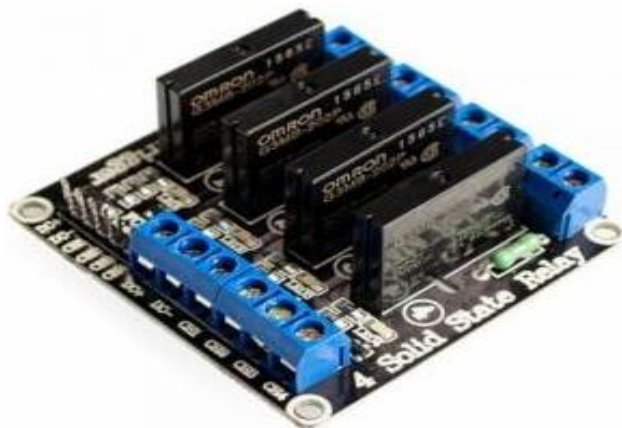


Obrázek 25: Navržená deska pro teplotní čidla

### 6.4 Akční členy

Akční členy v systému slouží pro zajištění požadovaných podmínek. Návrh a konstrukce systému počítala s odpojením nepotřebných akčních členů v závislosti na aktuálním ročním období. Vzhledem k menšímu prostoru uvnitř skleníku, by mohla tato tělesa způsobovat nedostatek místa, případně stínění přírodnímu světlu. Vybrané akční členy pracují na

napájecím napětí 230 V, pro jejich spínání bylo použito SSR relé, zobrazené na obrázku 27. Do skleníku byla vybrána topná tělesa, zavlažovací systém, umělé osvětlení a ventilace.



Obrázek 26: SSR Relé modul High level - 4 kanály 5 V DC, dostupné z: <sup>18</sup>

### 6.4.1 Zavlažovací systém

Zavlažovací systém byl zaveden z důvodu možné nepřítomnosti uživatele v letních měsících. Voda byla umístěna do nádrže vedle skleníku, přičemž zavlažování je zajištěno akvarijním čerpadlem Hsbao HS-750, které je zobrazeno na obrázku 27. Z důvodu vyššího počtu druhů rostlin umístěných ve skleníku bylo zvoleno kapilární zavlažování do podmisek. Podmínkou je, aby ve společné podmisce byl umístěn stejný druh rostliny, čímž se minimalizuje riziko přemokření substrátu u méně rozvinutých sazenic. Tento systém není považován za vhodný pro dlouhodobé používání, vzhledem k problému usazování solí v substrátu a již zmíněného přemokření. Slouží především jako nouzové řešení při delší nepřítomnosti uživatele.



Obrázek 27: Ponorné čerpadlo Hsbao HS-750, dostupné z: <sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Dostupné z: [https://dratek.cz/arduino/122145-ssr-rele-modul-4-kanaly-5vdc-high-level.html?gad\\_source=1&gbraid=0AAAAACVg\\_Wcaldpd6v9rGdXk9ssUi1E2&gclid=Cj0KCQjw8zABhDKARIsAHXuD7b2BvpH2f7yPgZg9d18\\_DAW9EUpZbyhyoE-FcEwScwN4hQpiZcIOEwaAoMBEALw\\_wcB](https://dratek.cz/arduino/122145-ssr-rele-modul-4-kanaly-5vdc-high-level.html?gad_source=1&gbraid=0AAAAACVg_Wcaldpd6v9rGdXk9ssUi1E2&gclid=Cj0KCQjw8zABhDKARIsAHXuD7b2BvpH2f7yPgZg9d18_DAW9EUpZbyhyoE-FcEwScwN4hQpiZcIOEwaAoMBEALw_wcB)

### 6.4.2 Umělé osvětlení a ventilace

Umělé osvětlení v systému je používáno pro zajištění lepších světelných podmínek v brzkém jarním období, kdy zejména sazenice zeleniny potřebují více světla, jinak začne docházet k vytahování sazenic, v horším případě i plnému vysílení a uhynutí, tím může být ohrožena sezóna. Pro potřeby přisvícení, byla vybrána LED zářivka SATURN LED, parametry této zářivky byly detailně rozebrány v předešlých kapitolách. Umístění zářivky závisí na velikosti rostlin, dle vlastní zkušenosti je ideální vzdálenost 15 cm. Pro ventilační systém jsou servomotory umístěny na bocích skleníku, kde pomocí tyček ovládají přitažení a odtažení oken. Pracují v kombinaci s ventilátorem, který je zavěšený pod střešou systému.

### 6.4.3 Topná tělesa

Na základě průzkumu trhu v kapitole 3 byla vybrána dvě topná tělesa, hlavním topným členem vybráno těleso LightHouse Ecoheat o příkonu 135 W. Toto těleso je zavěšeno ve vzdálenosti 30 cm od stropu, tím je zajištěno rovnoměrné prohřátí vzduchu. Pro potřeby odlazení systému, bylo těleso přidělováno stahovacími páskami. Na zimní období budou tyto pásky nahrazeny za řetízek, pro dostatečnou pevnost. Dalším topným tělesem byl vybrán topný kabel o příkonu 30 W, tento kabel je umístěn na podlaze skleníku, kde slouží k zahřívání substrátu a podpoře zakořeňování, jak bylo popsáno v dřívějších kapitolách. Kabel není pevně přidělán, tím je uživateli umožněna manipulace dle parametrů pěstebních nádob. Na obrázku 28 je vyobrazeno zimní testování topných těles, které bude rozebráno v dalších kapitolách.



Obrázek 28: Zimní testování topných těles

---

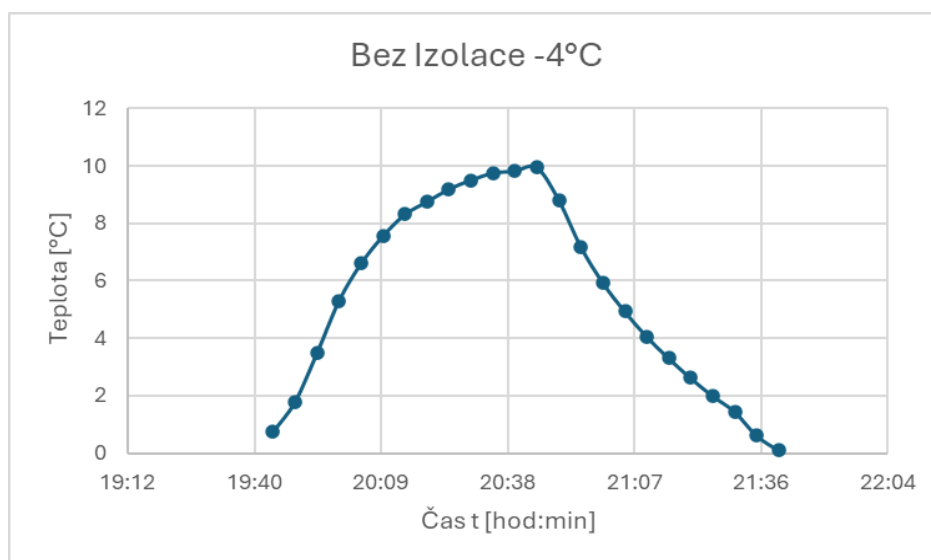
<sup>19</sup>[https://krevetkarium.cz/cerpadla/15559-hsbao-hsb-750-ponorne-vytlacne-cerpadlo-1000-l-h.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://krevetkarium.cz/cerpadla/15559-hsbao-hsb-750-ponorne-vytlacne-cerpadlo-1000-l-h.html?utm_source=chatgpt.com)

## 6.5 Teplota v zimě

V zimních měsících byla provedena série testovacích měření zaměřených na udržení stabilní teploty nad bodem mrazu, a to při použití různých izolačních materiálů.

### 6.5.1 Izolační vlastnosti skleníku bez izolace

Provoz skleníku bez přídavné izolace je zobrazen na obrázku 29. Hodnoty byly odečítány z ESP32, které bylo připojeno k Wi-Fi a data byla posílána do platformy Grafana pro vizualizaci. Z grafu je patrné, že termoizolační vlastnosti samotného plexiskla nejsou dostačující a prakticky hned po vypnutí topení teplota klesala k bodu mrazu. Neustálé sepnutí topného tělesa by činilo toto řešení energeticky i finančně neefektivním. Testy však zároveň potvrdily, že samotné topné těleso dokáže zvýšit teplotu ve skleníku bez izolace až o 15 stupňů oproti venkovní teplotě, což potvrzuje jeho vhodnost pro celoroční provoz. Tento výsledek podtrhuje správný výběr topného tělesa a jeho schopnost zajistit požadované podmínky pro pěstování i v náročných zimních podmínkách.

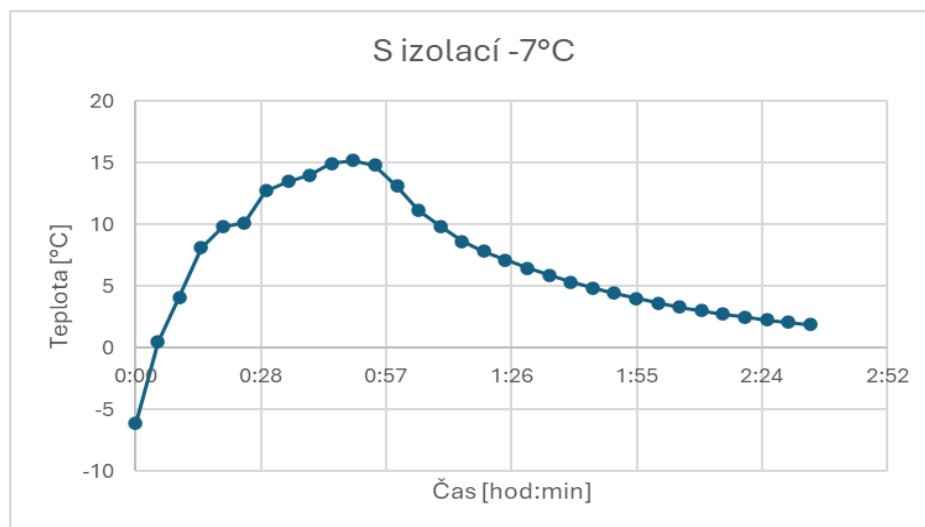


Obrázek 29: Teplota ve skleníku bez izolace

### 6.5.2 Izolační vlastnosti skleníku s izolací

Z obrázku číslo 30 je patrné, že izolace má velmi dobrý vliv na udržování teploty uvnitř skleníku, což se projevilo i na výsledcích měření. Teplota zvládla za hodinu měření překonat hranici 15 °C. To ukazuje, že použitá izolační vrstva dokázala efektivně zadržet teplo a zamezit jeho úniku. Po dobu hodiny a půl, kdy měření pokračovalo, teplota postupně klesala k nule, ale i tento pokles byl zpomalen díky použitým izolačním materiálům. Jako hlavní izolace byla použita bublinková folie, která byla vybrána v předešlých kapitolách. Dále byla kombinována s netkanou textilií, která přispívá k větší stabilitě teploty. Tato kombinace

materiálů se ukázala jako velmi efektivní, a to jak z hlediska tepelné izolace, tak i z hlediska snadné instalace a údržby celého systému.



Obrázek 30: Teplota ve skleníku s izolací

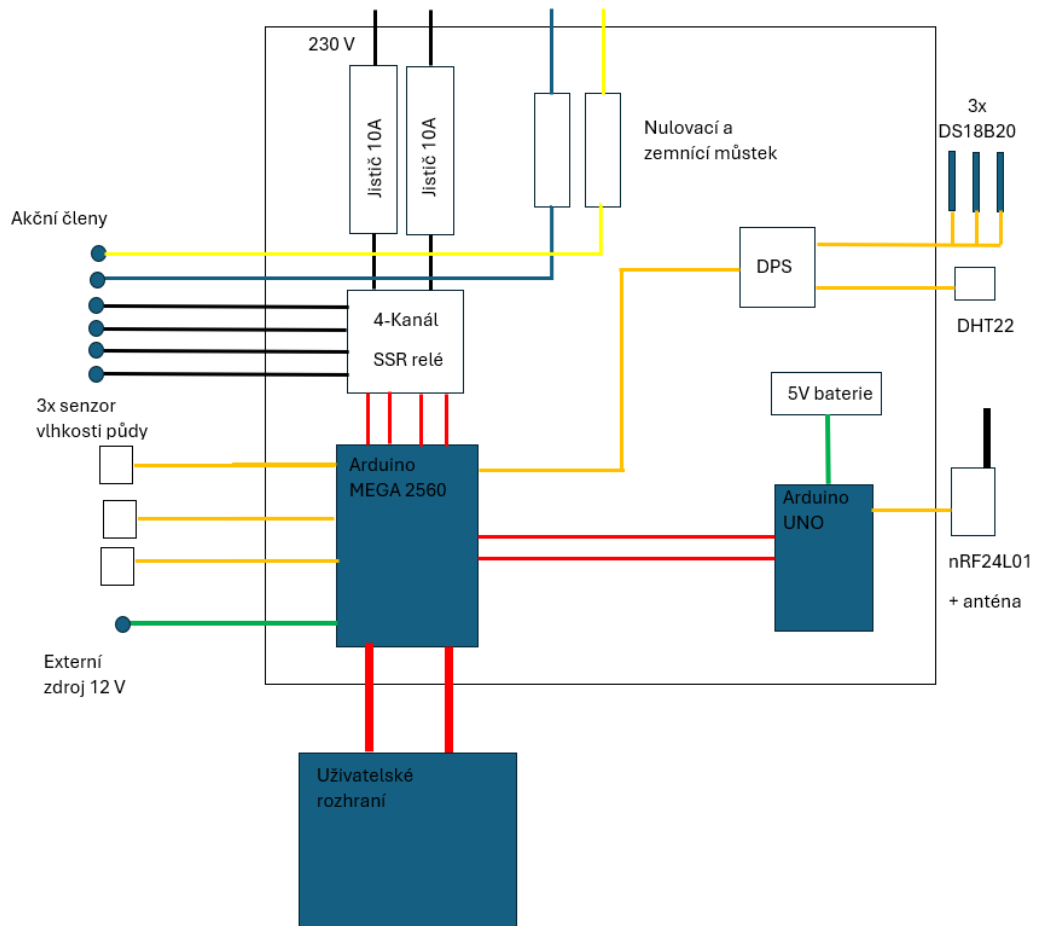
### 6.5.3 Zhodnocení izolačních vlastností

Série měření prokázala, že skleník může být spolehlivě využíván i v náročných zimních podmínkách, což bylo potvrzeno jeho efektivní konstrukcí a vhodnou izolací. V nejmraznější noci tohoto roku, kdy byly venkovní teploty naměřeny hluboko pod bodem mrazu, byla vnitřní teplota skleníku díky použité izolaci zvýšena na 15 °C. Klesání teploty k hodnotě 0 °C bylo zaznamenáno během téměř hodiny a půl. Drobné výchyly v grafu byly s největší pravděpodobností způsobeny manipulací se skleníkem. Na základě naměřených hodnot bylo ověřeno, že hlavní parametr pro úspěšné pěstování rostlin v zimním období byl splněn.

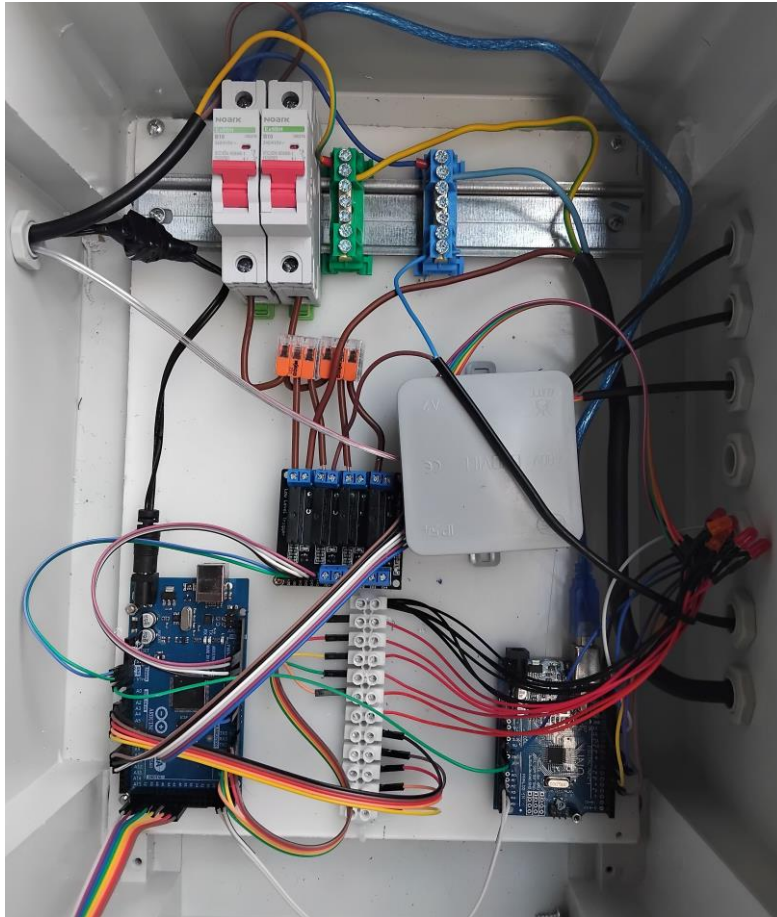
## 6.6 Řídící a kontrolní jednotka

Pro řízení systému byl vybrán vývojový kit Arduino ATMEGA 2560, připojení k senzorům akčním členům je zajištěno pomocí přímého zapojení k deskám plošných spojů, modulům nebo přes šroubovací spojky. Mikrokontroler je připevněn k desce pomocí šroubů, aby nedocházelo k nežádoucímu narušení obvodu systému. Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, pro nahlášení chyb zde byla zavedena kontrolní jednotka Arduino Uno. Řídící jednotka je zapojena k řídicí jednotce digitálními piny, kontrolní jednotka přijímá signál pomocí analogových pinů. Kontrolní jednotka odesílá data pomocí modulu nRF24L01 s 2.4GHz anténou. Spínání akčních členů chrání dva 10 A jističe, ty jsou zapojeny tak, že chrání vždy dva různé akční členy jiného typu. Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, přidání proudového chrániče není třeba, protože je zapojen na vyšší úrovni. Blokové schéma zapojení je zobrazeno na obrázku 31. Barvy vodičů jsou přiřazeny dle funkce v obvodu

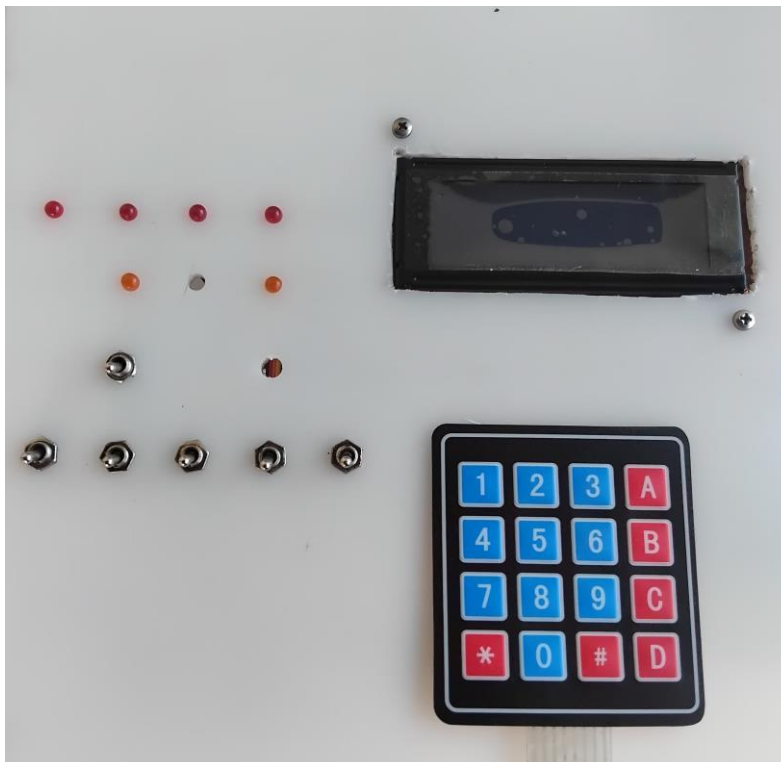
(černá – 230 V, modrá – nulovací vodič, žlutá – zemnicí vodič, zelená – napájení mikrokontrolerů, oranžová – příchozí data, červená – řízení). Na obrázku 32 je zobrazeno zapojení řídicí jednotky skleníku a na obrázku 33 je uživatelské rozhraní.



Obrázek 31: Blokové schéma řídicích členů



Obrázek 32: Řídící jednotka (odpojené uživatelské rozhraní)



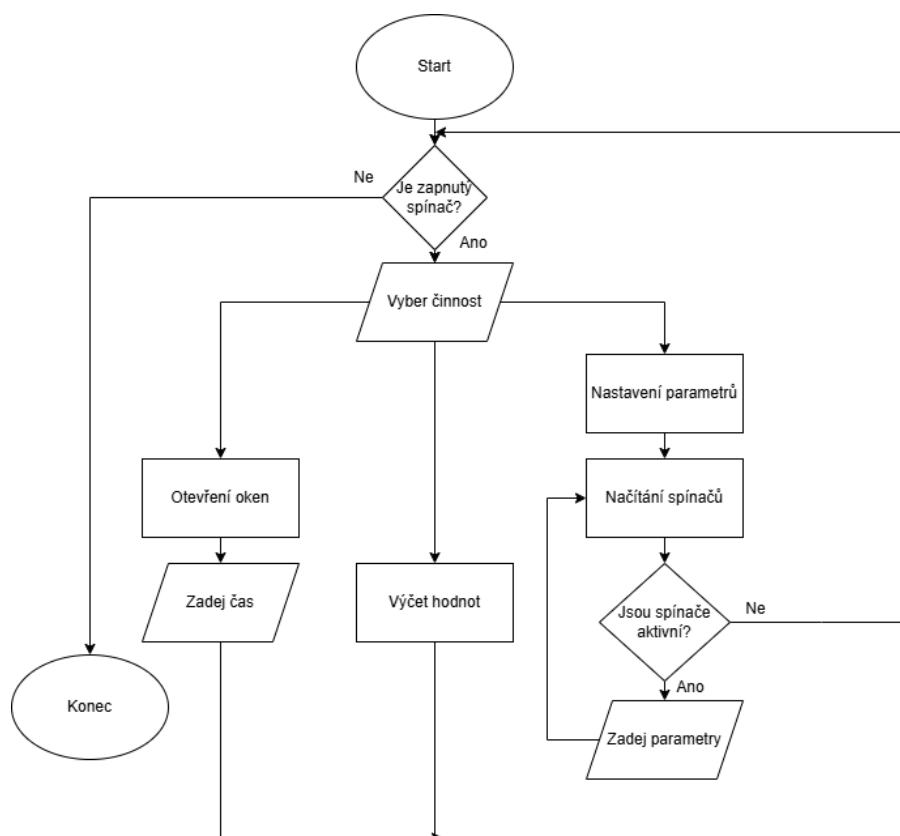
Obrázek 33: Uživatelské rozhraní

## 7 Firmware a oživení systému

Firmware pro oživení systému byl naprogramován v jazyce C++ s využitím prostředí Visual Studio Code. Každá hlavní funkce systému byla implementována jako samostatný algoritmus, čímž byla zajištěna přehlednost a minimalizováno riziko vzniku chyb. Firmware byl nahrán do mikrokontrolerů a optimalizován tak, aby co nejlépe spolupracoval s připojenými senzory a akčními členy.

### 7.1 Komunikace s uživatelem

Algoritmus pro komunikaci s uživatelem byl navrhnout na základě zkušeností z minulých méně rozsáhlých projektů. Algoritmus využívá několik knihoven, pro zobrazování hodnot na LCD display 20x4 byla použita knihovna LiquidCrystal\_I2C.h dostupná z [13] a knihovnu pro klávesnici Keypad.h dostupnou z [14]. Uživatel pomocí přepínačů vybere, jaké parametry ve skleníku chce nastavit a pomocí klávesnice vybere hodnoty. Algoritmus umožňuje také odečítání aktuálních hodnot ze senzorů a manuální kontrolu větrání. Vývojový diagram je zobrazen na obrázku 34.



Obrázek 34: Algoritmus uživatelského rozhraní

## 7.2 Výčet hodnot ze senzorů

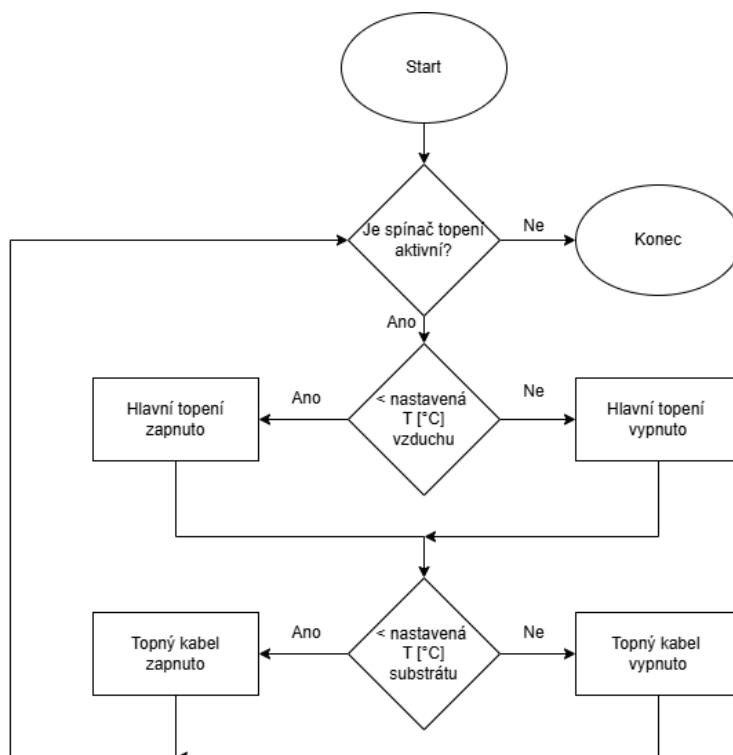
Pro výčet hodnot ze senzorů byl navržen jednoduchý algoritmus. Pro správnou funkci senzorů byly staženy knihovny, pro vlhkoměr DHT22.h dostupné z [15]. A pro teploměry DS18B20 knihovny DallasTemperature.h dostupné z [16] a OneWire.h dostupné z [17]. Další senzory je implementováno analogové čtení z příslušných pinů. V jedné funkci jsou načtena všechna data ze senzorů. Algoritmus je vyobrazen na obrázku 35.



Obrázek 35: Algoritmus odečítání hodnot ze senzorů

### 7.3 Ovládání topení

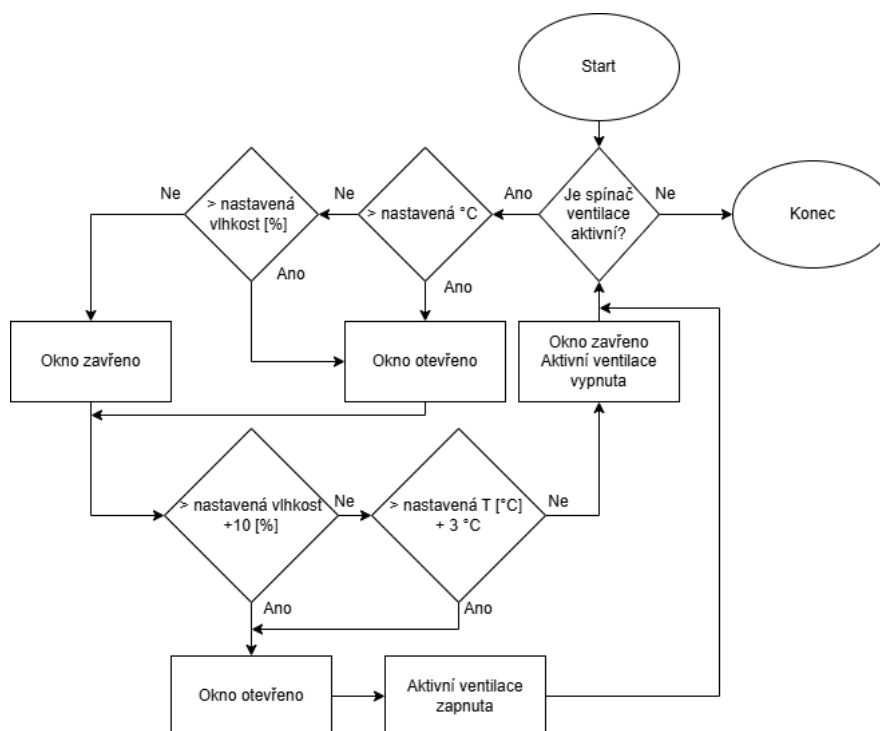
Ovládání topení pracuje na jednoduchém algoritmu porovnávání nastavené hodnoty a naměřené hodnoty. Při nesplnění podmínky je sepnuto příslušné topení. Algoritmus také neustále snímá, zda uživatel topení nevypnul spínačem. Diagram je zobrazen na obrázku 36.



Obrázek 36: Algoritmus spínání topení

## 7.4 Ovládání ventilace

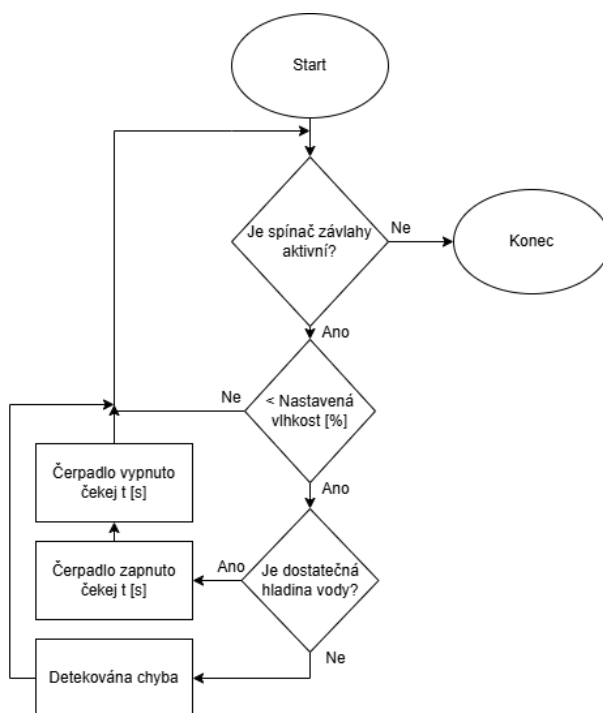
Navržený algoritmus je založen na porovnávání hodnot, jak bylo uvedeno v předešlé kapitole. V tomto případě jsou monitorovány dvě veličiny, vlhkost vzduchu a teplota vzduchu. Při mírném přesáhnutí stanovených hodnot veličin je okno otevřeno mikrokontrolerem. Pokud hodnoty dále stoupají, je mikrokontrolerem aktivována ventilace. Diagram je zobrazen na obrázku 37.



Obrázek 37: Algoritmus spínání ventilace

## 7.5 Ovládání zavlažování a světel

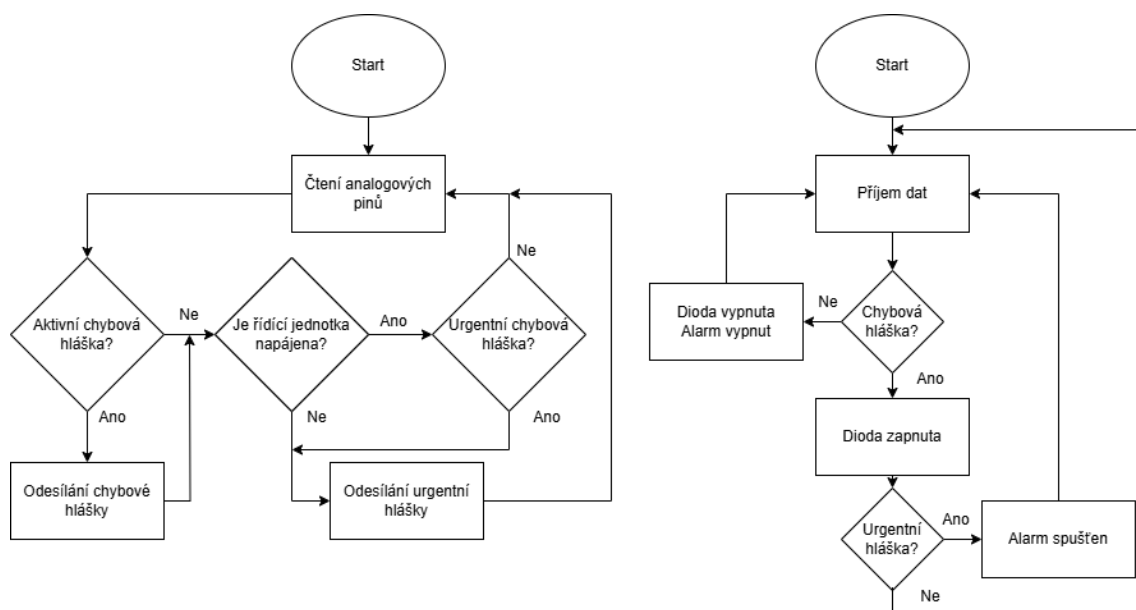
Jako v předešlých případech, hodnoty jsou porovnávány mikrokontrolerem, při splnění příslušných podmínek je sepnuto čerpadlo, jak bylo zmíněno v dřívějších kapitolách, jedná se o zařízení, které nelze používat dlouhodobě. Diagram je zobrazen na obrázku 38. Ovládání světel je v tomto případě ovládáno manuálně uživatelem, pomocí mechanického spínače nebo zásuvkovým analogovým časovačem. Vzhledem k nepravidelnosti počasí v jarních měsících, by mohlo být automaticky spínané světlo přes den neefektivní.



Obrázek 38: Algoritmus spínání čerpadla

## 7.6 Algoritmus kontrolní jednotky

Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, systém je vybaven kontrolní jednotkou, která monitoruje signály z řídicí jednotky a tím ověřuje funkčnost systému. Bezdrátovou komunikaci mezi přijímačem/vysílačem kontrolní jednotky, zajišťuje modul nRF24L01 s 2.4GHz anténou. Pro tento modul je třeba použít knihovny SPI.h, která je již obsažena ve vývojovém prostředí, RF24.h [18], ve kterém je obsažena také knihovna nRF24L01.h. V případě problémů je chybová hláška odeslána do přijímače, který vyhodnotí závažnost a upozorní uživatele. Algoritmy jsou vyobrazeny na obrázku 39.



Obrázek 39: Algoritmus vysílače/přijímače kontrolní jednotky

## 8 Ověření funkčnosti systému

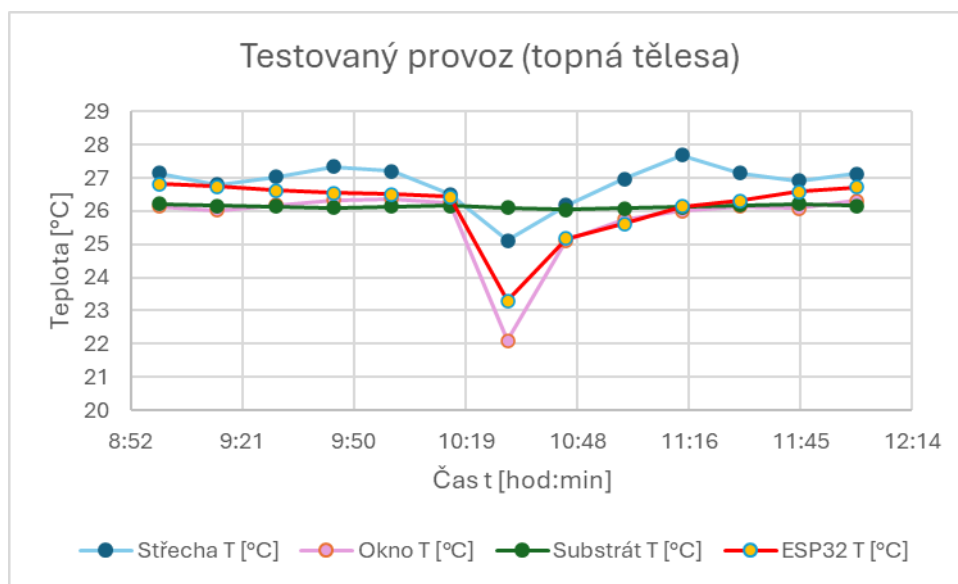
Ověření funkčnosti systému představuje klíčovou fází při vývoji a implementaci jakéhokoliv technického zařízení. Cílem této kapitoly je ověřit správnou činnost celoročního skleníku a jeho schopnost udržet stabilní mikroklima odpovídající požadavkům pěstovaných rostlin.

### 8.1 Udržení nastavených parametrů

Pro zajištění správného růstu sazenic zeleniny je nutné udržovat stabilní podmínky prostředí. Provoz systému byl otestován na teplomilných odrůdách zeleniny, konkrétně na sazenicích melounů a paprik, které vyžadují vysoké teploty a optimální úroveň vlhkosti vzduchu i půdy. Skleník byl navržen a optimalizován tak, aby umožňoval pěstování náročnějších plodin, což potvrzují výsledky provedených testů v následujících kapitolách. Testované měření probíhalo v jeden den po dobu 3 hodin. Skleník byl v aktivním režimu provozován s připojeným topením a ventilací.

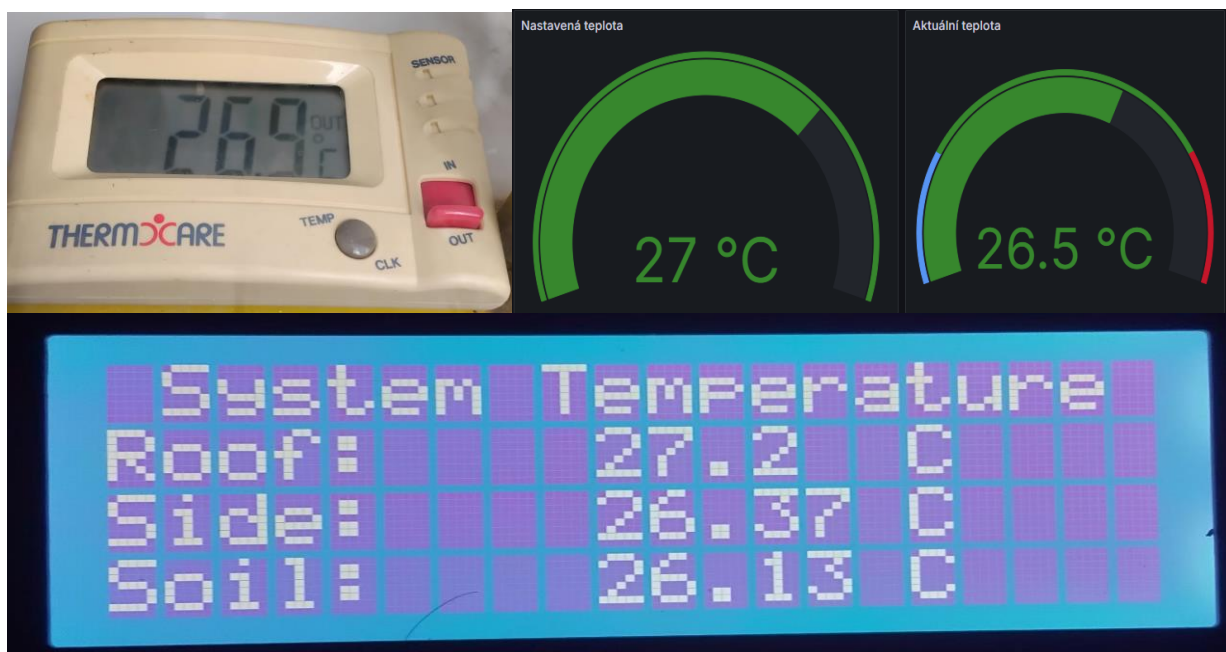
#### 8.1.1 Regulace teploty

Zkouška měření probíhala při venkovní teplotě 15 °C, přičemž požadovaná teplota uvnitř skleníku byla stanovena na 27 °C. Systém sám monitoroval teplotu pomocí svých senzorů, aby bylo ověřeno jeho správné fungování. Pro potvrzení přesnosti měření byl použit domovní teploměr, který zaznamenával teplotu pod střechou skleníku, a také zařízení ESP32, jehož funkce byla popsána v jedné z předchozích kapitol. Na obrázku 40 jsou zobrazeny naměřené hodnoty systémem a externím ESP32.



Obrázek 40: Naměřené hodnoty při venkovní teplotě 15 °C

Jak je patrné z měření, nastavená teplota systému byla úspěšně udržována, přičemž drobné odchylky byly způsobeny opakovaným spínáním akčních členů, u nichž určitý čas zabere jejich zahřátí. Pokles teploty v čase 10:30 byl zaznamenán v důsledku otevření okna a následného testu reakce systému na vzniklý problém. Teplota vzduchu pod střechou systému je o 1 °C vyšší než ve spodní části, což je způsobeno polohou hlavního topného tělesa, jehož umístění bylo přizpůsobeno výšce pěstovaných rostlin, řešením tohoto problému by bylo zvolení výkonnějšího podlahového topení, ale pro tento systém není třeba. Jak již bylo uvedeno, systém byl monitorován i externími teploměry. Na obrázku 41 je zachycen odečet teplot v čase 10:00, kdy byla teplota nad substrátem měřena systémem ESP32. Vložený domácí teploměr zaznamenával teplotu vzduchu a hodnoty naměřené samotným systémem byly zobrazeny na LCD displeji.

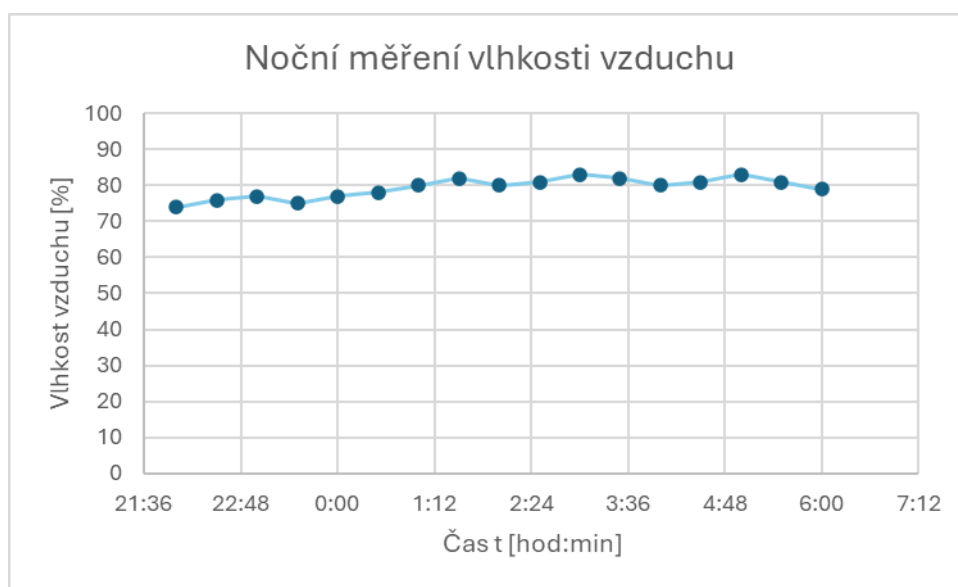


Obrázek 41: Odečet naměřených hodnot v 10:00 (levý horní roh – domácí teploměr, pravý horní roh – ESP32 platforma GRAFANA, spodní část – data měřená systémem)

Kontrolním měřením bylo prokázáno, že hodnoty externích teploměrů se s menší odchylkou shodují s údaji naměřenými systémem. Zjištěná nepřesnost je pravděpodobně způsobena rozdíly v přesnosti měřicích přístrojů a odlišným umístěním měřicích sond. Měření byla splněna očekávání a udržovaná teplota byla vyhodnocena jako vhodná i pro druhy náročnější na teplo. Systém byl dále vyhodnocen jako vhodný pro celoroční pěstování citrusů, které za běžných podmínek nelze v našich klimatických podmínkách pěstovat.

## 8.2 Vlhkost vzduchu

Cílem měření bylo sledovat vlhkost vzduchu za stabilních podmínek systému během nočních hodin. Vzhledem k nízké venkovní teplotě bylo odvětrávání deaktivováno, což vedlo k tomu, že vzdušná vlhkost nebyla aktivně regulována. Monitorování probíhalo při čerstvě zalitých rostlinách a nastavené teplotě 24 °C. Naměřené hodnoty byly zachyceny a jsou zobrazeny na obrázku číslo 42.

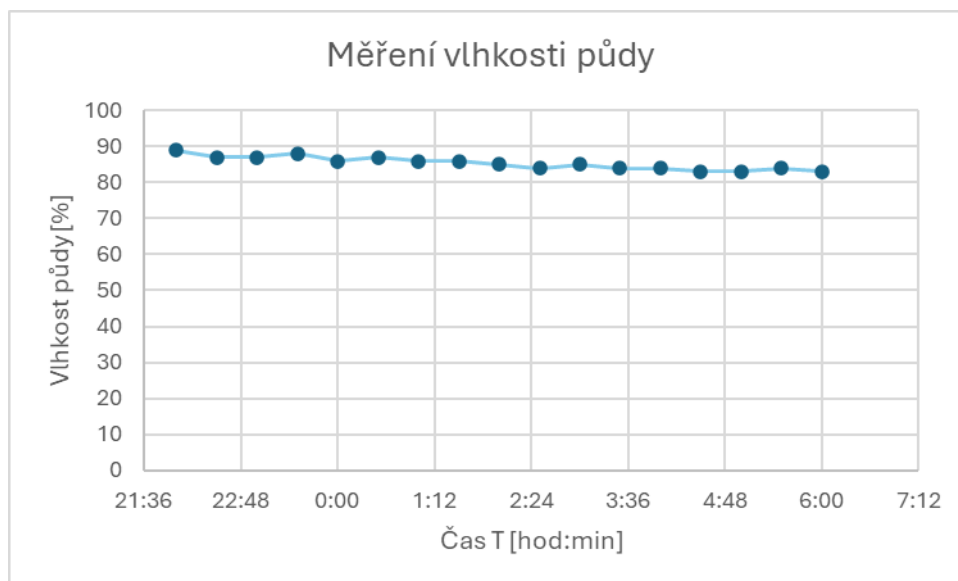


Obrázek 42: Měření vlhkosti vzduchu

Měření bylo zahájeno dvě hodiny po zalití rostlin, přičemž noční vlhkost vzduchu byla zaznamenána mírně nad 80 %. Tato úroveň vlhkosti může být po delší dobu nevhodná pro některé druhy rostlin, to bylo popsáno v předešlých kapitolách. Z tohoto důvodu je nutné zajistit každodenní otevření systému, aby byla umožněna výměna vzduchu a snížena rizika spojená s vysokou vlhkostí, to lze zajistit automaticky i manuálně. V tomto případě má být skleník využit k předpěstování melounů, které po roubování vyžadují vysokou vzdušnou vlhkost. Na základě zkušeností lze konstatovat, že systém toto kritérium úspěšně splňuje.

### 8.3 Vlhkost půdy

Závěrečné měření bylo navrženo tak, aby se zaměřilo na dlouhodobé monitorování vlhkosti půdy po zalití rostlin. Hlavním cílem bylo sledování odpařování vody ze substrátu v uzavřeném systému, kdy byla aktivována obě topná tělesa. Tento postup poskytl podrobný přehled o změnách vlhkosti substrátu v závislosti na provozních parametrech. Monitorování probíhalo ve stejný čas, jako měření vlhkosti vzduchu v předešlé kapitole. Výsledky měření jsou zobrazeny na obrázku 43.



Obrázek 43: Měření vlhkosti půdy

Pro pěstování rostlin byl zvolen substrát složený z perlitu a zeminy v poměru 1:1, čímž je zajištěna požadovaná vzdušnost. Při měření vlhkosti v uvedených podmínkách byla vlhkost substrátu zaznamenána v rozmezí 80–90 %, a to při vysoké vzdušné vlhkosti. Substrátu byly připsány vynikající vlastnosti, zejména optimální poměr mezi zadržením vlhkosti a propustností vzduchu. Nevýhodou tohoto řešení je vyšší potřeba zálivky při častém větrání. Požadavky však byly splněny na výbornou, což činí zvolený substrát vhodným pro dané podmínky.

## 9 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout a sestavit skleník, který by umožňoval pěstování rostlin po celý rok. Práce obsahuje teoretickou a praktickou část.

V teoretické části byly definovány požadavky na konstrukci celoročního skleníku a popsán proces plánování, včetně faktorů, které je nutné zvážit při výběru vhodného umístění systému. Byla položena otázka týkající se konkrétního využití skleníku a parametrů, kterých by měl dosahovat. V závěrečné části teoretické části byl proveden důkladný průzkum trhu se senzory a akčními členy. Na základě tohoto rozboru byly vybrány finální komponenty a akční členy, určené pro použití v systému.

V praktické části byl vypracován návrh systému vycházející z poznatků uvedených v teoretické části. Některá řešení se během návrhu hardwaru ukázala jako nevhodná, a to buď z hlediska rozměrů, nebo náročnosti realizace. Kontrolní jednotka byla integrována k řídicí jednotce. Systém byl navržen tak, aby byl vybaven jističi pro silnoproudé obvody a pojistkami pro obvody slaboproudé, čímž byla zajištěna bezpečnost a spolehlivost provozu.

Následný návrh firmwaru byl zaměřen na uvedení systému do provozu, přičemž byly postupně programovány a laděny všechny potřebné parametry pro optimální podmínky ve skleníku, včetně komunikace s uživatelem a kontrolní jednotkou. Systém byl koncipován s ohledem na minimalizaci rizik spojených se ztrátou pěstovaných rostlin. Bylo zajištěno, že by systém dokázal v zimních podmínkách udržet při životě teplomilné rostliny a vytvořit jim vhodné podmínky pro růst. Nicméně, vzhledem k finanční náročnosti takového provozu, nebude tento systém pro tento účel běžně využíván.

Funkčnost systému byla ověřena sadou testovacích měření, mezi něž patřilo například udržení teploty po stanovenou dobu, testování vlhkosti vzduchu a vlhkosti půdy. Na základě získaných výsledků bylo potvrzeno, že systém je plně funkční, splnil všechna očekávání a zadání bakalářské práce bylo realizováno v celém rozsahu.

Jako potenciální rozšíření systému by mohlo být implementováno externí úložiště, které by umožnilo načítání dat v případě výpadku elektrické energie. Vzhledem k zamýšlenému použití skleníku však není toto rozšíření považováno za nezbytné. Další možností by bylo zahrnutí monitorování světelných podmínek, což by umožnilo přesnější nastavení teploty během dne a noci. Od této funkce však bylo upuštěno z důvodu častého rušení způsobeného pohybovým osvětlením.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům..* Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4559-6, 112 str. upravit
2. PINSKE, Jörn. *Skleníky: Materiály, konstrukce a technické vybavení pro celoroční využití.* Praha: Knižní klub, 2008. ISBN 978-80-242-2045-1.
3. PINSKE, Jörn. *Skleníky: Plánování. stavba. pěstování rostlin.* Bratislava: Nezávislosť, 1998. ISBN 80-85217- 78-3.
4. SCHUMANN, Eva. *Skleník a pařeniště: Měsíc po měsíci.* Praha: Euromedia Group, 2023. ISBN 978-80-242-8516-0.
5. SCHUMANN, Eva. *Skleník a pařeniště: Pěstujeme zeleninu a bylinky po celý rok.* Praha: Vašut, 2023. ISBN 978-80-7541-340-6.

## INTERNETOVÉ ZDROJE:

1. *Plexisklo – kolik toho vydrží a na co všechno se hodí.* Online. Ireceptar.cz. [21. století]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/hobby/plexisklo-kolik-toho-vydrzi-a-na-co-vsechno-se-hodi-20190430.html>. [cit. 2025-05-07].
2. hobbytec.cz. *Čím zateplit skleník?* Online. 2017. Dostupné z: <https://www.hobbytec.cz/clanky/detail/cim-zateplit-sklenik.htm>. [cit. 2025-02-05].
3. perfektum.cz. *Skleník: Jak na zvlhčování vzduchu pro rostliny a houby.* Online. Dostupné z: <https://perfektum.cz/sklenik-jak-na-zvlhcovani-vzduchu-pro-rostliny-a-houby/>. [cit. 2025-02-05].
4. *Stupeň krytí IP: Co jsou IP kódy a jak jsou vodotěsné (+ tabulka).* Online. <https://toply.cz/>. 2024. Dostupné z: <https://toply.cz/pojmy/stupen-kryti-ip/>. [cit. 2025-05-07].
5. *Průvodce osvětlením pro rostliny: jaké světlo potřebují rostliny.* Online. 2020. Dostupné z: <https://www.holas-lighting.cz/blog/pruvodce-osvetlenim-pro-rostliny-jake-svetlo-potrebuji-rostliny/?srsIid=AfmBOooGJXywMxBmrCzoeR8EwSJjQReJ5vCx4I9j1FfRnDCZhJgszoYy>. [cit. 2025-02-05].
6. *Jak vyhříváme Chytrý skleník a kolik to stojí?* [online]. Sensorie: Sensorie, 2024 [cit. 2024-12-27]. Dostupné z: <https://sensorie.cz/jak-vyhrevame-chytry-sklenik-a-kolik-to-stoji/>

7. *Introduction to DHT22*. Online. THE ENGINEERING PROJECTS. Dostupné z: <https://www.theengineeringprojects.com/2019/02/introduction-to-dht22.html>. [cit. 2025-02-18].
8. *Jak je uspořádán odporový topný kabel?* Online. Our.electricianexp. Dostupné z: <https://our.electricianexp.com/cs/kak-ustroen-rezistivnyj-greyushhij-kabel.html>. [cit. 2025-02-18].
9. *Co je PTC ohříváč?* Online. KLC Corporation. Dostupné z: <https://www.ptc-heater.com.tw/cs/produkt/predstaveni-termistoru-ptc/>. [cit. 2025-02-18].
10. *Airontek Heating Cable - výhřevný kabel*. Online. <https://www.higarden.cz/>. [21. století]. Dostupné z: [https://www.higarden.cz/vyhrevvani/airontek-heating-cable-vyhrevny-kabel/?variantId=59075&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=CZ%20%7C%20MAX%20%7C%20Others&utm\\_id=17602373881&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAltRFGAmKILWG99hLG8rybYOZND3zvvtxcJbSTqCtKt529gCVINJ4zd14hoCe6EQAvD\\_BwE](https://www.higarden.cz/vyhrevvani/airontek-heating-cable-vyhrevny-kabel/?variantId=59075&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=CZ%20%7C%20MAX%20%7C%20Others&utm_id=17602373881&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA6t-6BhA3EiwAltRFGAmKILWG99hLG8rybYOZND3zvvtxcJbSTqCtKt529gCVINJ4zd14hoCe6EQAvD_BwE). [cit. 2025-05-07].
11. PTC ohříváč vzduchu, 300W ~ 500W [online]. L&I: L&I, 2024 [cit. 2024-12-27]. Dostupné z: <https://l-i.cz/pr96951611>
12. *Lampy do skleníku: srovnávací přehled 5 možností osvětlení*. Online. Agrokbttrade.cz. [21. století]. Dostupné z: <https://agrokbttrade.cz/lampy-do-skleniku-srovnavaci-prehled-5-moznosti-osvetleni>. [cit. 2025-05-07].
13. *LiquidCrystal I2C*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinolibraries.info/libraries/liquid-crystal-i2-c>. [cit. 2025-05-01].
14. *Keypad*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinolibraries.info/libraries/keypad>. [cit. 2025-05-01].
15. *DHT22*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinolibraries.info/libraries/dht22>. [cit. 2025-05-01].
16. *DallasTemperature*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinolibraries.info/libraries/dallas-temperature>. [cit. 2025-05-01].
17. *OneWire*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinolibraries.info/libraries/one-wire>. [cit. 2025-05-01].

18. *RF24*. Online. Arduino Library List. [21. století]. Dostupné z: <https://www.arduinelibraries.info/libraries/rf24>. [cit. 2025-05-01].

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Stupeň krytí IP.....	68
Příloha B: Desky plošných spojů.....	69
Příloha C: Hodnoty z testovacího měření .....	71

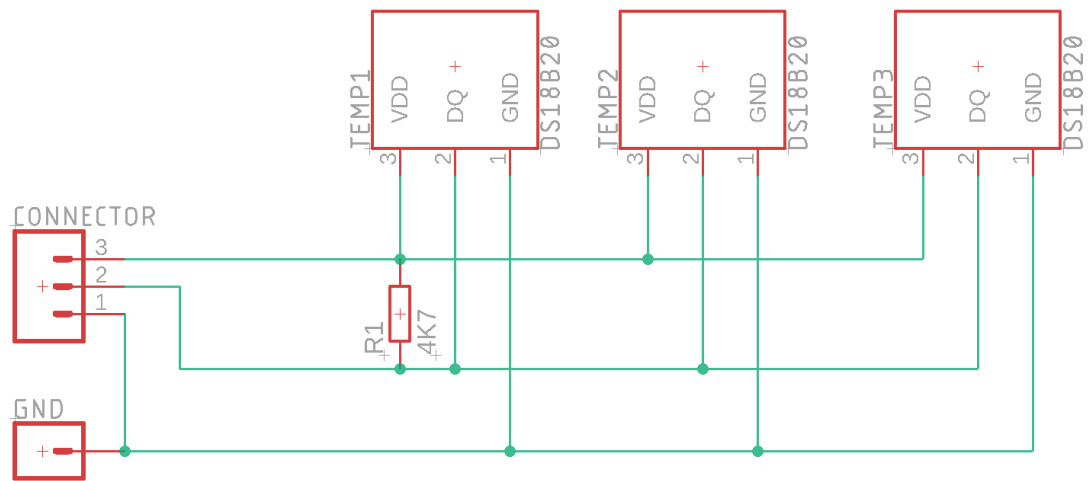
## Příloha A: Stupeň krytí IP

<b>První číslice (ochrana proti pevným částicím)</b>	<b>Druhá číslice (ochrana proti kapalinám)</b>	<b>Doplňující písmeno (volitelné)</b>
X – Nedostatek dat pro hodnocení	X – Nedostatek dat pro hodnocení	F – Ochrana proti oleji
0 – Žádná ochrana proti pevným částicím	0 – Žádná ochrana proti vodě	H – Ochrana pro zařízení s vysokým napětím
1 – Ochrana proti tělesům > ø50 mm	1 – Ochrana proti kapkám vody padajícím svisle	M – Pohyb během testu vodou
2 – Ochrana proti tělesům > ø12,5 mm	2 – Ochrana proti kapkám vody padajícím pod úhlem 15°	S – Stacionární během testu vodou
3 – Ochrana proti tělesům > ø2,5 mm	3 – Ochrana proti stříkající vodě	W – Ochrana proti povětrnostním podmínkám
4 – Ochrana proti tělesům > ø1 mm	4 – Ochrana proti stříkající vodě z jakéhokoli směru	K – Specifikováno v ISO 20653 (nahrazuje DIN 40050-9)
5 – Částečná ochrana proti prachu	5 – Ochrana proti proudům vody	
6 – Úplná ochrana proti prachu	6 – Ochrana proti silným proudům vody	
	6K – Ochrana proti silným proudům vody pod zvýšeným tlakem	
	7 – Ochrana proti ponoření do 1 metru	
	8 – Ochrana proti ponoření do hloubky specifikované výrobcem	
	9 – Ochrana proti silným proudům vody s vysokou teplotou	

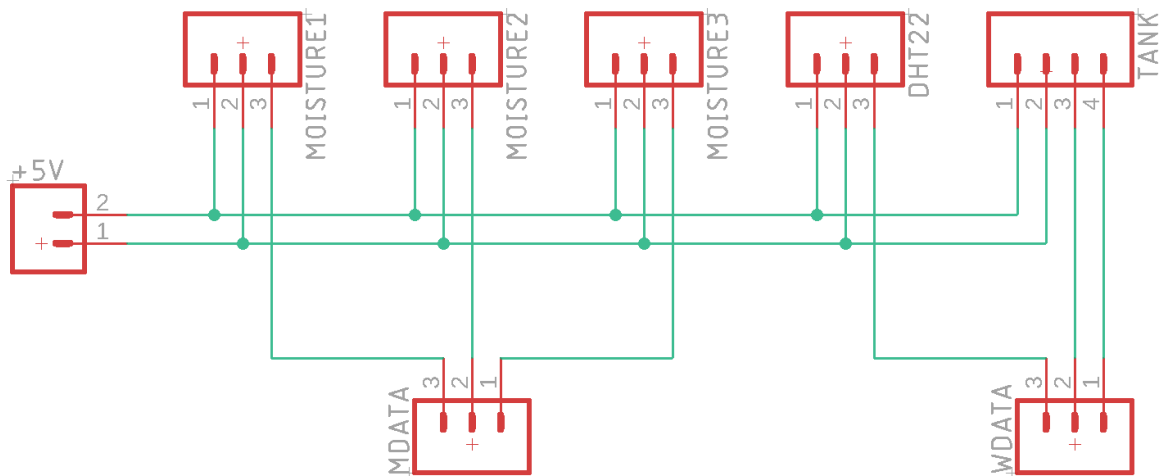
Příloha A.1: Stupeň krytí IP, Dostupné z:<sup>20</sup>

<sup>20</sup> <https://toply.cz/pojmy/stupen-kryti-ip/>

## Příloha B: Desky plošných spojů



Příloha B.1: Schéma DPS pro teplotní čidla



Příloha B.2: Schéma DPS pro senzory vlhkosti a monitorování nádrže s vodou



*Příloha B.3: Výroba desky plošných spojů v domácích podmínkách*

Příloha C: Hodnoty z testovacího měření

t [hod:min]	Střecha T [°C]	Okno T [°C]	Substrát T [°C]	ESP32 T [°C]
9:00	27,15	26,13	26,22	26,81
9:15	26,8	26,03	26,15	26,74
9:30	27,02	26,17	26,14	26,62
9:45	27,33	26,33	26,11	26,55
10:00	27,2	26,37	26,13	26,5
10:15	26,51	26,26	26,15	26,42
10:30	25,11	22,1	26,1	23,3
10:45	26,18	25,12	26,04	25,18
11:00	26,97	25,75	26,09	25,62
11:15	27,68	26,01	26,12	26,13
11:30	27,14	26,13	26,18	26,32
11:45	26,91	26,08	26,22	26,58
12:00	27,12	26,32	26,16	26,71

Příloha C.1: Měření systémem (nastavená teplota 27 °C)

19:45	19:55	20:10	20:15	20:20	20:30	20:40	20:55	21:00	21:10	21:15	21:30	21:40
0,75	3,5	7,56	8,31	8,75	9,5	9,82	7,19	5,94	4,06	3,31	1,45	0,1

Příloha C.2: Měření teploty bez izolace při teplotě -4 °C

t [hod:min]	vlhkost vz. [%]	t [hod:min]	vlhkost sb. [%]
22:00	74	22:00	89
22:30	76	22:30	87
23:00	77	23:00	87
23:30	75	23:30	88
0:00	77	0:00	86
0:30	78	0:30	87
1:00	80	1:00	86
1:30	82	1:30	86
2:00	80	2:00	85
2:30	81	2:30	84
3:00	83	3:00	85
3:30	82	3:30	84
4:00	80	4:00	84
4:30	81	4:30	83
5:00	83	5:00	83

Příloha C.3 Měření vlhkosti vzduchu (vlevo) a měření vlhkosti substrátu (vpravo)