



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

**VÝBĚR SYSTÉMU SOLÁRNÍHO OHŘEVU VODY PRO
ZAHRADNÍ SKLENÍK**

SELECTION OF A SOLAR WATER HEATING SYSTEM FOR A GARDEN GREENHOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Šplíchal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Jegla, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav procesního inženýrství
Student: **Jan Šplíchal**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Zdeněk Jegla, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výběr systému solárního ohřevu vody pro zahradní skleník

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na výběr vhodného systému solárního ohřevu vody pro zahradní skleník. Cílem je seznámit se s dostupnými systémy solárního ohřevu vody a na základě porovnání vlastností uplatnitelných konkurenčních systémů pro zahradní skleník pro konkrétní lokalitu vybrat nejvýhodnější systém. Provést měření reálného chování zahradního skleníku v konkrétní lokalitě v různou roční dobu pro potřeby výpočtového určení zásadních parametrů potřebných pro návrh vybraného systému ohřevu. Sumarizovat dosažené poznatky a parametry a s jejich pomocí identifikovat reálný potenciál vybraného systému solárního ohřevu pro zahradní skleník v předmětné lokalitě.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznámit se se solární energií jako obnovitelným zdrojem energie a zpracovat přehled základních typů používaných systémů pro solární ohřev vody a jejich zařízení.
2. Porovnat vlastnosti prakticky uplatnitelných konkurenčních systémů pro solární ohřev vody pro zahradní skleník pro konkrétní lokalitu a vybrat nejvýhodnější systém.

3. Provést měření reálného chování zahradního skleníku v konkrétní lokalitě ČR v různou roční dobu pro potřeby výpočtového určení zásadních parametrů potřebných pro návrh vybraného systému ohřevu.
4. S pomocí naměřených dat výpočtově určit zásadní parametry potřebné pro výchozí návrh vybraného systému solárního ohřevu vody pro předmětný domácí zahradní skleník.
5. Sumarizovat dosažené poznatky a parametry a s jejich pomocí identifikovat reálný potenciál vybraného systému solárního ohřevu v předmětném zahradním skleníku.

Seznam doporučené literatury:

MASTNÝ P., DRÁPELA J., MIŠÁK S., MACHÁČEK J., PTÁČEK M., RADIL L., BARTOŠÍK T.,

PAVELKA T.: Obnovitelné zdroje elektrické energie, 1. vydání, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2011.

SHUKLA R, SUMATHY K., ERICKSON P., GONG J., Recent advances in the solar water heating systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, vol. 19, pp. 173–190

HASHIM W. M., SHOMRAN A. T., JURMUT H. A., GAAZ T. S., KADHUM A. A., AL-AMIERY A.

A., Čase study on solar water heating for flat plate collector, Čase Studies in Thermal Engineering, 2018, vol. 12, pp. 666-671

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h.
c. ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá výběrem vhodného systému solárního ohřevu vody pro zahradní skleník v konkrétní lokalitě České republiky. Vlastní výběr vhodného systému je v práci proveden na základě zpracovaného přehledu a seznámení s dostupnými systémy solárního ohřevu vody a na základě porovnání vlastností uplatnitelných konkurenčních systémů pro dotýčný zahradní skleník s ohledem na jeho provedení a umístění. Součástí práce je také provedení měření reálného chování zahradního skleníku v různou roční dobu pro potřeby teoretického výpočtového určení zásadních parametrů potřebných pro orientační výpočtové stanovení potřebné kolektorové plochy potřebné pro vybraný systém ohřevu vody. Jsou sumarizovány dosažené poznatky a parametry a s jejich pomocí je identifikován reálný potenciál vybraného systému solárního ohřevu pro předmětný zahradní skleník ve smyslu jeho přínosu pro prodloužení doby využívání skleníku pro pěstování rostlin v chladných jarních a podzimních měsících roku.

Klíčová slova

zahradní skleník, solární ohřev vody, systémy solárního ohřevu vody, reálné chování zahradního skleníku, měření v chladných měsících roku, prodloužení období pro pěstování rostlin ve skleníku

Abstract

The Bachelor thesis deals with selecting a suitable solar water heating system for a garden greenhouse in a specific location in the Czech Republic. The selection of the suitable water heating system itself is carried out based on an overview of commonly used systems of solar heating and by evaluating competitive designs for said garden greenhouse with regards to its layout and location. A part of the thesis focuses on a measured data set showing the real-world behavior of the garden greenhouse in different parts of the year with the purpose of theoretical calculation of essential parameters, which are needed for an indicative calculation of the collector area needed for selected water heating system. The achieved results and parameters are summarized and with them a real potential of the solar water heating system for said garden greenhouse and its value in the sense of prolonging the period of using the garden greenhouse for growing plants in cold spring and autumn months is recognized.

Keywords

garden greenhouse, solar water heating, solar water heating systems, real-world behavior of a garden greenhouse, data collection in cold months of the year, prolonging the period of using the garden greenhouse for growing plants

Bibliografická citace

ŠPLÍCHAL, Jan. *Výběr systému solárního ohřevu vody pro zahradní skleník* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140749>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního inženýrství. Vedoucí práce Zdeněk Jegla.

Prohlášení o původnosti

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce doc. Ing. Zdeňka Jegly, Ph.D. Veškeré zdroje a literatura, ze kterých jsem během vytváření bakalářské práce čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a zdrojů.

V Brně dne 15. 5. 2022

Jan Šplíchal

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu práce doc. Ing. Zdeňku Jeglovi, Ph.D. za jeho pomoc nejen při psaní práce a za velmi ochotný a přátelský přístup. Také děkuji společnosti LIMES Litomyšl s.r.o. za spolupráci s pořízením jednoho ze skleníků. V neposlední řadě bych rád poděkoval svojí rodině za stálou a upřímnou podporu, která mi dovoluje studovat strojírenství.

Díky, Honza.

Obsah

1. Úvod – obnovitelné zdroje energie.....	12
1.1. Vodní energie	12
1.2. Větrná energie	13
1.3. Sluneční energie.....	14
1.4. Zaměření bakalářské práce	16
2. Představení používaných systémů solárních kolektorů a jejich provedení.....	17
2.1. Skleníkový efekt	17
2.2. Charakteristický profil solárního kolektoru	21
2.2.1. Ploché kolektory	21
2.2.2. Koncentrující kolektory	22
2.2.3. Vakuové kolektory.....	24
2.3. Úhel natočení solárního kolektoru	25
2.4. Cirkulace pracovní látky	29
2.4.1. Pasivní oběh – termosifon.....	29
2.4.2. Nucený oběh – užití čerpadla.....	30
2.5. Pracovní teplotonosná látka	31
2.6. Nutné komponenty zajišťující správný chod zařízení	32
2.6.1. Akumulace tepla – zásobníky TUV	32
2.6.2. Armatury	33
2.6.3. Pojistné a bezpečnostní prvky	33
3. Výběr systému pro konkrétní případ ohřevu zahradního skleníku v chladných měsících roku	35
3.1. Vzájemné umístění skleníku, kolektoru a zásobníku TUV – lokalita Dlouhá Třebová – skleník ve svahu.....	36
3.1.1. Uspořádání využívající princip termosifonu	36
3.1.2. Uspořádání využívající čerpadla	41
3.2. Lokalita Rybník – zahrada na rovné ploše.....	43
4. Stanovení kolektorové plochy	46
4.1. Naměřená data.....	48
4.2. Zpracování naměřených dat a orientační výpočet kolektorové plochy	54
5. Závěr a diskuse.....	58
Seznam použitých zdrojů.....	59
Seznam použitých zkratk a symbolů	61
Seznam příloh	63
Příloha 1 – Kompletní tabulka naměřených hodnot za sledovaná období	64

Podzimní měření	64
Jarní měření	80
Příloha 2 – Výstup programu Maple pro teoretický výpočet kolektorové plochy	88

1. Úvod – obnovitelné zdroje energie

Lidé se již po tisíciletí setkávají s třemi fundamentálními zdroji energie, které jsou dnes označovány jako obnovitelné. Jsou jimi energie vodní, větrná a sluneční. Tyto obnovitelné zdroje budou nyní stručně charakterizovány, spolu s uvedením základních způsobů, kterými se z nich získává energie.

1.1. Vodní energie

Nejen v Českých zemích je vodní energie po staletí využívána ve prospěch člověka. Až knižním příkladem je všem známý vodní mlýn, který tradičně využíval tekoucí vody v úzkém náhonu pro roztočení mlýnského kola. A stejně jako byly v 1. polovině 19. století mlýny přestavovány po „amerikánském“ vzoru [1], se i ostatní metody získávání energie neustále rozvíjí a zdokonalují.

Průtočné vodní elektrárny

V dnešní době se s vodní energetikou spojuje spíše výroba elektrické energie. Pokud bychom (s trochou nadsázky) vhodně upravili již zmiňovaný vodní mlýn, získali bychom *průtočnou vodní elektrárnu*. Ta k výrobě elektrické energie využívá tekoucí vodu v řečišti (nelze tedy reagovat na potřeby sítě) a její výkon je spjat s množstvím vody, která elektrárnou proteče. [2]

Regulační vodní elektrárny

Regulační vodní elektrárny jsou jistým vylepšením průtočných elektráren, které využívají nahromadění většího množství vody, a tedy i její potenciální energie (viz. Obr. 1). Elektrárna může pak být realizována například vytvořením bočního (derivačního) kanálu na řece nebo zahrazením koryta řeky v údolí. [3]



Obr. 1 – Přepraha „Pastviny“ ve východních Čechách [3].

Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací elektrárny jsou příkladem regulační vodní elektrárny, které v dnešní době slouží jako velmi potřebný způsob pokrývání denních výkyvů spotřeby a výroby elektrické energie. Fungují jako velká baterie, která se nabíjí, když je v elektrické síti nadbytek energie a vybíjí, když je potřeba.

Technicky se v principu jedná o spojení dvou vodních nádrží, přičemž jedna (horní) je položena výrazně výš než ta druhá (spodní). Voda z horní nádrže pak ve chvíli potřeby volně proudí do dolní nádrže přes turbínu a generuje elektrickou energii. V době, kdy je elektriny nadbytek, je voda čerpána zpět do horní nádrže. Takto lze uložit například sluneční energii, která byla vyrobena přes den, a využít ji večer, kdy je poptávka elektriny v síti vysoká. [2]

Slapové elektrárny

Slapové elektrárny využívají měnící se hladiny světových oceánů a moří pro výrobu elektrické energie. Zároveň je lze použít i jako přečerpávací elektrárnu. [2]

1.2. Větrná energie

I když ne tak dlouho jako energie vody, je i větrná energie využívána člověkem již několik století.

Snahou větrných elektráren je přeměnit kinetickou energii větru na mechanickou energii, která je pak přeměněna na elektrickou energii. Klíčovou roli hraje hlavně objem větru procházející pomyslnou plochou, kterou opisují konce listů turbíny. Negativní stránkou této technologie je určitě přeměnění vzhledu krajiny a hlučnost. Dobrým, a podle názoru mnoha lidí jediným správným, řešením je umístění elektráren do moře poblíž pobřeží. Ideálním místem je v Evropě například Baltské moře (viz Obr. 2). [2]

V dnešní době se využívají výhradně větrné turbíny, v minulosti opět sloužily například k mletí mouky nebo přečerpávání vody ve spojení s Archimédovým šroubem.



Obr. 2 – Větrný mlýn ve Španělsku (vlevo) a pole větrných turbín v Kalifornii (vpravo).
[4]

Odporové větrné motory

Odporové motory jsou nejstarší a dnes kvůli nízké účinnosti málo využívanou metodou získávání energie z větru. Nastavená plocha větru tvoří aerodynamickou překážku a tím i odpor, a vzniká síla na listech. Pak se plocha otáčí (vždy ale obvodovou rychlostí menší než rychlostí větru) a vytváří kroutivý moment. [2]

Vztlakové větrné motory

Na tomto principu funguje většina moderních větrných turbín (viz Obr. 2). Listy turbíny odebírají větru energii a přeměňují ji na rotační energii. Fungují podobně jako křídla letadla, která díky svému tvaru vytváří vztlak, který roztáčí turbínu, a i zde je odpor vzduchu (anglicky „drag“) nepříznivým jevem. [2]

1.3. Sluneční energie

Od Slunce na Zemi putuje každou sekundu veliké množství energie, které by dokázalo uspokojit všechny naše energetické požadavky. Odhaduje se, že za 30 minut na Zemi dopadne tolik energie, kterou lidstvo spotřebuje za 1 rok. Teoreticky na planetu dopadá až 1360 Wattů na jeden metr čtvereční (tato hodnota je dále korigována faktory, kterými je například čistota vzduchu apod.). Tuto energii můžeme zachytit více způsoby, a přetvořit na tepelnou, nebo elektrickou formu. [2], [5]

Fotovoltaický článek

Fotovoltaický článek pracuje na principu buzení elektronů v polovodičové vrstvě dopadajícími fotony světla, tedy tzv. fotoefektu [5]. Jejich nevýhodou je poměrně vysoká pořizovací cena a produkce elektřiny pouze v denních hodinách. S výhodou lze použít i na střeše rodinného domu s vlastní baterií, kdy dům může fungovat i po výpadku v síti.

Ve většině aplikací je využíváno statických kolektorů. Statický kolektor je nehybně upevněn k podložce a je namířen optimálně na jih, resp. na sever, pokud se nachází na severní, resp. na jižní polokouli. [5]

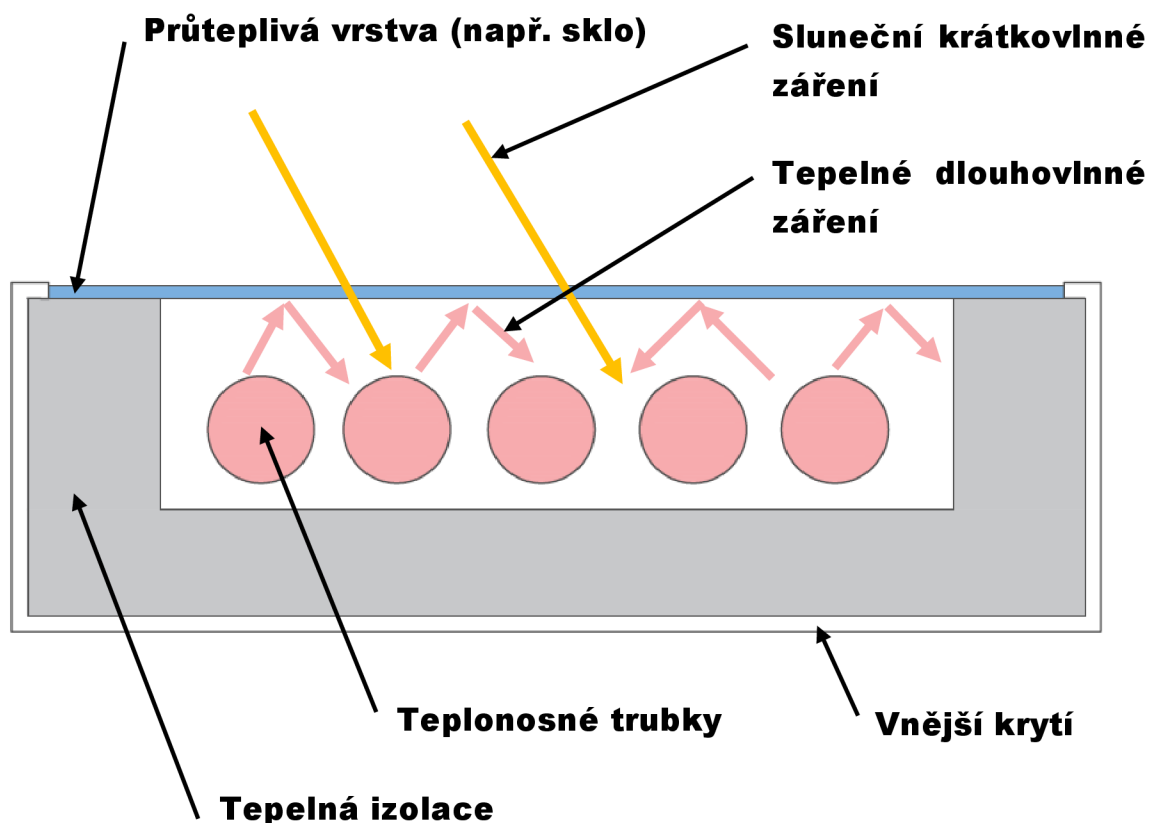
Pokud je žádoucí využít co nejvíce energie z dopadajícího záření, existují systémy polohovatelných kolektorů, které se podobně jako slunečnice natáčejí za sluncem. Na Obr. 3 je koláž solárního panelu a slunečnice, kterou je inspirován design panelu.



Obr. 3 – Solární panel inspirovaný slunečnicí. Koláž autora, s použitím zdrojů [7], [8].

Sluneční tepelné kolektory

Kromě fotovoltaických článků lze na domy instalovat také tepelné systémy, které dokáží sluneční záření pohltit a ve formě tepla dopravit cirkulací vody na místo použití. Při správném provedení pak toto teplo může být použito např. pro ohřev vody v domácnosti, kde velkou část roku není potřeba ohřívat spotřební vodu jiným způsobem. Na Obr. 4 je zobrazeno schéma plochého kolektoru.



Obr. 4 – Schéma plochého kolektoru. Náčres proveden dle [5].

1.4. Zaměření bakalářské práce

Tato bakalářská práce je zaměřena na konkrétní případ využití sluneční energie pro zahradní skleníku v konkrétní lokalitě v České republice.

Myšlenkou práce je získání vhodné metody pro ohřev vzduchu (případně i zeminy) ve skleníku v chladných měsících roku tak, aby byl déle užitelný. Tím se rozumí například požadavek na to, aby se uvnitř skleníku udržela celodenní teplota nad bodem mrazu a tím bylo umožněno zahájit sadbu co nejdříve v roce. Obdobně je zde snaha, aby ke konci roku mohl být skleníku co nejdéle provozuschopný. Tato období budou dále nazývána jako *provozní období*.

Instalované zařízení má být zároveň relativně levné a ideálně pasivní (tedy bez vnějšího přívodu energie) řešení, které by bylo po uvedení do provozu téměř bezúdržbové.

2. Představení používaných systémů solárních kolektorů a jejich provedení

V této kapitole budou popsány konkurenční systémy solárních kolektorů a jejich provedení. Dále zde budou popsány systémy oběhu pracovní teplotní látky, optimální úhel natočení kolektorů a prvky nezbytné pro funkci solárních systémů. První podkapitola 2.1 je věnována skleníkovému efektu, který je velmi důležitý nejen pro fungování samotného skleníku, ale i v konstrukci slunečních kolektorů.

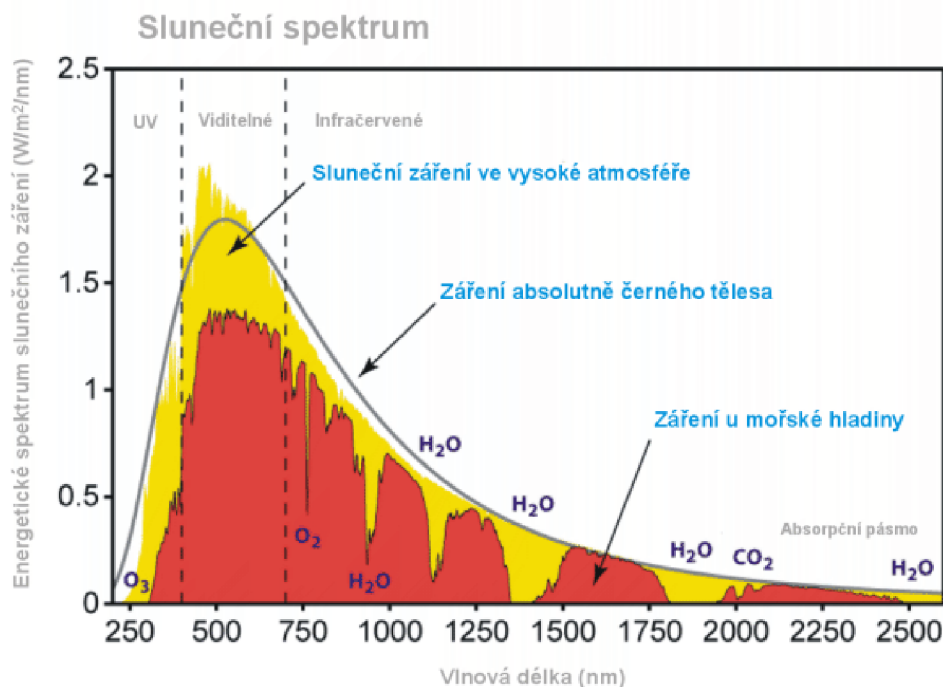
Kapitoly 2.2 až 2.6 jsou věnovány představení konkurenčních systémů, v kapitole 3 je proveden výběr systému pro využití k ohřevu zahradního skleníku.

V textu jsou užity a zaměňovány termíny *sluneční kolektor* a *solární kolektor*, které zde představují ten samý pojem, kterým se rozumí takové zařízení, které pohlcuje dopadající sluneční záření a přeměňuje ho na teplo, které je dále využíváno.

2.1. Skleníkový efekt

Pojem skleníkový efekt si v dnešní době spojíme hlavně s oteplováním naší planety v posledních několika dekadách, i když právě díky skleníkovým plynům v atmosféře se Země postupně stala vhodnou pro život. [11]

Hlavní příčinou skleníkového jevu jsou skleníkové plyny (v anglické literatuře se používá zkratka GHG – Green House Gas) v atmosféře Země, a to především oxid uhličitý (CO_2) a metan (CH_4). [9] Jejich rostoucí koncentrace v posledních několika staletích ale zapříčiňuje velmi rychlé oteplování planety. Ze Slunce na Zemi dopadá široké spektrum záření, které dobře znázorňuje Obr. 5.



Obr. 5 – Porovnání sálovosti černého tělesa (ideální model Slunce), reálného slunečního záření Slunce a jeho sálovost po průchodu čistou atmosférou u mořské hladiny. [17]

Při průchodu zemskou atmosférou se dle I. Kirchhoffova zákona část záření odrazí, část se absorbuje a část projde skrz. Matematicky to lze formulovat takto:

$$A + R + T = 1$$

kde

A [-] je absorptance (v české literatuře také poměrná pohltivost),

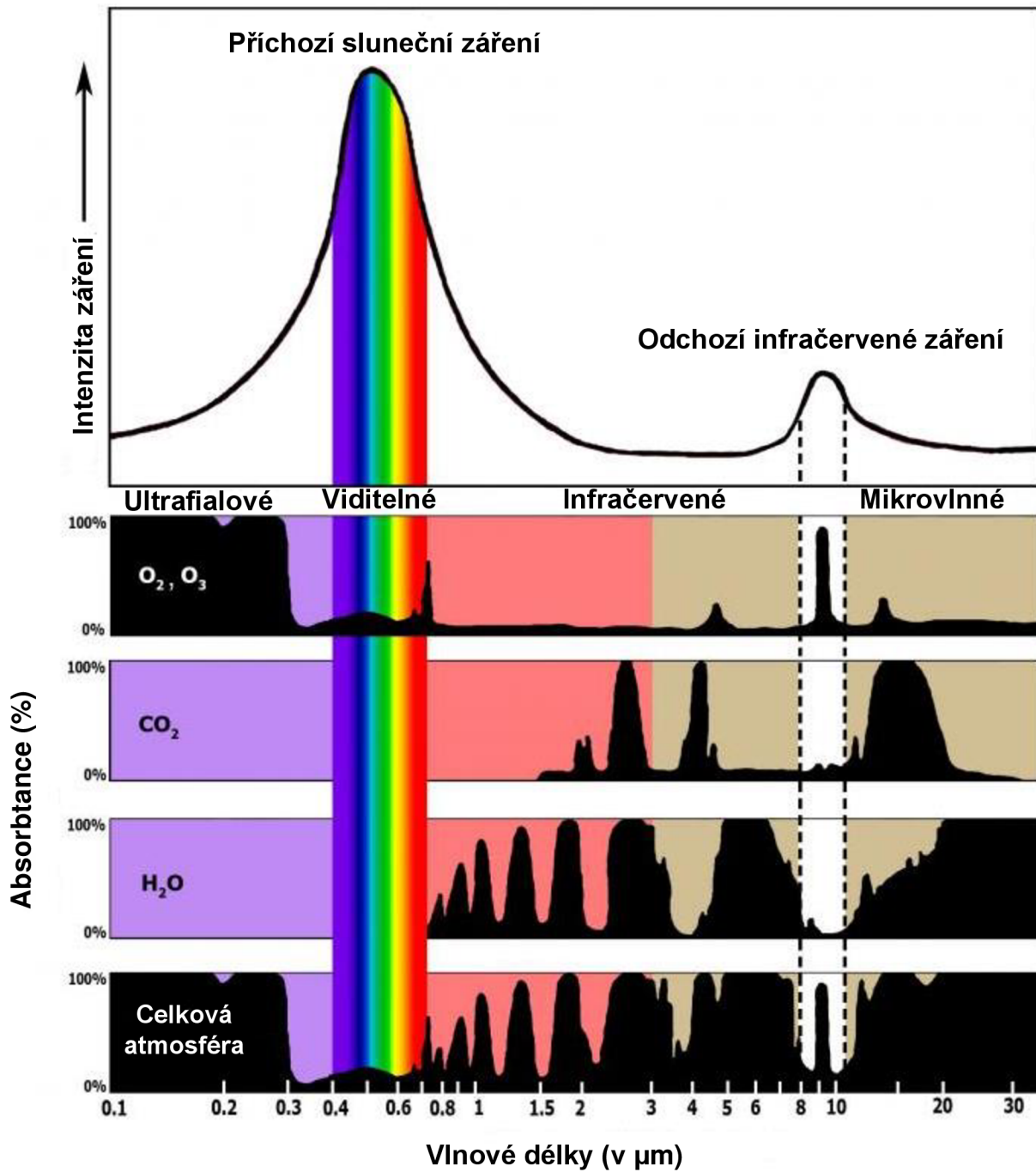
R [-] je reflektance (poměrná odrazivost),

T [-] je transmitance (poměrná průteplivost).

Dále se dle II. Kirchhoffova zákona zavádí tzv. *emisivita*, značená ε [-], v české literatuře známá jako *poměrná zářivost*. Jak pro černá tělesa (těleso s $A = 1$), tak i pro tělesa šedá (jsou modelem reálných objektů, mají $A \in (0; 1)$) II. Kirchhoffův zákon říká, že $\varepsilon = A$. Znamená to, že množství záření, které objekt pohltí, musí také vyzářit. [11]

To tedy znamená, že stejné množství energie, které pohltí atmosféra nebo povrch planety, musí být vyzářeno zpět do kosmu. Protože je ale teplota tohoto zářiče řádově nižší, než je teplota povrchu Slunce, je v souladu s Wienovým posunovacím zákonem vlnová délka s největší spektrální sálovostí větší. Tedy jednoduše řečeno, poměrně teplejší tělesa vyzařují krátkovlnné záření oproti dlouhovlnnému záření vyzařovaným méně teplými tělesy. Pro tyto vlnové délky je ale poměrná průteplivost při průchodu atmosférou velmi malá (viz Obr. 6) a tak je většina této energie „uvězněna“. S větší koncentrací skleníkových plynů v atmosféře se ale porušila rovnováha a na planetě tak poměrně rychle roste průměrná teplota.

Sklo se chová podobně jako skleníkové plyny. Záření ze Slunce o kratší vlnové délce projde bez větších ztrát vrstvou skla (pouze v případě velkých úhlů mezi normálou skla a směrem dopadu záření jsou tyto ztráty větší) a je pohlceno zemí a rostlinami ve skleníku. Dlouhovlnné záření těchto povrchů nízké teploty (v porovnání s teplotou Slunce) je pro sklo ale opět téměř neprůhledné (neprůhlednost lze ještě zvýšit pokrytím vnitřní strany skla odrazivým materiálem (kovová fólie)) a tím se ve skleníku hromadí teplo. I přes to ale tepelná energie ze skleníku uniká, hlavně radiací, konvekcí a kondukcí za vyšších teplot vnitřního plynu. Dle [11] je dobrým způsobem minimalizace ztrát konvekcí a kondukcí zvýšení tepelného odporu skleníku, například vícevrstevným zasklením.



Obr. 6 – Poměrná pohltivost (absorbance) jednotlivých plynů a celkovou atmosférou v závislosti na vlnové délce světla. [18]

2.2. Charakteristický profil solárního kolektoru

V této podkapitole budou představeny konkurenční provedení, profily a tvary kolektorů.

Stacionární x nestacionární

Před samotným rozdělením je zde uvedeno členění dle pohyblivosti panelu na stacionární a nestacionární. Stacionární panely jsou nehybné a v průběhu dne nemění své natočení. Nestacionární panely pak své natočení mění, výhradně aby sledovaly Slunce pohybující se na obloze.

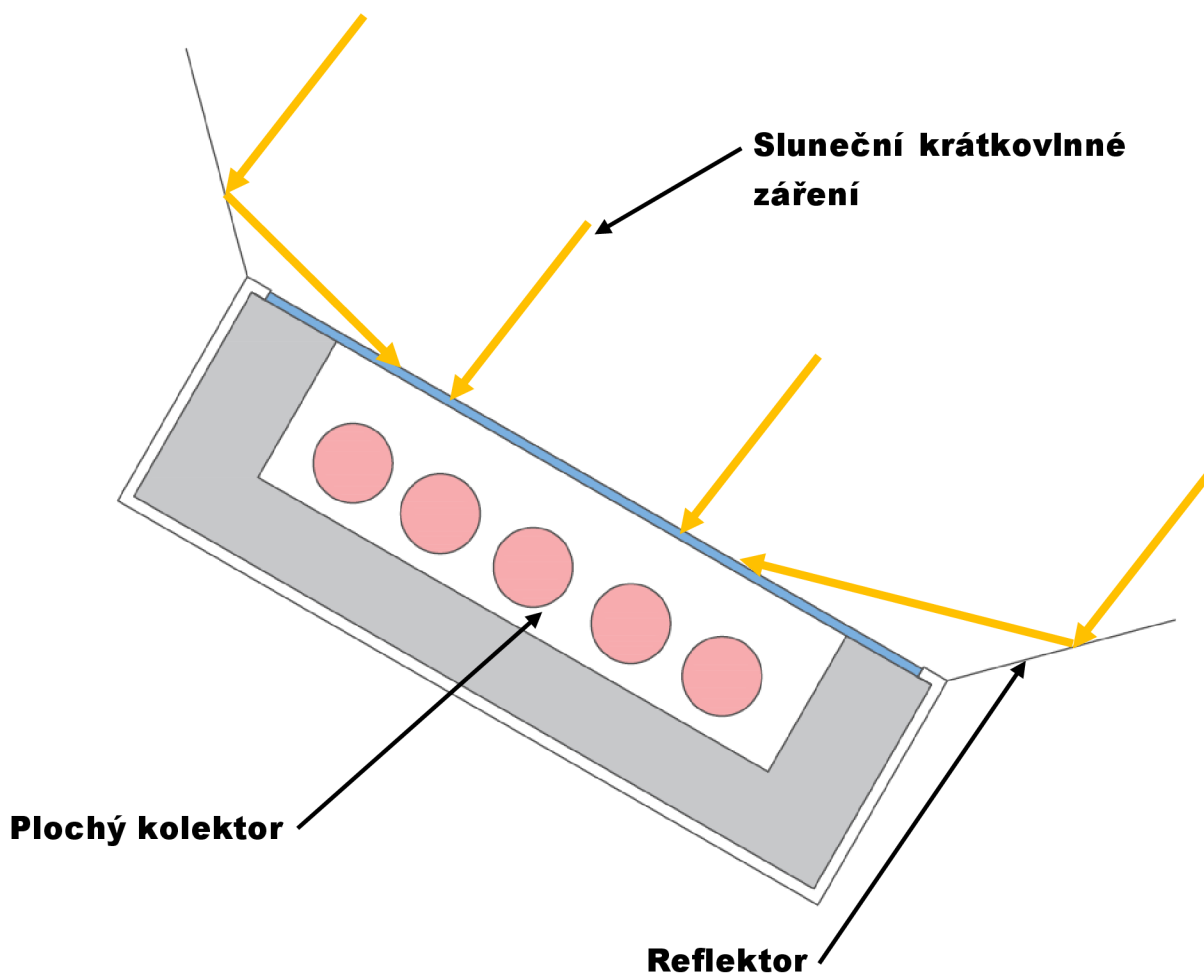
2.2.1. Ploché kolektory

Plochý solární panel, běžně obdélníkového tvaru, je svojí koncepcí vcelku prostý. Definice plochého kolektoru [12] říká: „... absorpční plocha (plochého kolektoru, pozn. autora) je stejně velká jako vrchní, průhledná, kterou prochází sluneční paprsky“.

Velmi jednoduchým provedením je například vhodně umístěný starý domácí radiátor natřený načerno. Pokud je přes tento panel zajištěna cirkulace vody, lze v kombinaci se zásobníkem TUV vytvořit jednoduchou zahradní sprchu, která v letních měsících dokáže snížit spotřebu energie na ohřev vody v domácnosti. Je-li požadováno, aby podobný systém (např. ohřev vody pro užití v domácnosti) pracoval efektivně i mimo horké letní dny, jsou na místě určitá vylepšení, zejména tepelná izolace systému a optimalizace jeho provedení.

Při použití této technologie v chladných ročních dnech má koncepce načerno natřeného radiátoru velkou nevýhodu: velké ztráty tepla radiací a konvekcí. Těmto nepříznivým jevům lze bránit vhodnou izolací panelu, například polystyrénem, skelnou vatou apod. Stranu panelu vystavenou slunečnímu záření je ale samozřejmě třeba pokrýt takovou izolací, která zároveň dovnitř propustí sluneční paprsky. Zde se z hlediska dostupnosti a ceny nabízí především sklo nebo průhledné plastové tabule. Vhodné je také pokrýt vnitřní stranu skla reflektivní vrstvou ([12] doporučuje tenkou kovovou fólii), která bude ještě snižovat průměrnou průteplivost skla v oblasti nízkoteplotní radiace. [11] Schéma plochého kolektoru ukazuje Obr. 4.

Poměrně prostým vylepšením a zároveň jakýmsi mezičlánkem mezi plochými a koncentrujícími kolektory je plochý kolektor s reflektory. Obr. 7 ukazuje schéma takového zařízení. Podstatou reflektoru není záření pohltit, ale co největší jeho část odrazit na plochu samotného kolektoru. Zdroj [5] hovoří o použití zrcadel nebo lesklých kovových ploch jako vhodných kandidátů na konstrukci reflektoru. Výhodou reflektorů je větší množství získané energie na menší rozměr samotné absorpční plochy. Protože ale tyto reflektory nedokáží dobře odrazit rozptýlené světlo, je jejich hlavní uplatnění v místech s malým výskytem mraků na obloze.

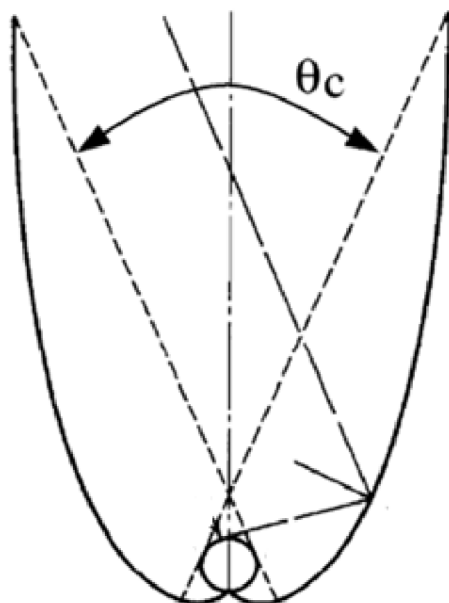


Obr. 7 – Plochý kolektor s reflektory. Náskres proveden dle [5]

2.2.2. Koncentrující kolektory

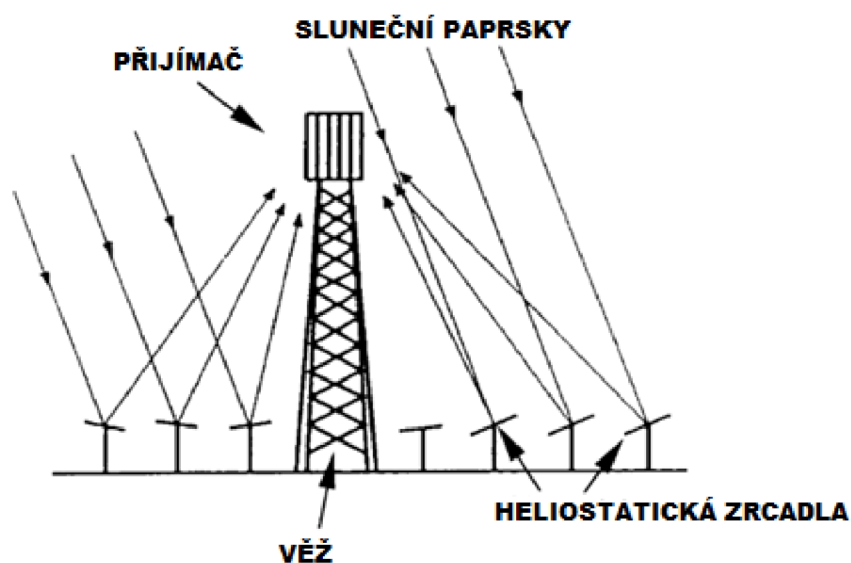
Pokud je požadováno využití systému pro vysokoteplotní účely s teplotou nad $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, je dle [12] nutné přistoupit k použití koncentrujících kolektorů. Jsou charakterizovány poměrem mezi příjmovou plochou kolektoru A_p a plochou absorpční plochy A_a , který je standardně v rozmezí $\frac{A_p}{A_a} = 1,5$ až 4 (u speciálních kolektorů $\frac{A_p}{A_a} = 20$ až 200 , kdy je ale nutné, aby kolektory byly nestacionární) s možností dosáhnout teplot okolo $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zdroj [5] hovoří o maximální potenciální teplotě při užití běžných provedení okolo $400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Obr. 8 ukazuje schéma kompozitového parabolického kolektoru dle [5], který díky svému výhodnému tvaru koncentruje sluneční paprsky do ohniska, ve kterém je umístěna absorpční plocha. Nevýhodou je jednak jejich složitá konstrukce, potřeba dodržení tzv. akceptačního úhlu (viz Obr. 8, parametr θ_c) a také fakt, že neumožňují získání energie z difúzního záření. Při užití pro ohřev zahradního skleníku je navíc velmi nežádoucí dosáhnout teplot nad bodem varu vody.



Obr. 8 – Schéma parabolického kompozitového kolektoru podle [5]

Naopak dosáhnout vysokých teplot je žádoucí u tzv. heliostatického pole. Jedná se o netradiční typ elektrárny, která využívá velkého množství dopadajícího záření (největší potenciál má v Saharské poušti) na veliké množství zrcadel. Tato zrcadla, jak ukazuje Obr. 9, odráží paprsky a koncentrují je na společný cíl: vrchol věže. Výhodou pak je vysoká koncentrace energie v jednom místě a poměrně vysoká účinnost přeměny této energie na elektřinu, bohužel je však při výrobě elektřiny potřeba velké množství vody, které není v oblasti saharské pouště nadbytek. Dle [5] lze také zařízení využít jako zásobárnu tepelné energie (na vrcholu věže je ohřívána speciální sůl s velkou tepelnou kapacitou).



Obr. 9 – Schéma heliostatického pole [5]

2.2.3. Vakuové kolektory

Tento speciální druh kolektorů založený na kombinaci dobrých vlastností vakua (tepelná izolace minimalizující ztráty konvekcí a minimální kondenzace vzdušné vlhkosti urychlující korozi zařízení) s plochými nebo koncentrujícími kolektory. Při využití plochých vakuových kolektorů se dosahuje dobré účinnosti i při neideálních světelných podmínkách. Výhodné je jejich umístění na střechu domu za účelem přehřevu/ohřevu vody pro potřeby domácnosti. Téměř po celý rok tak v domě vybaveném tímto systémem není třeba jiného způsobu ohřevu vody např. na sprchování. Pouze v zimních měsících není ohřev dostatečný, stále je však uspořena část energie, která by se jinak spotřebovala. Obr. 10 ukazuje detail provedení solární trubice Thermomax a Varisol [21].



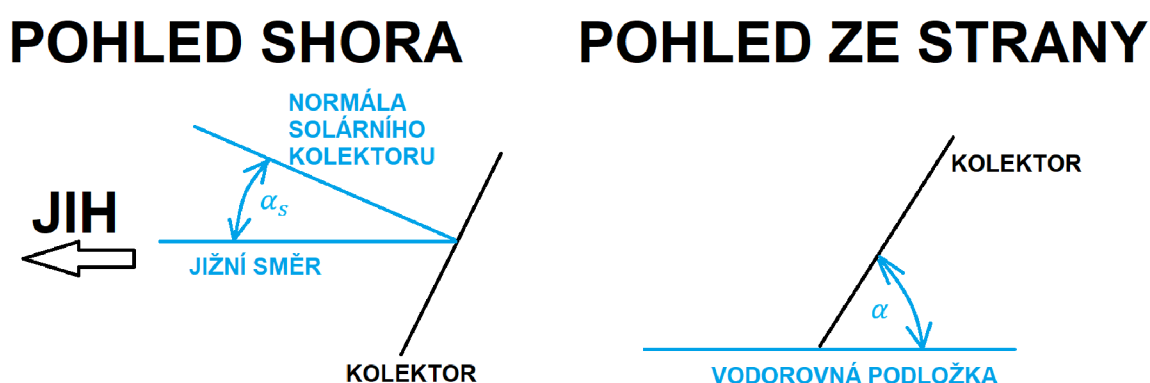
Obr. 10 – Vakuové trubicové kolektory Thermomax a Varisol [21].

2.3. Úhel natočení solárního kolektoru

Cílem orientace kolektoru je ztotožnění normály plochy kolektoru se směrem dopadajících paprsků slunce. V případě nestacionárních kolektorů lze tohoto cíle dosáhnout téměř po celou dobu slunečního svitu, u stacionárních kolektorů musíme přistoupit k určitému kompromisu mezi jednoduchostí a účinností. Dále bude tedy tato kapitola zaměřena primárně na natočení stacionárních kolektorů.

V praxi lze v průběhu roku měnit natočení stacionárních kolektorů v závislosti na ročním období. Tím si zachovají svoji jednoduchost a zvýší se jejich účinnost.

Úhlem natočení se běžně rozumí dva úhly, každý z nich popisující jinou rovinu natočení. Jsou to úhly natočení α a azimutový úhel α_s . Na Obr. 11 jsou α a α_s názorně ilustrovány. [12]

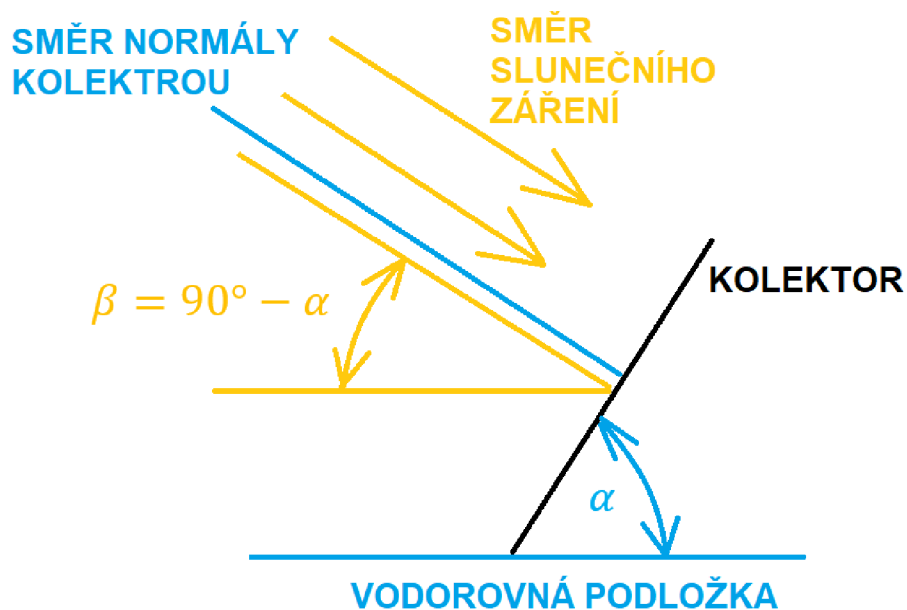


Obr. 11 – azimutový úhel α_s (vlevo) a úhel natočení α (vpravo)

Úhel natočení kolektoru α

Úhel natočení kolektoru α [°] označuje natočení plochy kolektoru relativně k vodorovné podložce, který v ideálním případě představuje doplněk do 90 ° od směru dopadajícího slunečního záření β [°] (myšleno vždy k dokonalému horizontu, tj. bez převýšení, zástavby atd.), kdy se směr záření ztotožní se směrem normály (ilustrace na Obr. 12). Platí tedy:

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

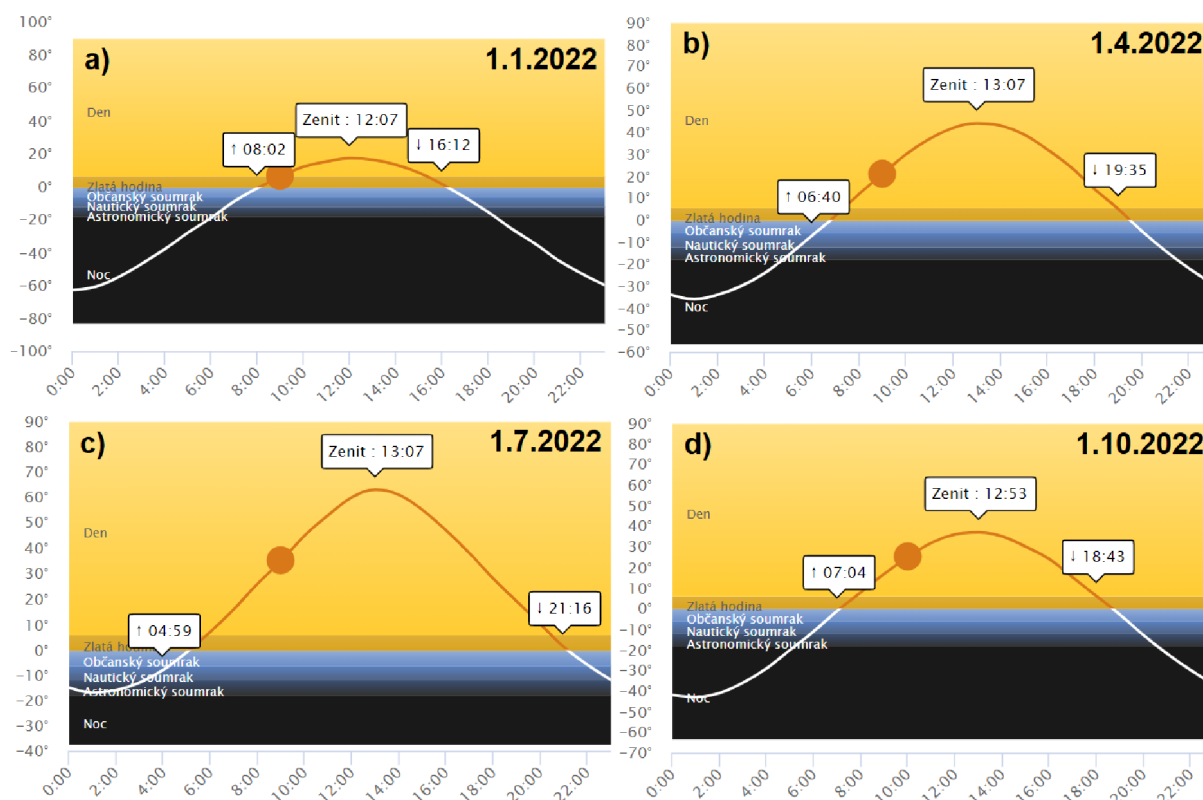


Obr. 12 – Ideální případ, kdy paprsky dopadají kolmo na kolektor ve směru normály.

Pokud by tedy slunce bylo celý den např. 60° nad obzorem, bylo by optimální nastavit $\alpha = 30^\circ$. V reálných podmínkách ale Slunce samozřejmě nestojí na obloze celý den na jednom místě, ale plynule přejde od východu, přes zenit (čas, při kterém je Slunce v daný den nejvýše na obloze ($\beta = \max$)) až po západ. Délka astronomického dne (doba od východu po západ slunce) a zenitový úhel (β v čase zenitu) se navíc samozřejmě mění v závislosti na roční době a zeměpisné poloze. [11] [12]

Uvažujeme-li stacionární řešení, volí se optimální úhel v závislosti na uvažované roční době použití. Pro naši zeměpisnou šířku je dle zdrojů [12] a [14] v létě vhodné volit $\alpha = 30^\circ$ až 45° , v zimě pak $\alpha = 60^\circ$ až 90° .

Na Obr. 13 je grafické znázornění úhlu β v průběhu reprezentativních dnů v roce.

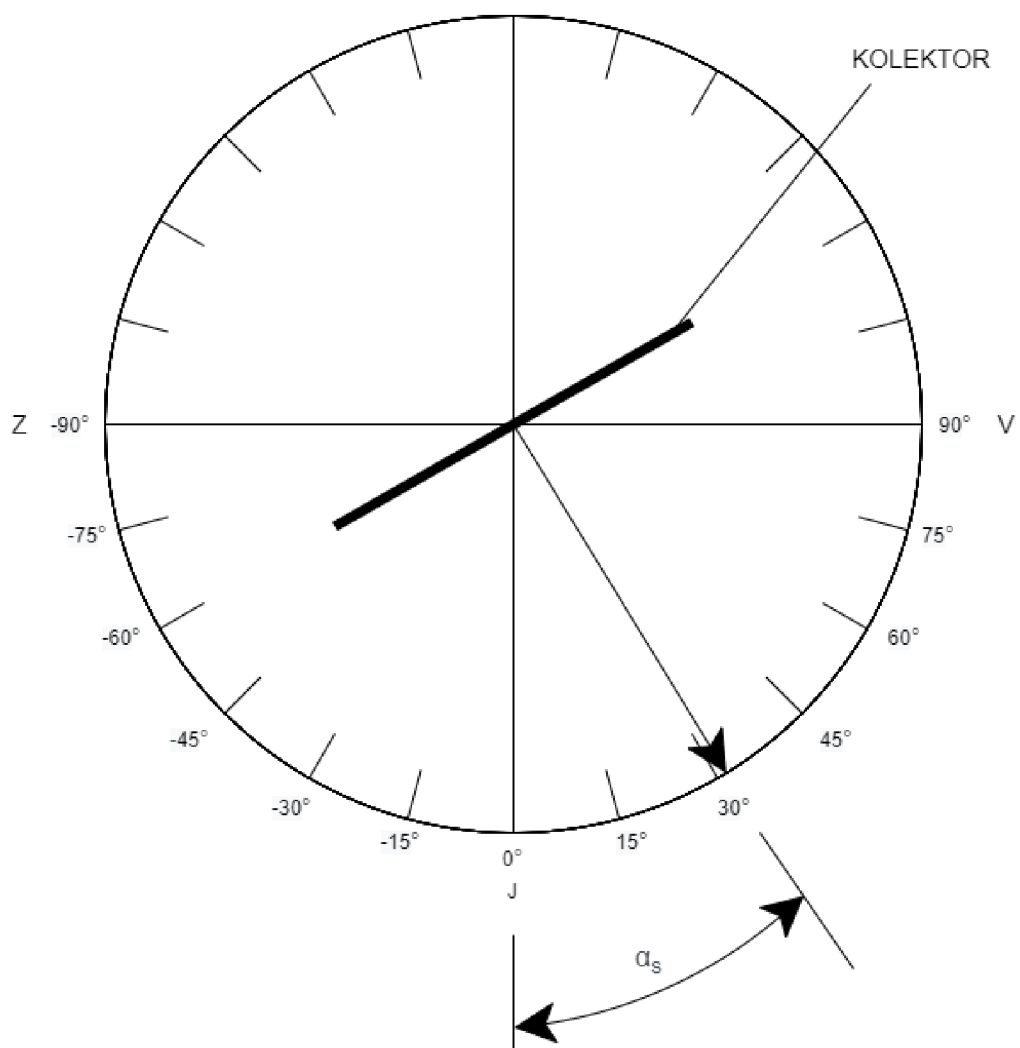


Obr. 13 – poloha slunce na obloze a) 1.1.2022, b) 1.4.2022, c) 1.7.2022, d) 1.10.2022 [13]

Azimutový úhel α_s

Azimut vyjadřuje odchylku od severního nebo jižního směru ve vodorovné rovině. Pro účely solárních systémů (na severní polokouli) je praktické stanovit $\alpha_s \equiv 0^\circ$ pro jižní směr (viz. Obr. 14).

Pro stacionární panel je z hlediska maximální účinnosti nejlepší volit $\alpha_s = 0^\circ$, avšak s přihlédnutím na praktické provedení je přípustné bez velkých ztrát účinnosti volit úhel $\alpha_s = \pm 45^\circ$. Pokud z konstrukčního hlediska lze volit mezi jihozápadním nebo jihovýchodním směrem natočení, je lepší volit jihozápadní natočení. V odpoledních hodinách z pravidla bývá větší teplota okolního vzduchu, která kladně působí na účinnost solárního systému. [12]



Obr. 14 Azimutový úhel α_S vztážený k nulové hodnotě v jižním směru. Překresleno z [12].

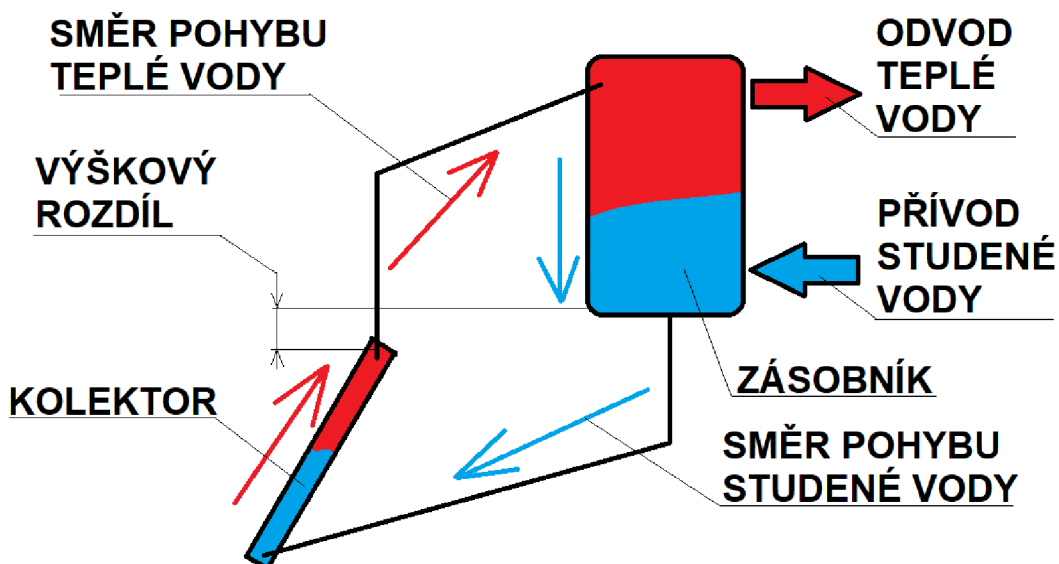
2.4. Cirkulace pracovní látky

Hlavním účelem tepelné energie, která se přeměnila z dopadajícího záření na solární panel, je její přenos na teplotonosnou látku (voda, voda s nemrznoucí kapalinou, olej, vzduch; pracovní látkou se zabývá podkapitola 2.5), která tuto energii nese na místo určení. K tomu je tedy nutná cirkulace nebo česky oběh pracovní látky.

2.4.1. Pasivní oběh – termosifon

Využití efektu termosifonu (oběh pracovní látky přirozenou konvekcí) je velice výhodné, má ale určitá omezení. Jak ukazuje Obr. 15, voda v kolektoru se díky dopadajícím slunečním paprskům ohřívá a tím se zmenšuje její hustota a stoupá nahoru do zásobníku. Tato voda je v kolektoru nahrazena studenější vodou, která je tlačena ze zásobníku. Zdroj [5] uvádí, že tento systém funguje na velmi malých rozdílech v hustotě, proto je k jeho správné funkci nutné použití trubek s větší než obvyklou světlostí. Dalším problémem je tvorba vzduchových bublin v systému, které by termosifonový efekt zastavily. Jejich tvorbu lze minimalizovat vhodným sklonem potrubí spojujících kolektor a zásobník, ale ve většině případů je nutné užití např. expanzních ventilů apod.

Nejen v noci může nastat situace, kdy je vnější vzduch studenější než provozní kapalina a směr oběhu by se otočil a začal systém ještě více ochlazovat. Tomuto jevu lze zamezit výškovým rozdílem mezi spodní hranou zásobníku a vrchní hranou kolektoru, který by měl být dle osobních zkušeností alespoň 50 cm (zdroj [5] píše o minimálním výškovém rozdílu 30 cm). Pokud je to konstrukčně možné, lze i samotný zásobník použít jako kolektor teplé vody. V literatuře pak bývá označován jako *integrováný zásobník*. Tento způsob je však nepraktický u větších systémů, kde je mnohem důležitější kvalitní izolace zásobníku.



Obr. 15 – Schéma fungování termosifonu

Mezi hlavní nevýhody termosifonu patří nutnost umístění zásobníku teplé vody nad kolektor – zařízení pak bývá poměrně vysoké, esteticky neatraktivní a nelze ho z konstrukčního hlediska vždy použít. [5]

2.4.2. Nucený oběh – užití čerpadla

Nucený (také aktivní) systém nachází uplatnění hlavně tam, kde by bylo užití termosifonu nepraktické, a u větších systémů, kde jsou ztráty tlaku v potrubí velké. Hlavním prvkem tohoto řešení je čerpadlo, které zajišťuje tlak a cirkulaci pracovní látky. Zařízení tak může být složitější než u pasivního oběhu. [5]

I když jsou moderní čerpadla výkonná, spolehlivá a levná, potřebují elektrickou energii k provozu, což je jejich velká nevýhoda v jejich užití pro ohřev zahradního skleníku. Řešením může být malý solární panel speciálně určený na pohon tohoto čerpadla, ale zvyšuje to do jisté míry komplexnost systému, i když v případě vyšší automatizace skleníku (například systém navržený Lucií Vymětalíkovou v její práci [15]) by celý systém mohl být poháněn solárním panelem, včetně čerpadla.

2.5. Pracovní teplotní látka

Dle [12] „... má pracovní teplotní látka splňovat tyto vlastnosti:

- dostatečný rozsah teplot v kapalně fázi
- velká tepelná kapacita a tepelná vodivost
- malá viskozita
- chemická stálost a neškodnost
- přiměřená cena“

Jasným kandidátem je tedy **voda**, která je (postupem v seznamu odzadu) velmi levná, dostupná a chemicky stálá (i když pokud je v místě užití přirozeně tvrdá voda, může být systém zanášen vodním kamenem). Má malou viskozitu a jednu z nejvyšších tepelných kapacit z běžných látek ($c_w \doteq 4180 \text{ J}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$). Hlavní nevýhodou vody je ale sklon ke koroznímu chování a body tuhnutí a varu.

Dle [12] tyto problémy řeší přidání netoxické nemrznoucí směsi, která snižuje bod tuhnutí a zároveň zvyšuje bod varu. Obsahuje také inhibitory, které zabraňují elektrolytické korozi.

Další možností je užití **oleje** nebo **vzduchu**. Největší výhodou olejů je vyšší odolnost proti zamrznutí, ale práce s nimi je náročnější než s vodou. V případě úniku oleje také hrozí kontaminace půdy, která je samozřejmě nežádoucí.

Zdroj [5] uvádí jako velkou výhodu užití vzduchu fakt, že vzduch (zatím, ke květnu 2022) nic nestojí a nemusí se chránit před zamrznutím a přehřátím. Dále také uvádí výhodu nekorozního chování, ale při kondenzaci vzdušné vlhkosti to úplně neplatí. Nevýhodou je poměrně velké zařízení a obtížnější zjišťování případných úniků vzduchu, stejně jako větší sklon k parazitickým ztrátám tepla.

2.6. Nutné komponenty zajišťující správný chod zařízení

V této kapitole jsou krátce představeny části solárních systémů nezbytných pro správný a bezpečný chod.

2.6.1. Akumulace tepla – zásobníky TUV

K vyrovnání nerovnoměrného přísunu tepla do systému v průběhu dne se využívá akumulace tepla v zásobnících TUV, z nichž je dle potřeby teplá voda dále distribuována. Zásobníky jsou primárně nerezové nebo smaltované nádoby válcovitého tvaru. Jejich součástí je i izolace (krom integrovaných zásobníků) a většinou i elektrické topné těleso (elektrická vložka), které chrání systém před zamrznutím a plní funkci sekundárního ohřevu tam, kde solární ohřev není dostačující.

Zdroj [12] uvádí jako hlavní kritérium rozdělení zásobníků jejich způsob provozování.

Monovalentní zásobníky

Jsou určeny výhradně pro sezónní provoz, kdy je voda (většinou užívaná teplotonosná látka) dopravována čerpadlem z kolektorů přímo do zásobníku. Tato voda je vedena přímo na odběrová místa. Takovýto systém se nazývá *přímý ohřev vody* a lze ho využít například pro zahradní sprchu.

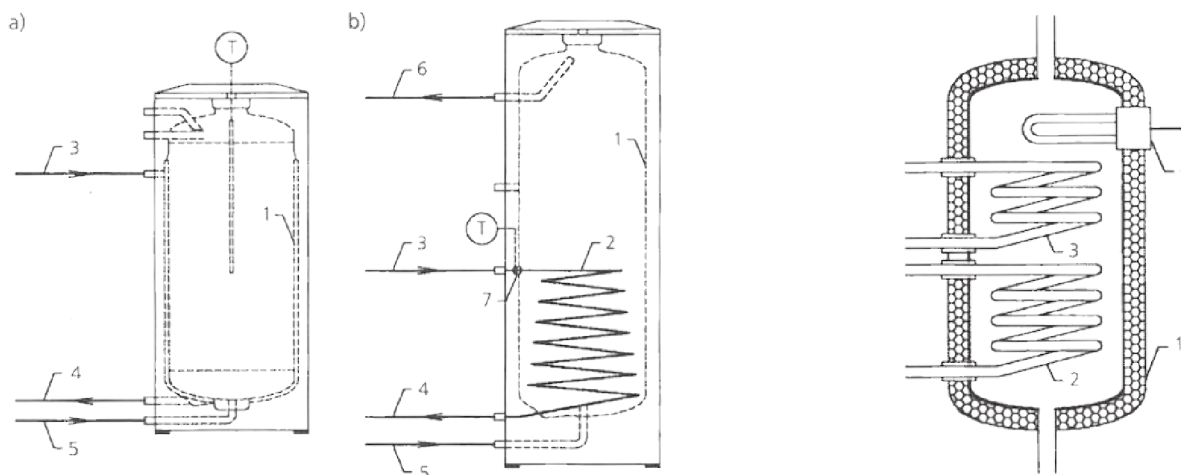
Pokud je okruh kolektorů oddělený od vody, která je dále distribuována do odběrných míst, jedná se o *nepřímý ohřev vody* a v zásobníku je tak teplo směňováno výměníkem tepla.

Obr. 16 schematicky ukazuje řezy obou těchto druhů.

Bivalentní zásobníky

Jsou určeny pro celoroční provoz, *bivalentní zásobníky* disponují krom solárního okruhu elektrickou vložkou nebo připojením na kotel v případě nedostatečné teploty v místě odběru. Tyto okruhy jsou také většinou navzájem odděleny výměníky tepla.

Zásobníky jsou také pro případ malého nebo žádného slunečního svitu objemově dimenzovány na až tří denní provozu schopnost (bez potřeby výrazného sekundárního ohřevu). Dle [12] se běžně vyrábí s objemem 250 až 1200 litrů pro zařízení s odběrem až 5000 litrů denně. Tyto zásobníky lze zapojit do paralelního či sériovo-paralelního uspořádání, čímž je zvýšen jejich celkový objem. Obr. 16 vpravo ukazuje schéma řezu bivalentním zásobníkem.



Obr. 16 – Vlevo: Schéma monovalentního přímého (vlevo a)), monovalentního nepřímého (vlevo b)). 1 – zásobník, 2 – výměník tepla, 3 – přívod teplé vody z kolektorů, 5 – přívod studené vody, 6 – rozvod teplé vody k spotřebiteli

Vpravo: Schéma bivalentního zásobníku. 1 – tepelně izolovaný plášť zásobníku, 2 – výměník tepla slunečního okruhu, výměník tepla topícího okruhu, 4 – elektrická ohřevná vložka. [12]

2.6.2. Armatury

Systém trubek a zařízení spojující dílčí prvky solárního systému by měl splňovat určitá kritéria, a to především pevnost a odolnost vůči venkovním vlivům (vítr, déšť, mráz, UV záření atd.). Dobrou volbou (i z pohledu předcházení elektrolytické korozi) jsou trubky ze stejného materiálu, jako je i zbytek systému – tedy nejčastěji ocelové či měděné. Materiál potrubí by také měl být odolný vůči korozi a vysokým teplotám.

Ve venkovním prostředí je nezbytná dobrá tepelná izolace, která zároveň slouží i jako ochrana proti mechanickému poškození nebo působení UV záření [12].

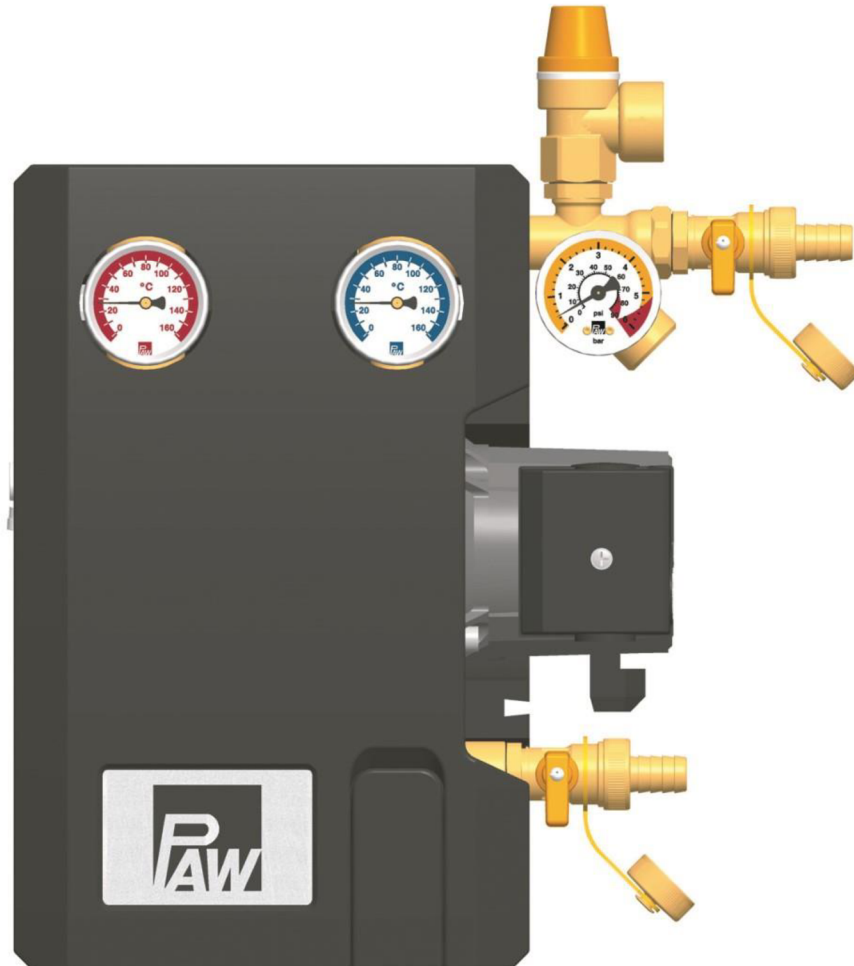
Zdroj [12] také uvádí, že pro správnou funkci systému jsou kromě čerpadel užívány dvojcestné či trojcestné mísící či dělící armatury, tlakoměry, teploměry, průtokoměry a případně další pomocná zařízení (odvzdušňovací ventil atd.). Dnes již výrobci dodávají tzv. *Solární instalační jednotky*, které všechny tyto měřicí přístroje výhodně shromažďují na jedno místo a práce se systémem je tak jednodušší. Na Obr. 17 je regulační jednotka od společnosti IVAR.

2.6.3. Pojistné a bezpečnostní prvky

V rámci *solární instalační jednotky* jsou někdy výrobcem dodány také zařízení sloužící jako bezpečnostní prvky zařízení. Voda v závislosti na teplotě mění svůj objem, proto je zde tedy nutnost expanzních nádob. Zdroj [12] uvádí jako řešení u monovalentních systémů otevřenou expanzní nádobu v nejvyšším bodě oběhového okruhu, zatímco u uzavřených systémů se jedná o tlakové expanzní nádoby (disponující vlastním zdrojem tlaku). Prostor expanzní nádoby naplněný vodou je od plynné části oddělen vakem či membránou. Tlak plynu a objem nádoby jsou voleny dle konkrétního

systemu. Pro případ, kdy by se v systému zastavil oběh vody, se musí počítat s možností tvorby páry v kolektoru a adekvátně tedy expanzní nádobu navrhnout.

Soustava by také měla obsahovat pojistný ventil, který by upustil kapalinu v případě překročení kritické meze tlaku v systému ([12] uvádí otevírací tlak takových ventilů 600 kPa).



Obr. 17 – Solární jednotka IVAR SOLAR. [0]

3. Výběr systému pro konkrétní případ ohřevu zahradního skleníku v chladných měsících roku

Pokud je požadováno ve skleníku v průběhu roku vypěstovat co největší množství rostlin a plodů, jako jsou např. rajčata nebo papriky, je klíčové ve skleníku držet stálou teplotu [19]. Tuto podmínku lze v chladných částech roku splnit u velkokapacitních průmyslových skleníků, u zahradního skleníku to bez vnějšího zdroje tepla není dosažitelné. Zde je spíše vhodné snažit se o plynulé přechody teplot, které může zajistit vhodný systém ohřevu.

Pro účely práce bude v této kapitole proveden výběr vhodných systémů pro ohřev zahradního skleníku v chladných měsících roku. Hlavní požadavky na tento systém jsou:

- Nízká pořizovací cena vstupních materiálů a zařízení
- Jednoduchost systému
- Bezúdržbovost
- Odolnost vůči vlivům počasí a výkyvům teplot

V celkovém záběru by bylo dobré dosáhnout následujících cílů:

- Nejlépe žádné dodávání externí energie za provozu skleníku
- Co nejmenší narušení estetiky skleníku a jeho okolí v zahradě
- Možnost využití teplé vody v letních měsících pro jiné účely (např. omývání rukou nebo sprchování)

Některé ze zvolených systémů uvedené v této kapitole nejsou klíčové pro výpočet v 4. kapitole, ale spíše jako předloha pro případnou praktickou realizaci v navazující práci.

Izolovaný plochý kolektor

Volba plochého kolektoru pro ohřev zahradního skleníku je zřejmá. Jak už bylo popsáno v 2. kapitole, ploché kolektory jsou jednoduchým, dostupným a v literatuře dobře popsaným systémem, který lze navrhnout výpočtem (výpočtu se věnuje 4. kapitola). Nabízí také relativně kompaktní a prakticky vcelku proveditelné řešení, se kterým má autor práce základní praktické zkušenosti.

Pro tepelnou a radiální izolaci je uvažován polystyren (dobré vlastnosti a výborná dostupnost) a sklo, které disponuje ideální kombinací propustnosti krátkovlnného a odrazivosti dlouhovlnného záření s dostupností a cenou. Pokud by byla problémem náchylnost skla k rozbití, lze při konstrukci volit i např. sklolamináty.

Úhel natočení kolektoru

Protože je požadována nejvyšší možná účinnost na jaře a na podzim, je jednoznačně výhodné zvolit v našich zeměpisných podmínkách úhel natočení kolektoru $\alpha = 60^\circ$. Azimutový úhel je nejlepší uvažovat jako $\alpha_s = 0^\circ$, tedy přímo na Jih.

Pracovní látka, akumulátor tepla a armatury

Nejpraktičtější pracovní látkou se zdá být voda s přidanou nemrznoucí směsí. Monovalentní zásobník, který by měl být umístěn uvnitř skleníku, je pro toto užití výhodný, hlavně pro svoji relativní jednoduchost a dostupnost. V systému by určitě měli být obsaženy pojistné a ochranné prvky, jako je například expanzní ventil.

3.1. Vzájemné umístění skleníku, kolektoru a zásobníku TUV – lokalita Dlouhá Třebová – skleník ve svahu



Obr. 18 – Pohled na jihovýchodní hranu skleníku v Dlouhé Třebové

Pro praktické provedení je klíčové dobře navrhnout umístění kolektoru a zásobníku TUV vůči skleníku. Je určitě nežádoucí, aby aparatura v průběhu dne významně stínila rostlinám ve skleníku. Dalším faktorem při návrhu rozložení prvků systému je jeho kompaktnost a technická proveditelnost, stejně tak i otázka oběhu pracovní látky (využití termosifonu, nebo čerpadla).

Ve všech případech lze jako pozitivní efekt zásobníku považovat jeho dvojitou funkci jako integrovaného zásobníku TUV (předpokládáno natření zásobníku na černo).

3.1.1. Uspořádání využívající princip termosifonu

Jak již bylo ukázáno v podkapitole 2.4.1, pro správnou funkci pasivního oběhu pracovní látky, tedy využití efektu termosifonu, je třeba umístit zásobník teplotně

látky nad tepelný kolektor. Na Obr. 19 až Obr. 22 jsou na jednoduchých modelech ukázána možná řešení rozložení (jistě se nejedná o všechna řešení).

Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na jižní straně

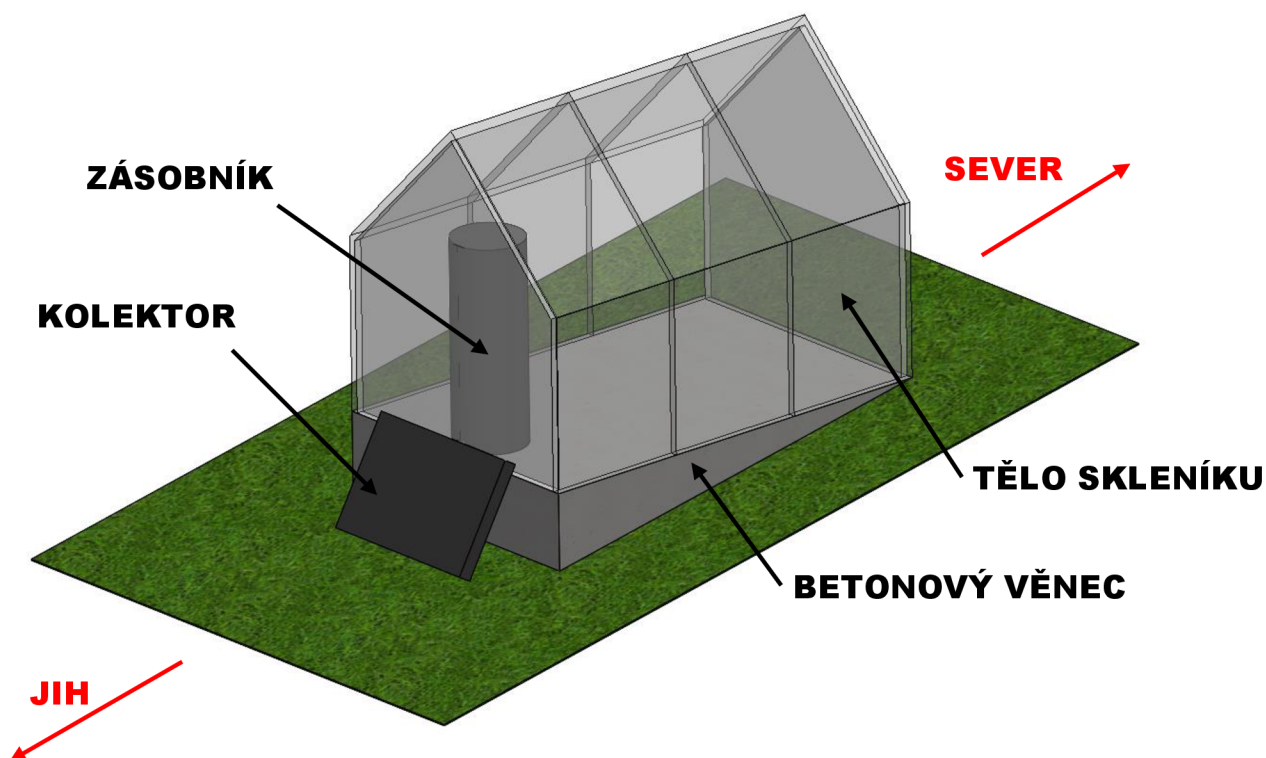
Skleník od společnosti *LIMES Litomyšl s.r.o.* uvažovaný v práci (Obr. 18) se nachází na mírném jižním svahu a stojí tak na betonovém podstavném věnci. K jižní straně věnce je tedy možné postavit sluneční panel, který bude zároveň umístěn relativně nízko (výhodné pro pasivní oběh). Na jižní stranu uvnitř skleníku lze poté umístit zásobník TUV (viz. Obr. 19). V závislosti na rozměrech panelu a jeho umístění je možnost umístit samotný zásobník na podložku, kterou se získá potřebný výškový rozdíl pro řádnou funkci pasivního oběhu diskutovaného v podkapitole 2.4.1.

Výhody:

- + Malá vzdálenost mezi kolektorem a zásobníkem (a tedy malá spotřeba trubek a menší ztráty v nich)
- + Relativně jednoduchý způsob konstrukce uložení zásobníku
- + Dobrý přístup ke kolektoru i zásobníku pro účely údržby a kontroly

Nevýhody:

- Zásobník v tomto místě bude bránit světlu, které by jinak dopadlo na rostliny
- Zásobník zabírá jinak využitelnou půdu ve skleníku



Obr. 19 – Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku

Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

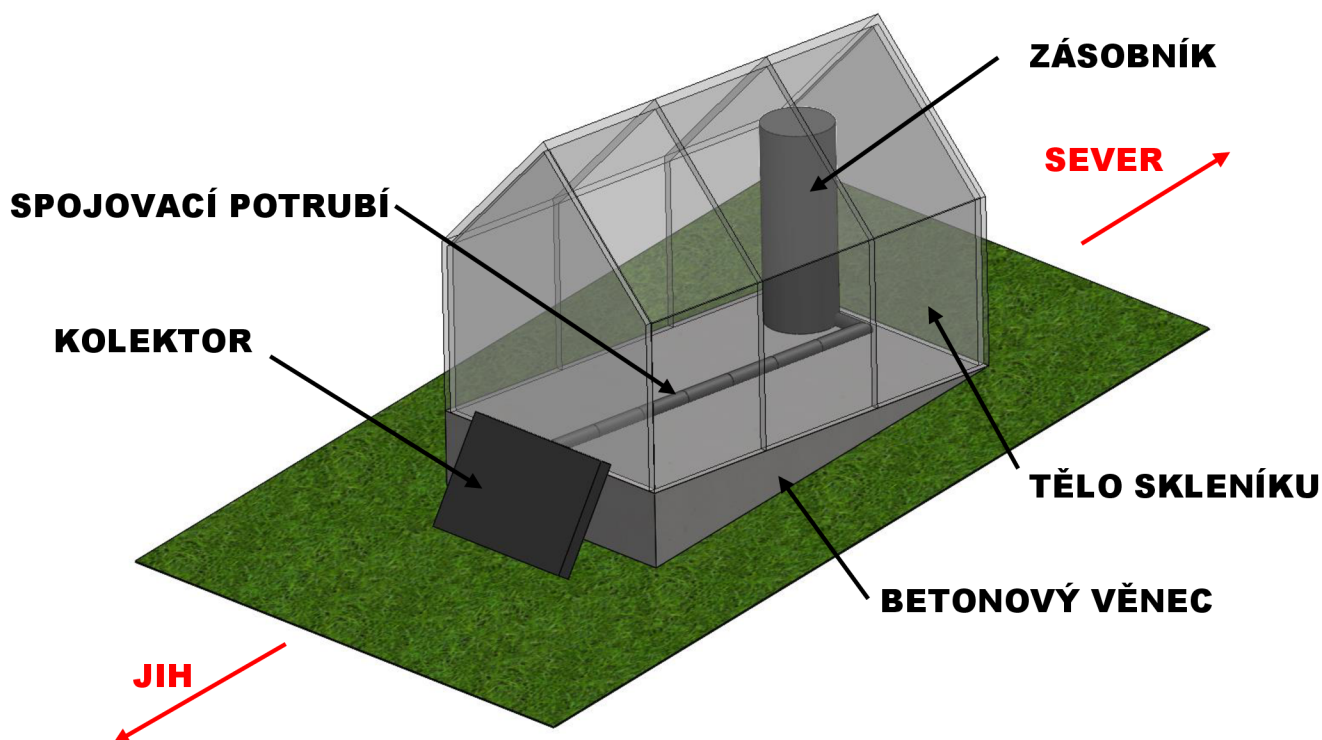
Tato varianta (viz. Obr. 20) eliminuje problém stínění rostlinám, i když prodlužuje nutnou vzdálenost pro spojovací trubky. Toto ale nemusí být nutně velkou nevýhodou, jejich vzájemné umístění na opačných stranách skleníku nabízí možnost vedení trubek z kolektoru do zásobníku (a zpět) přes zeminu ve skleníku. Voda putující do zásobníku by takto ohřívala zeminu, což je, hlavně kvůli předcházení zamrznutí půdy, žádoucí efekt. Zemina dále slouží jako akumulátor tepla, tepelná izolace a ochrana proti mechanickému poškození trubek.

Výhody:

- + Relativně jednoduchý způsob konstrukce uložení zásobníku
- + Možnost výhodného způsobu vedení systému trubek skrz zeminu ve skleníku
- + Menší potřeba izolace trubek
- + Dobrý přístup ke kolektoru i zásobníku pro účely údržby a kontroly

Nevýhody:

- Zásobník zabírá jinak využitelnou půdu ve skleníku
- Zásobník je na severní straně, kde se nachází vchod



Obr. 20 – Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným ve spodní části skleníku na severní straně

Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

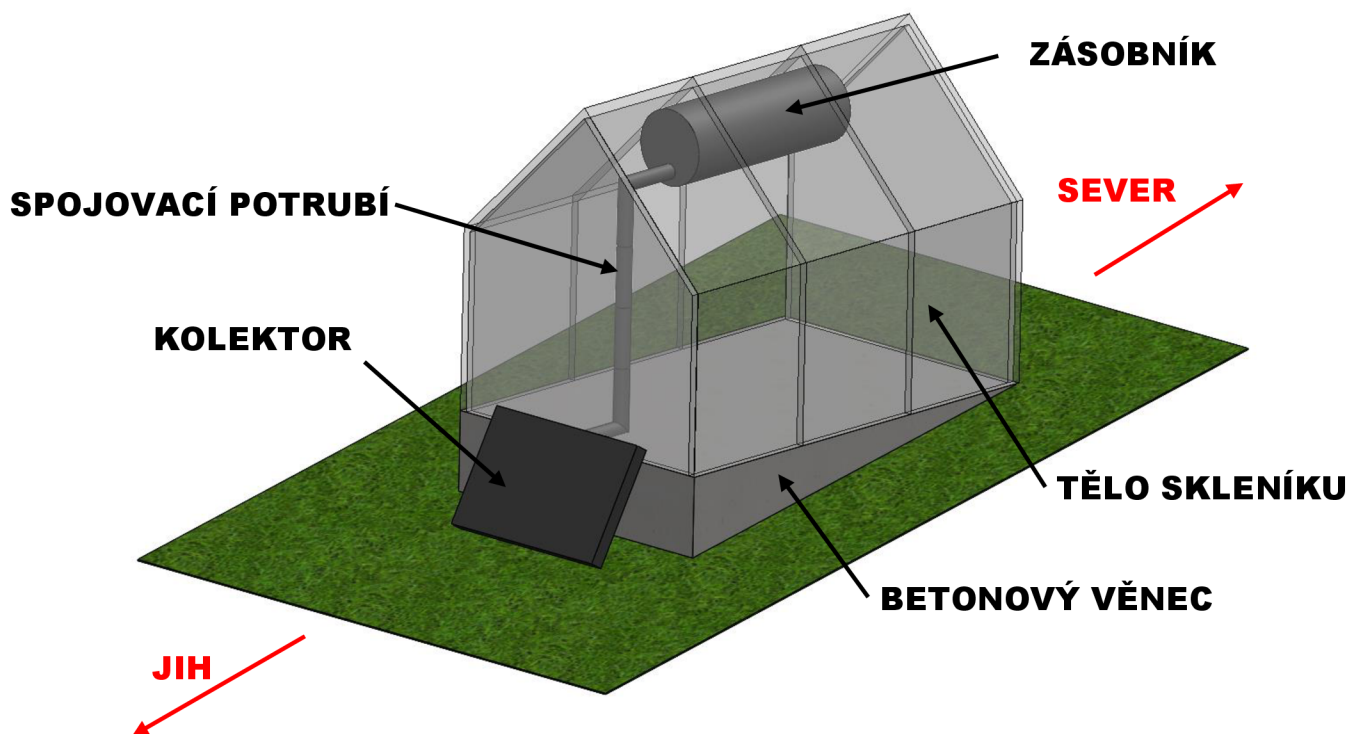
Pokud je požadavek na co nejmenší omezení použitelného prostoru skleníku, lze přistoupit k umístění zásobníku do štítu, jak ukazuje Obr. 21. Z technologického hlediska je toto řešení ale výrazně složitější a konstrukce skleníku by musela být schopna unést celou váhu zásobníku, na což skleník jistě nebyl navrhován. Pro skleník uvažovaný v této práci je toto řešení spíše nevhodné, pro skleník navrhovaný se záměrem instalace a využití podobného systému by ale stálo za zvážení.

Výhody:

- + Velmi málo užitného prostoru ve skleníku zabráno systémem
- + Možnost vyššího umístění kolektoru se zachováním výškového rozdílu pro termosifon

Nevýhody:

- Složitá konstrukce pro umístění zásobníku
- Horší přístup k zásobníku pro účely údržby a kontroly



Obr. 21 – Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem u podstavy skleníku a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

Pokud by nebylo možné (například kvůli zastínění panelu okolními budovami) umístit kolektor před skleník, je zde možnost jeho přesunutí na jednu ze stran, jak ukazuje Obr. 22. Tím by přibyla možnost užití většího kolektoru (před skleníkem by už stínil) nebo více zapojených kolektorů. Zároveň by ale vzrostlo množství potřebných spojovacích trubek (navíc je třeba trubky mimo skleník řádně tepelně izolovat, dokud nejsou uvnitř skleníku).

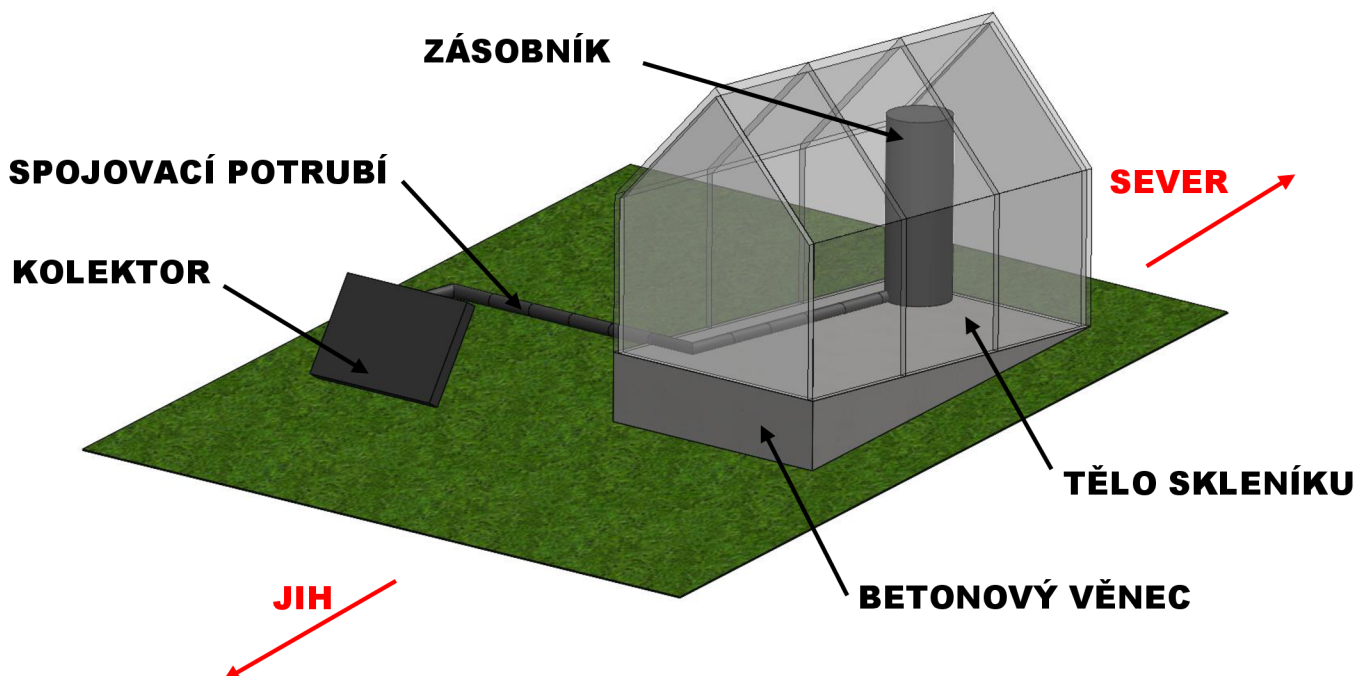
Zásobník TUV je uvažován v dolní části skleníku v severní části, a to hlavně kvůli výhodnosti této konfigurace. Ostatní kombinace jsou samozřejmě možné.

Výhody:

- + Relativně jednoduchý způsob konstrukce uložení zásobníku
- + Možnost výhodného způsobu vedení systému trubek skrz zeminu ve skleníku
- + Dobrý přístup ke kolektoru i zásobníku pro účely údržby a kontroly
- + Možnost většího rozměru kolektoru bez zastínění rostlin ve skleníku

Nevýhody:

- Zásobník zabírá místo půdě ve skleníku
- Zásobník je na severní straně, kde se nachází vchod
- Relativně velká potřeba izolace trubek



Obr. 22 – Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku

3.1.2. Uspořádání využívající čerpadla

Velkou nevýhodou pasivních systémů na principu termosifonu je nutnost umístění zásobníku nad kolektor. Použitím čerpadla tato podmínka odpadá. Systém se sice stává závislým na přísunu energie pro čerpadlo, ale nabízí se několik výhodných umístění.

Rozložení pro aktivní oběh se slunečním panelem nad skleníkem a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

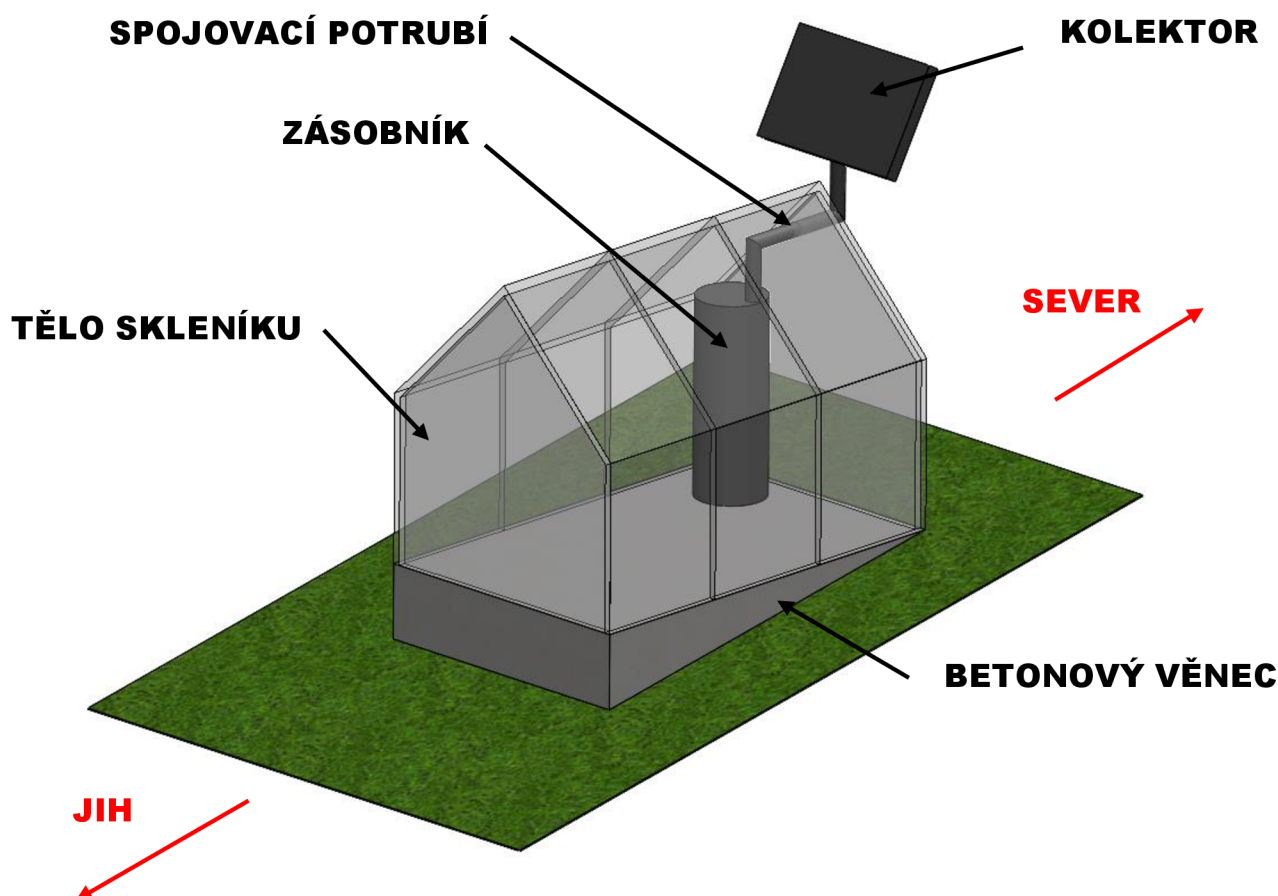
Pokud není možné umístit kolektor pod skleník nebo velne něj, nabízí se umístit ho nad štít skleníku, jako na Obr. 23. Takto by nezabíral místo u skleníku, na druhou stranu by musela být vyřešena otázka podpěrné konstrukce.

Výhody:

- + Relativně jednoduchý způsob konstrukce uložení zásobníku
- + Dobrý přístup k zásobníku pro účely údržby a kontroly

Nevýhody:

- Zásobník zabírá místo půdě ve skleníku
- Složitá konstrukce uložení kolektoru
- Zásobník je na severní straně, kde se nachází vchod



Obr. 23 – Rozložení pro aktivní oběh se slunečním panelem nad skleníkem a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

Rozložení pro aktivní oběh se slunečním panelem nad skleníkem a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

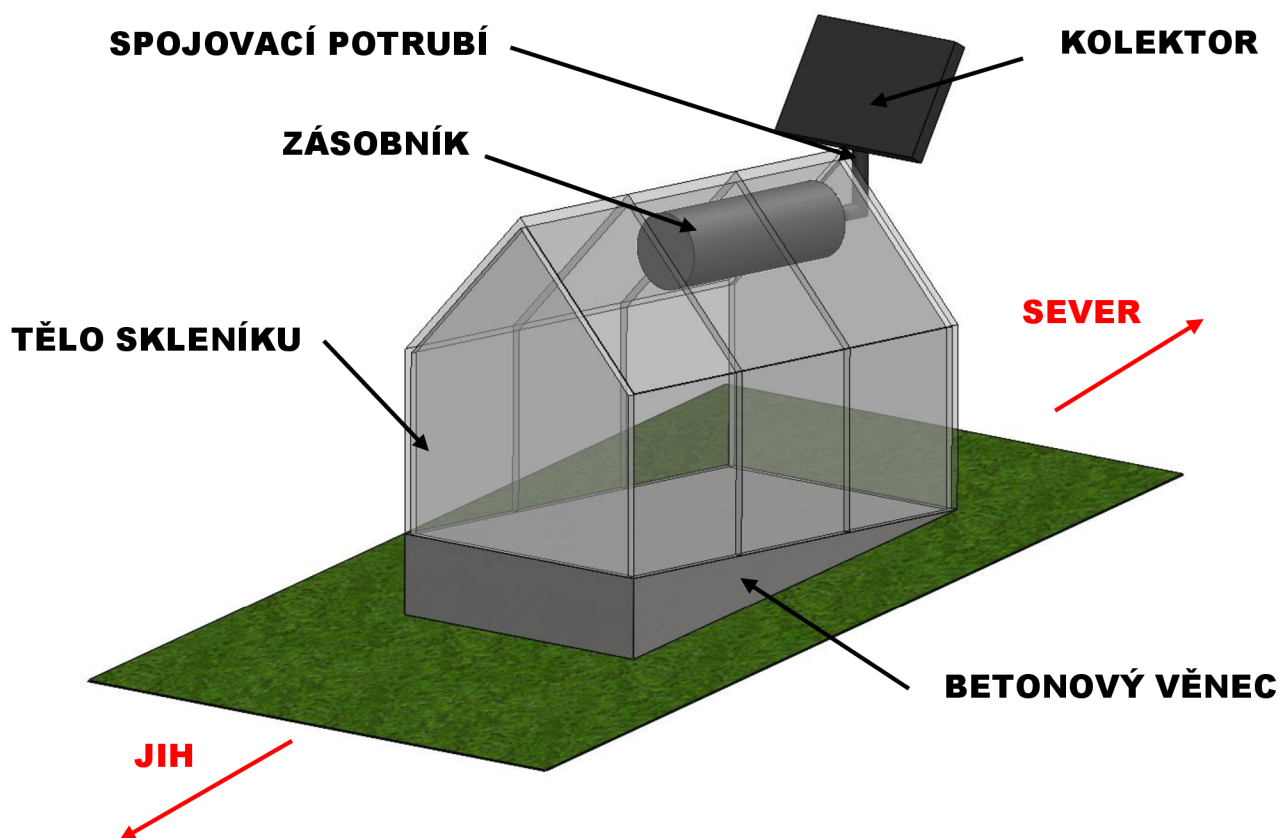
Když je navíc požadavek na co nejmenší omezení použitelného prostoru skleníku, lze přistoupit k umístění kolektoru do štítu ukázaného na Obr. 24. Tato konfigurace je náročná na podpůrnou konstrukci, ale pro jisté podmínky by mohla být užitá. Toto rozložení lze stejně použít i na ploché zahradě, tedy v lokalitě Rybník, o které dále hovoří podkapitola 3.2.

Výhody:

- + Minimální omezení užitého prostoru skleníku

Nevýhody:

- Složitá konstrukce uložení kolektoru i zásobníku
- Horší přístup ke kolektoru i zásobníku pro účely údržby a kontroly



Obr. 24 – Rozložení pro aktivní oběh se slunečním panelem nad skleníkem a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

3.2. Lokalita Rybník – zahrada na rovné ploše

Druhou lokalitou s možností realizace prototypu v práci navrhovaného zařízení je zahrada v obci Rybník (skleník na Obr. 25). Od skleníku v Dlouhé Třebové je místo vzdáleno přibližně 8 km, rozdíly v podnebních podmínkách jsou tedy pro účely práce zanedbatelné.

Skleník od společnosti *LIMES Litomyšl s.r.o.* se nachází na rovné ploše a není z žádné strany obklopen jinou zástavbou. Spodní hrana skleníku je umístěna asi 10 cm nad zemí se vchodem na východ. Jeho rozměry jsou 2,1 x 2,1 x 2 metru (š x d x v), je tedy menší než ten v Dlouhé Třebové.



Obr. 25 – Pohled na jižní skleníku na rovné zahradě v obci Rybník.

Obdobně, jako bylo diskutováno v předchozí podkapitole 3.1, bude i tady vzájemné rozložení kolektoru a zásobníku záležet na způsobu zajištění oběhu pracovní látky.

Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

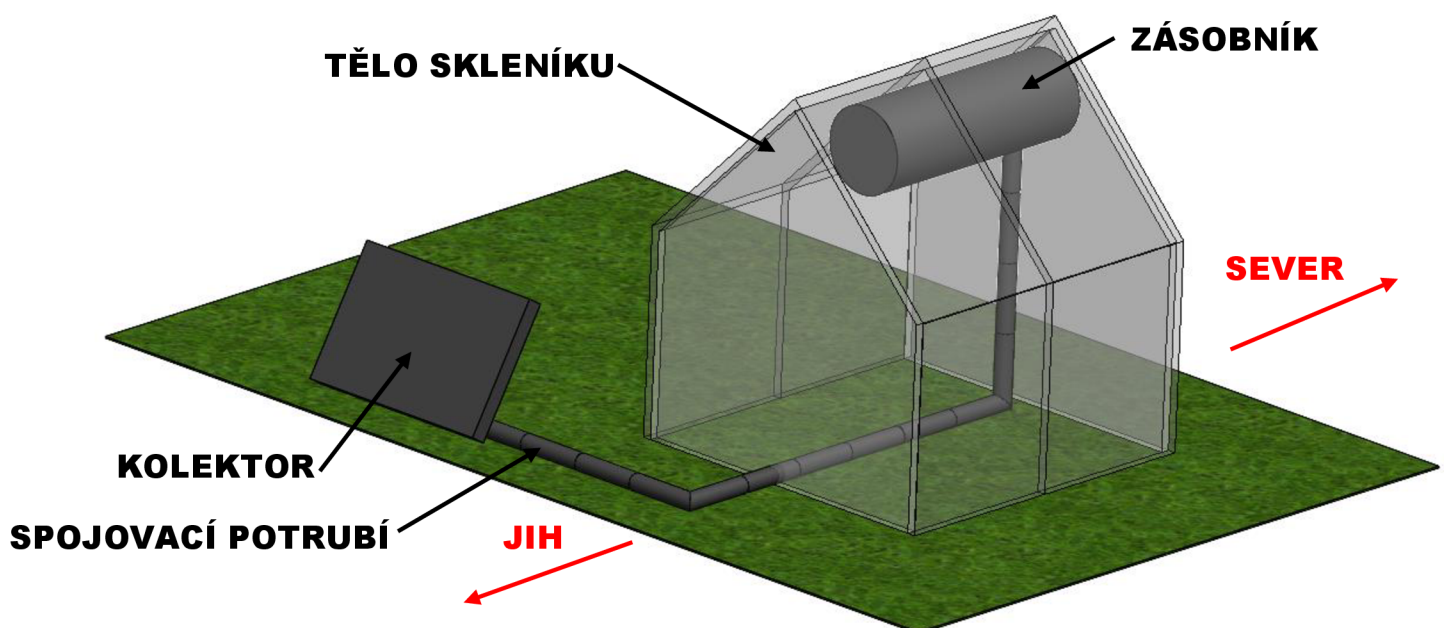
Pro tento skleník odpadá možnost umístění kolektoru pod úroveň zeminy skleníku, při instalaci systému pracujícím na principu termosifonu tak bude muset být zásobník umístěn v horní části skleníku. Rozmístění ukazuje Obr. 26.

Výhody:

- + Minimální omezení užitého prostoru skleníku

Nevýhody:

- Složitá konstrukce uložení zásobníku
- Horší přístup k zásobníku pro účely údržby a kontroly



Obr. 26 – Rozložení pro pasivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v horní části skleníku

Rozložení pro aktivní/pasivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

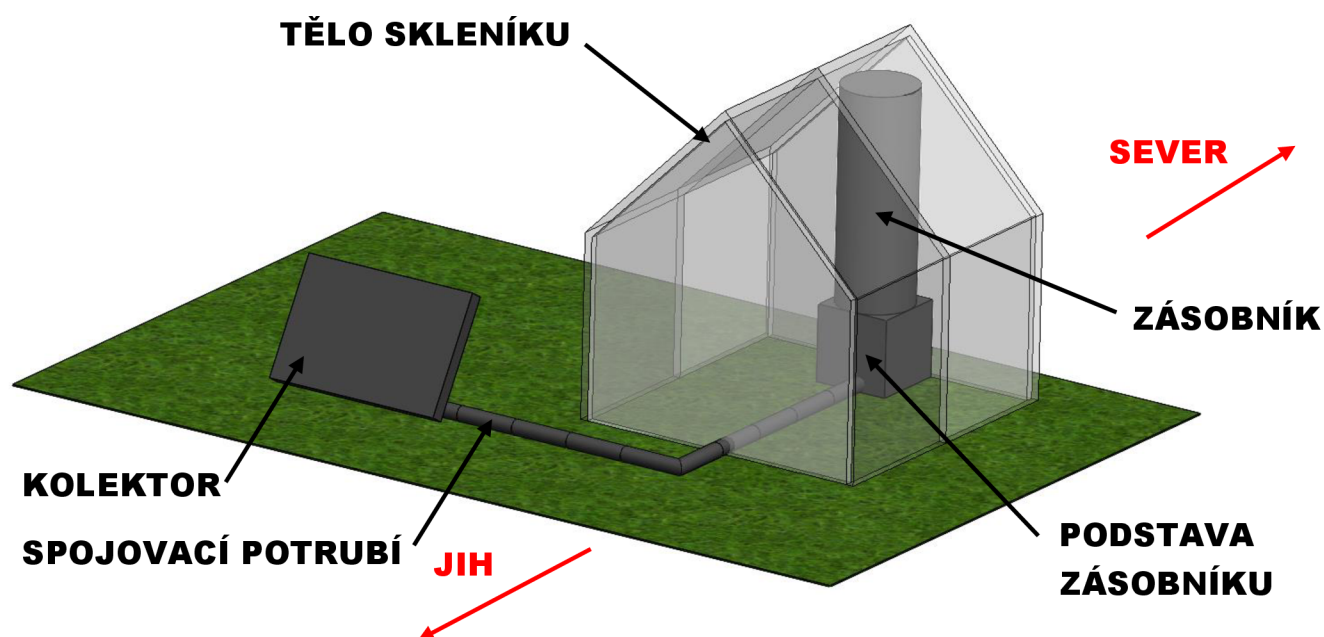
Pokud není možné umístit zásobník do vrchní části, může být umístěn v dolní části skleníku. To by znamenalo nutnost užití čerpadla, protože by nebyla dodržena podmínka výškového rozdílu pro správnou funkci termosifonu diskutovaná v podkapitole 2.4.1. Možným řešením by bylo umístit zásobník na vyvýšenou podstavu ukázanou na Obr. 27.

Výhody:

- + Relativně jednoduchý způsob konstrukce uložení zásobníku
- + Možnost výhodného způsobu vedení systému trubek skrz zeminu ve skleníku
- + Dobrý přístup ke kolektoru i zásobníku pro účely údržby a kontroly
- + Možnost většího rozměru kolektoru bez zastínění rostlin ve skleníku

Nevýhody:

- Podstava zásobníku zabírá místo půdě ve skleníku
- Zásobník je na severní straně, kde se nachází vchod



Obr. 27 – Rozložení pro aktivní oběh se slunečním panelem vedle skleníku a zásobníkem umístěným v dolní části skleníku na severní straně

4. Stanovení kolektorové plochy

Kapitola 4 se zabývá stanovením teoretické plochy kolektoru, jehož podstatou je zvětšit množství tepla akumulovaného ve skleníku. Tím by se prodloužila doba v roce, kdy je skleník vhodný pro pěstování rostlin. Jak již bylo řečeno v kapitole 3, dobou hlavního využití a přínosu systému jsou chladné jarní a podzimní měsíce roku.

Ve skleníku v Dlouhé Třebové (zachycen na Obr. 28 dne 14. 9. 2021 v 9 hodin dopoledne a na Obr. 18 dne 13. 5. 2022 v 9 hodin) bylo zřízeno měření vnější a vnitřní teploty ve skleníku v průběhu dne. Měření probíhalo ve dvou blocích, podzimním a jarním, tedy právě v klíčovou roční dobu. Na podzim měření probíhalo v několika úsecích od konce září do poloviny listopadu, kdy bylo ukončeno kvůli již velmi chladnému počasí a první dlouhodobější sněhové pokrývce.

Na jaře probíhalo měření 3 týdny na začátku měsíce března, zahájeno bylo přibližně týden po opadnutí sněhové pokrývky.

Popis měřicí aparatury

K měření teploty byl použit digitální teploměr značky EMOS, který je ve skleníku zachycen na Obr. 29. Skleník byl v době měření uzavřen a bylo vyřazeno automatické větrání střešními okny. Pro možnost automatizace odečítání hodnot z teploměru v rozmezí několika týdnů byl ve skleníku umístěn mobilní telefon, který v 20minutových intervalech pořizoval fotografii teploměru. Tím se velmi zvýšil počet dní, kdy mohlo být měření prováděno a zároveň byla získána data i v nočních hodinách pro sledování celodenního vývoje teplot.

Parametry digitálního teploměru EMOS uvedené v návodu:

Teploměr měří vnitřní i venkovní teplotu a je vybaven záznamem minimální a maximální teploty.

Technické parametry

Teplotní rozsahy:

Vnitřní teplota (IN): $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Venkovní teplota (OUT): $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Přesnost měření: $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Teplotní rozlišení: $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

Teplotní sonda: venkovní, voděodolná

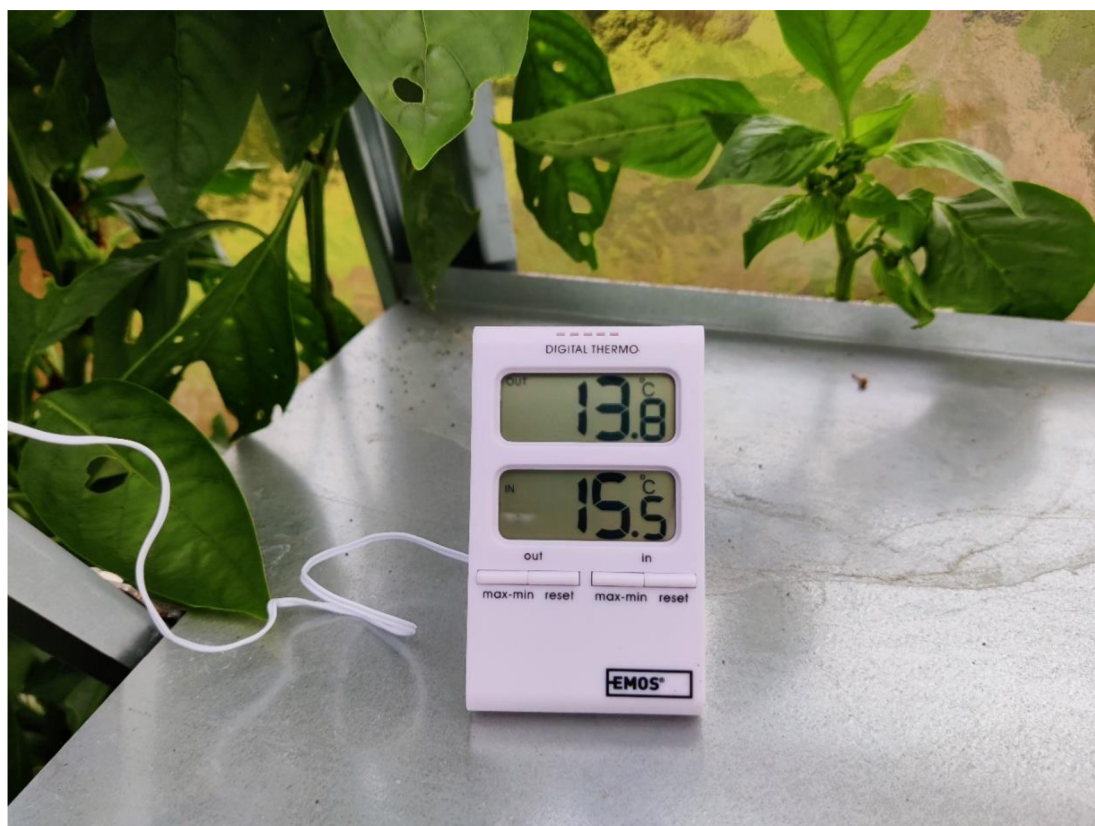
Délka drátové teplotní sondy: 2,95 m

Napájení: baterie 1x 1,5 V typ LR44

Hmotnost: 0,050 kg



Obr. 28 – Pohled na severovýchodní hranu skleníku v Dlouhé Třebové



Obr. 29 – Digitální teploměr značky EMOS použitý v měření teplot v průběhu podzimních a jarních dní uvnitř a vně skleníku.

4.1. Naměřená data

Změřená data mohou být použita pro zhodnocení množství dopadajícího záření a tepla přijatého skleníkem. V Příloha 1 – Kompletní tabulka naměřených hodnot za sledovaná období je kompletní tabulka obsahující podzimní i jarní data. První, tedy podzimní, blok měření trval od 27. 9. 2021 do 3. 10. 2021 a od 18. 10. 2021 do 26. 11. 2021. Druhý, tedy jarní, blok měření probíhal od 6. 3. 2022 do 19. 3. 2022.

V této kapitole je z celkových dat pro ilustraci zařazen pouze výběr od 27. 9. 2021 do 30. 9. 2021 (Tab. 1). Z dat byl vytvořen aritmetický průměr vnějších a vnitřních teplot v závislosti na denní době pro podzimní a jarní období zvlášť, jak to ukazuje Tab. 2.

Kvůli povaze umístění teploměru bylo obtížné zajistit stínění teploměru, aby měřil pouze teplotu a nebyl ovlivněný vlastním zahřátím. Toto se bohužel nepodařilo zajistit v průběhu celého dne, a proto jsou hodnoty vnitřní teploty zatíženy chybou. Data jsou použita pro orientační výpočty, chyby v měření tedy nejsou velmi zásadní a chyba měření je částečně umírněna vlastností průměru, který byl z dat vytvořen.

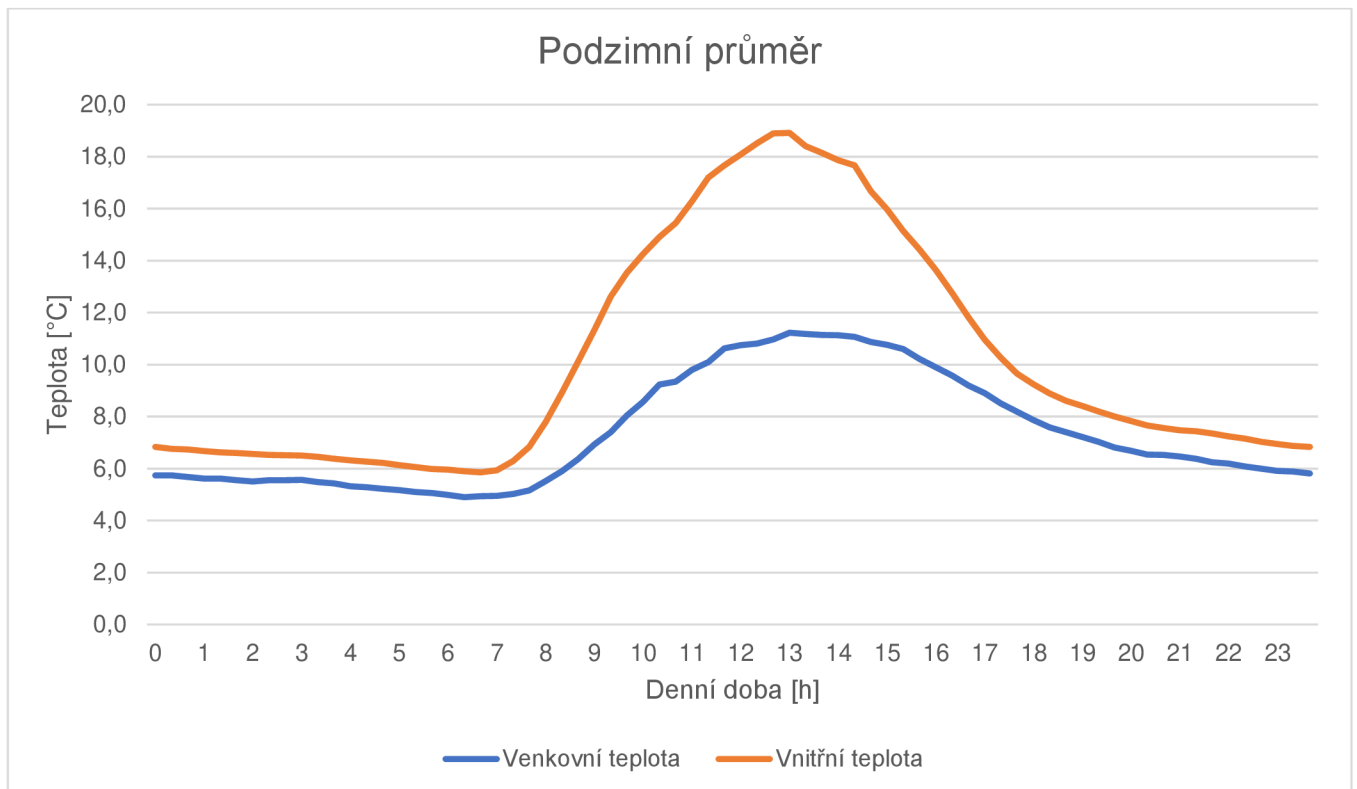
Tab. 1 – Ukázka naměřených dat v tabulce

Datum	27.09.2021					Datum	28.09.2021				
Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]
0	10,7	12,2	12	22,9	31,0	0	13,9	15,4	12	19,5	29,0
	10,5	12,1		23,0	29,1		14,1	15,4		19,9	30,4
	10,5	12,1		24,4	32,2		14,0	15,5		19,4	29,6
1	10,2	12,0	13	23,6	30,4	1	13,8	15,4	13	20,4	30,6
	10,2	11,8		23,0	29,0		13,8	15,3		21,5	31,1
	10,2	11,8		23,4	29,4		14,3	15,3		21,9	32,6
2	9,8	11,6	14	23,9	30,0	2	14,4	15,6	14	21,0	31,3
	9,6	11,4		23,8	30,4		14,5	15,8		20,5	27,8
	9,7	11,2		23,7	28,7		14,5	15,8		20,6	26,9
3	9,8	11,2	15	23,5	28,7	3	14,6	15,9	15	20,0	25,6
	9,8	11,3		22,8	27,8		14,4	15,8		20,7	24,6
	9,9	11,5		22,4	26,2		14,8	15,7		19,6	25,5
4	9,8	11,6	16	21,9	24,9	4	14,8	15,8	16	17,2	22,7
	9,7	11,5		21,4	23,5		14,4	15,9		16,9	20,6
	9,6	11,3		22,0	24,7		15,1	15,9		16,8	19,5
5	9,5	11,0	17	21,8	25,3	5	15,1	16,2	17	16,6	18,8
	9,6	10,9		20,1	22,8		15,3	16,2		16,4	18,8
	10,0	11,2		19,2	21,0		15,6	16,3		16,5	18,6
6	10,0	11,6	18	18,8	20,4	6	15,6	16,3	18	15,9	18,4
	9,8	11,7		18,6	19,8		15,2	16,3		15,0	17,3
	9,8	11,3		17,3	19,2		15,2	16,3		14,5	16,3
7	10,2	11,6	19	16,6	18,3	7	15,4	16,6	19	14,5	16,2
	11,0	12,5		16,6	18,1		15,5	17,1		14,4	15,8
	11,7	14,1		16,1	17,7		15,9	18,2		14,1	15,4
8	12,7	17,7	20	15,9	17,3	8	16,1	18,5	20	13,6	15,0
	13,0	18,9		15,0	16,6		16,0	18,4		13,6	14,8
	14,0	20,0		14,8	16,2		16,0	18,0		13,5	14,7
9	15,2	24,8	21	14,7	16,1	9	16,3	18,8	21	13,6	14,7
	15,7	22,9		14,7	16,4		16,0	19,1		12,9	14,5
	17,5	24,0		14,7	16,4		15,9	19,0		13,1	14,3
10	18,4	27,7	22	14,7	16,3	10	16,6	19,7	22	12,8	14,2
	20,8	30,0		14,6	16,2		17,7	21,9		12,7	14,0
	21,2	29,5		14,4	16,1		17,4	23,0		12,6	14,0
11	22,0	29,5	23	14,3	15,9	11	18,1	23,2	23	12,4	13,7
	22,1	29,2		14,3	15,7		19,3	27,3		11,6	13,4
	22,3	29,5		14,0	15,5		19,2	28,5		11,6	13,1

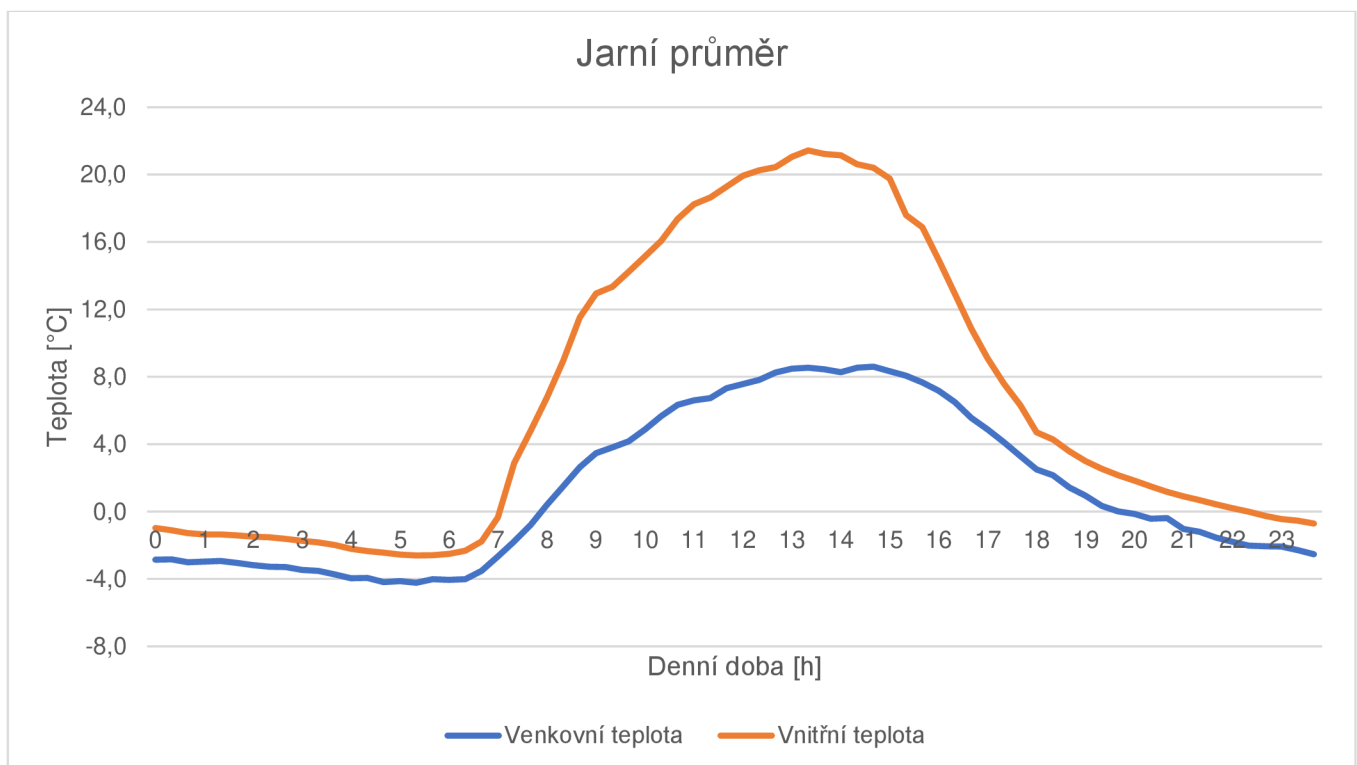
Datum	29.09.2021					Datum	30.09.2021				
Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]
0	11,6	12,8	12	15,8	24,8	0	9,4	11,0	12	14,1	25,7
	11,7	12,7		16,8	25,2		9,4	10,6		14,5	27,3
	11,1	12,6		17,1	23,3		9,6	10,7		14,9	27,5
1	10,9	12,3	13	17,3	22,9	1	9,2	10,6	13	14,2	27,6
	10,9	11,9		17,3	22,4		9,4	10,5		16,0	29,6
	10,8	11,7		17,2	22,0		9,3	10,7		13,5	26,1
2	10,0	11,5	14	17,2	22,0	2	9,5	10,9	14	15,1	24,1
	10,0	11,3		17,5	22,8		9,7	11,1		15,3	25,6
	9,7	11,1		18,1	22,2		9,8	11,0		15,1	27,4
3	9,7	10,9	15	17,7	21,7	3	9,4	11,2	15	14,6	22,9
	9,4	10,7		18,6	22,9		10,2	11,4		16,6	25,9
	9,2	10,3		17,8	21,7		10,6	11,7		14,1	22,0
4	9,0	10,2	16	17,3	20,5	4	11,1	11,8	16	14,8	23,2
	8,6	10,0		16,8	19,5		11,3	11,8		14,7	24,1
	8,6	9,7		16,3	17,9		11,4	11,9		14,9	23,8
5	8,3	9,5	17	15,4	17,5	5	11,8	12,0	17	14,5	22,7
	8,0	9,3		14,5	17,0		11,4	11,9		12,6	17,5
	7,9	9,1		14,2	16,0		11,4	11,9		12,6	14,5
6	7,6	8,6	18	14,1	15,6	6	11,1	11,8	18	9,7	13,3
	7,3	8,2		13,9	15,4		10,9	11,5		9,6	11,1
	7,6	8,3		13,7	15,0		10,2	11,3		8,8	10,8
7	8,0	8,9	19	13,6	14,9	7	9,5	10,6	19	7,9	10,8
	8,2	10,0		13,6	15,0		9,4	10,0		7,0	10,2
	8,9	15,0		13,6	14,9		9,0	9,7		6,5	9,6
8	9,6	17,3	20	13,3	14,7	8	9,2	10,0	20	6,5	9,1
	10,0	17,1		12,9	14,4		9,8	13,9		6,1	8,7
	10,7	17,5		12,7	14,1		10,0	22,5		5,6	8,3
9	10,6	18,5	21	12,3	13,9	9	10,9	20,7	21	5,4	8,0
	11,5	19,5		12,2	13,6		11,1	22,2		5,2	7,7
	12,4	19,6		12,4	13,4		11,8	23,5		4,8	7,4
10	12,5	17,2	22	12,1	13,2	10	12,1	21,7	22	4,3	7,0
	13,3	19,0		11,9	12,8		12,4	22,4		4,2	6,7
	13,5	19,2		11,7	12,2		12,5	22,3		4,3	6,5
11	14,2	19,2	23	10,2	11,7	11	12,7	23,3	23	4,1	6,2
	14,9	22,5		9,8	11,2		13,1	26,0		3,9	6,0
	15,4	22,0		9,4	11,0		13,8	26,3		3,8	5,8

Tab. 2 – Průměrné hodnoty teplot za sledovaná období

Podzimní průměr						Jarní průměr					
Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]	Hodina	out [°C]	in [°C]
0	5,7	6,8	12	10,7	18,1	0	-2,9	-1,0	12	7,6	19,9
	5,7	6,8		10,8	18,5		-2,8	-1,1		7,8	20,3
	5,7	6,7		11,0	18,9		-3,0	-1,3		8,3	20,4
1	5,6	6,7	13	11,2	18,9	1	-3,0	-1,4	13	8,5	21,1
	5,6	6,6		11,2	18,4		-2,9	-1,4		8,5	21,4
	5,6	6,6		11,1	18,1		-3,0	-1,4		8,4	21,2
2	5,5	6,6	14	11,1	17,9	2	-3,2	-1,5	14	8,3	21,1
	5,6	6,5		11,1	17,7		-3,3	-1,5		8,5	20,6
	5,5	6,5		10,9	16,7		-3,3	-1,6		8,6	20,4
3	5,6	6,5	15	10,8	16,0	3	-3,5	-1,7	15	8,3	19,8
	5,5	6,5		10,6	15,1		-3,5	-1,8		8,1	17,6
	5,4	6,4		10,2	14,4		-3,7	-2,0		7,7	16,9
4	5,3	6,3	16	9,9	13,6	4	-4,0	-2,2	16	7,2	14,9
	5,3	6,3		9,6	12,8		-3,9	-2,3		6,5	12,9
	5,2	6,2		9,2	11,8		-4,2	-2,4		5,6	10,9
5	5,2	6,1	17	8,9	11,0	5	-4,1	-2,6	17	4,9	9,1
	5,1	6,1		8,5	10,3		-4,2	-2,6		4,1	7,6
	5,1	6,0		8,2	9,7		-4,0	-2,6		3,3	6,3
6	5,0	6,0	18	7,9	9,2	6	-4,1	-2,5	18	2,5	4,7
	4,9	5,9		7,6	8,9		-4,0	-2,3		2,2	4,3
	4,9	5,9		7,4	8,6		-3,5	-1,8		1,4	3,6
7	4,9	5,9	19	7,2	8,4	7	-2,7	-0,3	19	0,9	3,0
	5,0	6,3		7,0	8,2		-1,8	2,9		0,3	2,5
	5,2	6,8		6,8	8,0		-0,8	4,8		0,0	2,2
8	5,5	7,8	20	6,7	7,8	8	0,4	6,7	20	-0,1	1,8
	5,9	8,9		6,5	7,7		1,5	8,9		-0,4	1,5
	6,4	10,1		6,5	7,6		2,6	11,5		-0,4	1,2
9	6,9	11,3	21	6,5	7,5	9	3,5	13,0	21	-1,0	0,9
	7,4	12,6		6,4	7,4		3,8	13,3		-1,2	0,7
	8,0	13,5		6,2	7,4		4,2	14,2		-1,5	0,4
10	8,6	14,2	22	6,2	7,2	10	4,9	15,2	22	-1,8	0,2
	9,2	14,9		6,1	7,2		5,7	16,1		-2,0	0,0
	9,3	15,4		6,0	7,0		6,3	17,4		-2,1	-0,3
11	9,8	16,3	23	5,9	6,9	11	6,6	18,2	23	-2,1	-0,4
	10,1	17,2		5,9	6,9		6,7	18,6		-2,3	-0,5
	10,6	17,7		5,8	6,8		7,3	19,3		-2,5	-0,7

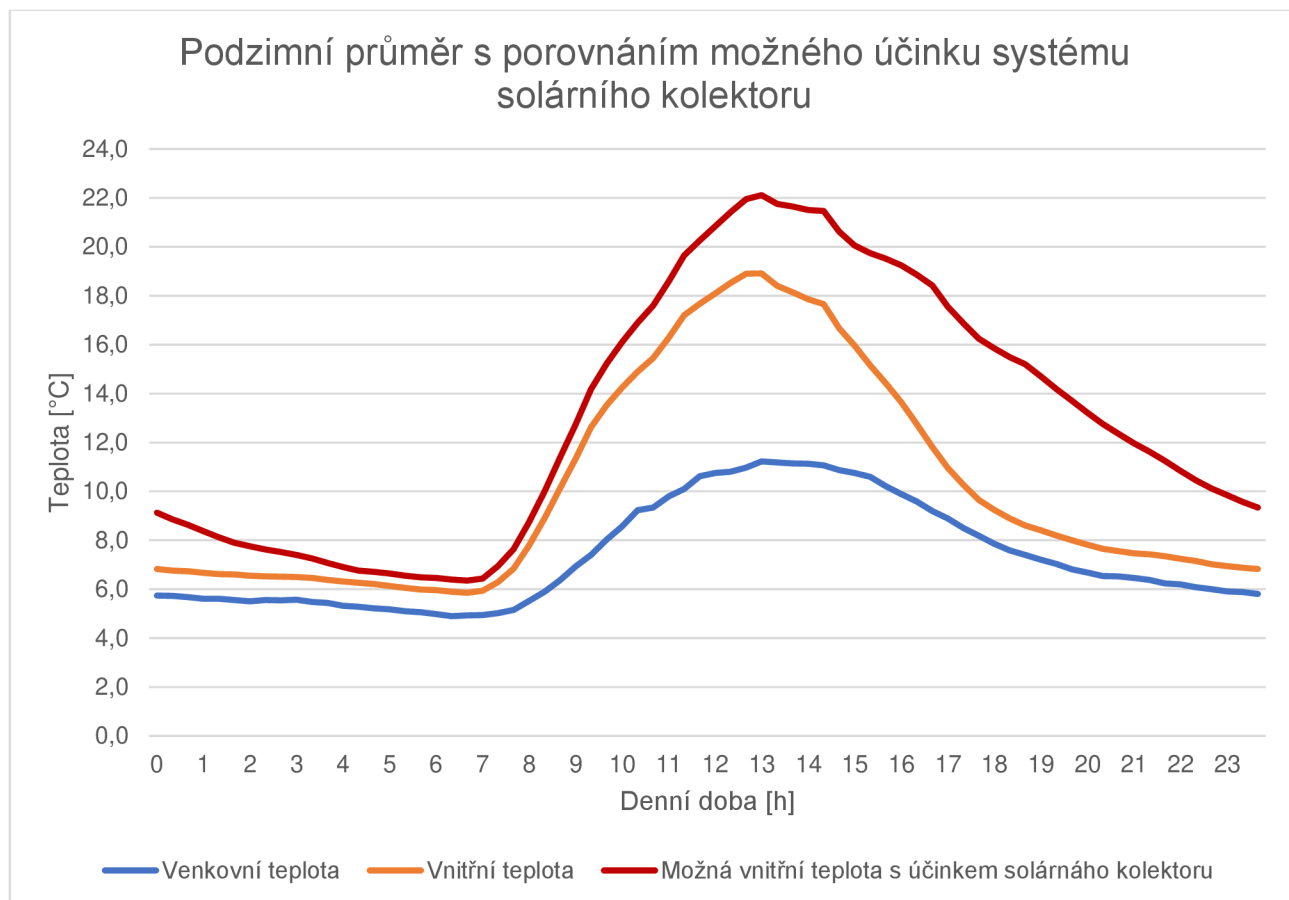


Obr. 30 – Graf průměru naměřených hodnot za podzimní období



Obr. 31 – Graf průměru naměřených hodnot za jarní období

Na Obr. 32 je znázorněn možný účinek solárního systému na průběh vnitřní teploty v průběhu dne. Jeho smyslem je ukázat trend pozvolnějšího poklesu vnitřní teploty díky teplotě akumulovanému ve skleníku.



Obr. 32 – Podzimní průměr s porovnáním možného účinku systému solárního kolektoru

4.2. Zpracování naměřených dat a orientační výpočet kolektorové plochy

Při výpočtu plochy kolektoru jsou využity především vzorce uvedené ve skriptech *Průmyslová energetika* [20]. Výpočty byly provedeny v softwaru Maple. V Příloha 2 – Výstup programu Maple pro teoretický výpočet kolektorové plochy je umístěn výstup výpočtů z Maple (převeden do formátu MS Word), včetně kódu použitého pro výpočty a samotných hodnot. Postup výpočtu, použité vzorce a implementace do Maple vznikla ve spolupráci s vedoucím práce.

Akumulační využití dostupného tepla skleníkem na jaře a na podzim – výpočet intenzity celkového slunečního záření na skleník

Z naměřených dat je vyhodnocena zprůměrovaná tabelovaná závislost (Tab. 2), která je funkcí času pro vně a uvnitř skleníku, tedy:

$$t_{out} = f(\tau) \quad (1)$$

$$t_{in} = f(\tau) \quad (2)$$

Z těchto závislostí je využita ta část dne, kdy skleník absorbuje teplo (na podzim se jedná o časový úsek od 6:20 do 13:20 a na jaře od 6:20 do 13:40) a z nich pro obě období lineární interpolací vytvořeny spojité funkce pro vnitřní teplotu t_{in} a vnější teplotu t_{out} .

Dále byly sestaveny funkce hustoty vzduchu

$$\rho_v = f(t) \quad (3)$$

a funkce měrné tepelné kapacity

$$C_p = f(t) \quad (4)$$

závislé na teplotě při atmosférické tlaku. Z funkce pro měrnou tepelnou kapacitu C_p byla vzorcem

$$C_{p,s} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} c_p(t) dt}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

získána hodnota střední měrné tepelné kapacity $C_{p,s}$ pro podzimní i jarní výpočet. Dosazené hodnoty teplot byly pro t_1 a t_2 minimum, resp. maximum naměřených vnitřních hodnot v daném období. Konkrétní hodnoty jsou:

$$\text{Podzim: } t_1 = 5,9 \text{ }^\circ\text{C}, t_2 = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}, C_{p,s} = 1005,9427 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}.$$

$$\text{Jaro: } t_1 = -2,3 \text{ }^\circ\text{C}, t_2 = 21,4 \text{ }^\circ\text{C}, C_{p,s} = 1005,9641 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}.$$

Jak lze vidět, rozdíl mezi hodnotami $C_{p,s}$ pro podzimní a jarní období je vzhledem k odhadovému charakteru celého výpočtu zanedbatelný.

Uvažovaný objem vzduchu skleníku je $V_s = 16,2 \text{ m}^3$.

Z funkce pro teplotu uvnitř skleníku t_{in} byla vzorcem

$$t_s = \frac{\int_{\tau_1}^{\tau_2} t(\tau) d\tau}{\tau_2 - \tau_1} \quad (6)$$

získána střední teplota ohřátého vzduchu ve skleníku ve sledovaném čase (tedy τ_1 až τ_2) pro podzimní i jarní výpočet. Vypočtené hodnoty středních teplot byly dosazeny do funkce pro hustotu (1) a vyšly pro ně následující hodnoty:

$$\text{Podzim: } t_{in,s} = 12,6 \text{ }^\circ\text{C}, \rho_v = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

$$\text{Jaro: } t_{in,s} = 12,8 \text{ }^\circ\text{C}, \rho_v = 1,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Dosazením do rovnic

$$Q_V = C_{pv,s} \cdot \rho_v \cdot V_S \cdot (t_2 - t_1) \quad (7)$$

$$\dot{Q}_V = \frac{Q_V}{(\tau_2 - \tau_1)} \quad (8)$$

byly vypočteny hodnoty tepla akumulovaného ve skleníku a tepelný výkon skleníku ve sledovaném čase:

$$\text{Podzim: } Q_V = 258,4 \text{ kJ}, \dot{Q}_V = 10,77 \text{ W}.$$

$$\text{Jaro: } Q_V = 470,8 \text{ kJ}, \dot{Q}_V = 18,68 \text{ W}.$$

V sledovaném čase lze přibližně odhadem stanovit plochu oslněné plochy jako polovinu povrchu skleníku, tedy $A_{0S} = 14,4 \text{ m}^2$. Dále byla stanovena orientační hodnota součinitele absorptivity skleníku $a_{sv} = 0,0015$ a z těchto hodnot podle rovnice (9) vypočítána efektivní hodnota efektivního pohlcujícího povrchu skleníku $A_S = 0,022 \text{ m}^2$.

$$A_S = A_{0S} \cdot a_{sv} \quad (9)$$

$$I_S = \frac{\dot{Q}_V}{A_S} \quad (10)$$

Dosazením do rovnice (10) byla získána průměrná sluneční intenzita absorbovaná skleníkem v daném čase, číselně pro jednotlivá období:

$$\text{Podzim: } I_S = 498,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Jaro: } I_S = 865,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Hodnotu I_S lze také přibližně určit pomocí tabelovaných hodnot (např. v literatuře [12]), způsob výpočtu uvedený zde cílí na přesnější stanovení I_S pro vybrané období a lokalitu.

Dosazení funkce venkovní teploty t_{out} do rovnice (6) byla získána hodnota $t_{out,s} = 7,9 \text{ }^\circ\text{C}$ pro podzimní období a $t_{out,s} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ pro jarní období.

Dosazením do vztahu pro intenzitu celkového slunečního záření na skleník v daném časovém úseku

$$I_C = (I_S + k \cdot (t_{in,s} - t_{out,s})) \cdot \frac{1}{(1-r)} \quad (11)$$

kde součinitel prostupu tepla dle [20] $k = 6,0 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ a odrazivost skla $r = 0,15$ bylo vypočteno $I_C = 619,82 \frac{W}{m^2}$ pro **podzimní** období a $I_C = 1081,55 \frac{W}{m^2}$ pro **jarní** období.

Podílem

$$\eta = \frac{I_S}{I_C} \quad (12)$$

byla určena střední tepelná účinnost v podzimní období je $\eta = 80,4 \%$ a v jarní období $\eta = 80,0 \%$.

Výpočet kolektorové plochy

Pomocí získaných hodnot intenzity celkového slunečního záření na skleník I_C lze orientačně vypočítat potřebnou kolektorovou plochu, kdy záměrem je ohřát objem vody v zásobníku $V_{zv} = 0,35 m^3$ z výpočtové teploty $t_{v1} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ na $t_{v2} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$. Hodnota objemu byla zvolena na základě přibližných rozměrů běžně dostupných zásobníků vody, výpočtové teploty byly zvoleny v rozsahu teplot naměřených při měření, hlavním parametrem je jejich rozdíl, tedy výpočtové přehřátí $\Delta t_v = 10K$.

Pro výpočet kolektorové plochy byly zavedeny funkce měrné tepelné kapacity vody závislé na teplotě při konstantním atmosférickém tlaku

$$c_{pvoda} = f(t) \quad (13)$$

a hustoty vody závislé na teplotě při konstantním atmosférickém tlaku.

$$\rho_{voda} = f(t) \quad (14)$$

Pro výpočtové teploty byla zjištěna dle vztahu

$$C_{pvoda,s} = \frac{\int_{t_{v1}}^{t_{v2}} c_{pvoda}(t) dt}{t_{v2} - t_{v1}} \quad (15)$$

střední měrná tepelná kapacita vody $C_{pvoda,s} = 4197,3 \frac{J}{kg \cdot K}$. Při střední výpočtovou teplotu $t_{vs} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ byla dosazením do vztahu (13) získána hustota vody $\rho_{voda} = 999,4 \frac{kg}{m^3}$.

Množství tepla, které je nutné akumulovat ve vodě v zásobníku lze vyjádřit ze vztahu (16).

$$Q_K = C_{pvoda,s} \cdot \rho_{voda} \cdot V_{zv} \cdot (t_{v2} - t_{v1}) \quad (16)$$

Dále množství energie zachycené kolektorem v lokalitě skleníku ve sledovaném čase lze získat ze vztahu

$$Q_{Is} = I_C \cdot (\tau_2 - \tau_1) \cdot \eta_K \quad (17)$$

kde střední tepelnou účinnost pro ohřev vody s jedním krycím sklem lze vyjádřit ze vztahu (18).

$$\eta_K = 0,85 - \frac{6 \cdot (t_{vs} - t_{out,s})}{I_C} \quad (18)$$

Vypočtené hodnoty pro uvažovaná období:

Podzim: $Q_K = 1468,2 \text{ kJ}$, $\eta_K = 0,830$, $Q_{ls} = 1234,4 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$.

Jaro: $Q_K = 1468,2 \text{ kJ}$, $\eta_K = 0,815$, $Q_{ls} = 2222,5 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$.

Celková potřebná plocha kolektoru je pak dle vztahu

$$A_K = \frac{Q_K}{Q_{ls}} \quad (19)$$

byla vypočtena pro **podzimní** období $A_K = 1,2 \text{ m}^2$ a pro **jarní** období $A_K = 0,7 \text{ m}^2$.

Z porovnání výsledků výpočtu kolektorové plochy pro požadované parametry v podzimním a jarním období plyne, že pro zajištění požadavků na ohřev vody bude potřebná plocha kolektoru činit $A_K = 1,2 \text{ m}^2$.

5. Závěr a diskuse

Z porovnání prakticky uplatnitelných konkurenčních systémů pro solární ohřev vody pro zahradní skleníku v konkrétní lokalitě České republiky bylo touto prací identifikováno jako nejvhodnější využití plochého kolektoru s izolací ze skla a polystyrenu. V systému by kolektor měl doplňovat monovalentní zásobník a úlohu teplotonosné látky bude plnit voda s přidanou nemrznoucí směsí, která zlepšuje její klíčové vlastnosti. Vzájemné umístění kolektoru a zásobníku lze volit dle konkrétního dostupného typu zařízení, preferovaně umožňující fungování pasivního oběhu.

S pomocí naměřených dat v podzimním a jarním období sledujících teplotní chování skleníku v průběhu dne byla přibližným výpočtem identifikována průměrná sluneční intenzita absorbovaná skleníkem I_s v době největšího osvětlení skleníku. S pomocí této hodnoty byla pro požadované parametry vypočtena přibližná velikost kolektorové plochy pro zajištění požadavků na ohřev vody v podzimním i jarním období $A_K = 1,2 \text{ m}^2$.

I když je stanovená velikost kolektorové plochy pouze přibližná, přesto tato hodnota ukazuje skutečný potenciál solárního ohřevu zahradního skleníku ve smyslu prodloužení jeho využitelnosti v chladných jarních a podzimních měsících roku. Přínosem systému pro provoz skleníku by mělo být snížení počtu dní v roce, kdy se teploty uvnitř dostanou pod bod mrazu, a hlavně dosažení pozvolnějších změn teplot v průběhu dne a jejich celkové zvýšení. V kombinaci s vhodným systémem závlahy tak bude pro rostliny vytvořeno ideální prostředí pro jejich hojný růst.

Problémem vybraného systému by mohla být tendence přehřívání skleníku v letních měsících, kdy je naopak snaha spíše vnitřní prostor chladit. Pokud ale nebude přehřátí pro rostliny kritické (přirozené větrání bude dostačující), lze očekávat i v letních měsících výhodnost systému pro udržení stálejší teploty v nočních hodinách.

V případě použití čisté vody jako pracovní látky namísto vody s nemrznoucí směsí se v letních měsících nabízí možnost využití TUV za účelem omývání rukou nebo sprchování. Zdrojem tlaku by mohlo být v případě užití dešťové vody čerpadlo, v případě pitné vody pak tlak z vodovodního řádu.

Celé zařízení by bylo výhledově možné integrovat do automatického systému podobného tomu, který navrhla Lucie Vymětalíková v práci [15].

Seznam použitých zdrojů

1. URBÁNEK, Radim, ed. Vodní mlýny: sborník referátů ze semináře: Okresní muzeum ve Vysokém Mýtě, 18.-19.6.2002. Vysoké Mýto: Okresní muzeum, 2002. ISBN 80-238-9879-5.
2. MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN isbn978-80-01-04937-2.
3. Oprava Pastvin? Nejdřív za rok - Orlický deník. Orlický deník - informace, které jsou vám nejbliž [online]. Copyright © [cit. 01.01.2022]. Dostupné z: https://orlicky.denik.cz/zpravy_region/oprava-pastvin-nejdriv-za-rok-20200520.html
4. What's the Difference Between a Windmill and a Wind Turbine? | HowStuffWorks. Science | HowStuffWorks [online]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/windmill-vs-wind-turbine.htm>
5. Soteris A. Kalogirou, Solar thermal collectors and applications; Progress in Energy and Combustion Science; Volume 30, Issue 3, 2004; Pages 231-295; ISSN 0360-1285
6. Klassen, Stephen. (2011). The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom. Science & Education. 20. 719-731. 10.1007/s11191-009-9214-6.
7. Sunflower Wallpapers: Free HD Download [500+ HQ] | Unsplash. Beautiful Free Images & Pictures | Unsplash [online]. Dostupné z: <https://unsplash.com/wallpapers/nature/sunflower>
8. Sunflower Shaped Solar Panel on a Solar Farm [online]. Dostupné z: <https://www.dreamstime.com/portion-shiny-solar-panel-reflecting-tree-branches-sky-grassy-base-concrete-pavers-sunflower-shaped-solar-panel-image112144360>
9. Smirnov, Boris & Zhilyaev, Dmitri. (2021). Greenhouse Effect in the Standard Atmosphere. Foundations. 1. 184-199. 10.3390/foundations1020014.
10. Moumen, Abdelmajid & Azizi, Ghizlane & ChekrounK, Ben & Baghour, Mourad. (2016). The effects of livestock methane emission on the global warming: A review. International Journal of Global Warming. 9. 229-253. 10.1504/IJGW.2016.074956.
11. KADRNOŽKA, Jaroslav. Globální oteplování Země: příčiny, průběh, důsledky, řešení. Brno: VUTIUM, c2008. ISBN 978-80-214-3498-1.
12. PETRÁŠ, Dušan. *Obnovitelné zdroje energie pre nízkoteplotné systémy*. Bratislava: JAGA, 2009. Vykurovanie (JAGA). ISBN 978-80-8076-075-5.
13. Časy východu a západu slunce. Předpověď počasí a meteoradar | Meteogram.cz [online]. Copyright © Meteogram.cz 2022, [cit. 16.01.2022]. Dostupné z: <https://www.meteogram.cz/vychod-zapad-slunce/>
14. The Effect of the Angle of Inclination on the Efficiency in a Medium-Temperature Flat Plate Solar Collector Orlando Montoya-Marquez and José Jasson Flores-Prieto
15. VYMĚTALÍKOVÁ, Lucie. AUTOMATICKÝ SKLENÍK S VYUŽITÍM SIEMENS LOGO!. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2021.

16. IVAR Čerpadlová solární jednotka IVAR.SOLAR K – jednotrubková bez regulace IVSK8301 - AkoupelnyAtopeni.cz. AkoupelnyAtopeni.cz - vše pro koupelny a topení [online]. Dostupné z: <https://www.akoupelnyatopeni.cz/ivar-cerpadlova-solarni-jednotka-ivar-solar-k-jednotrubkova-bez-regulace-ivsk8301-px264006>
17. Slunce (hvězda G2V) [online]. Dostupné z: <http://www.treking.cz/astronomie/slunce.htm>
18. Climate Science Investigations South Florida - Energy: The Driver of Climate . CES : Florida Atlantic University - Center for Environmental Studies [online]. Dostupné z: <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php>
19. NAJBRTOVÁ, Zuzana. *Dodávka energie pro skleníkovou produkci*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2021.
20. KRBEK, Jaroslav, Ladislav OCHRANA a Bohumil POLESNÝ. *Průmyslová energetika*. Brno: PC-DIR, 1996. ISBN 80-214-0831-6.
21. Vakuové trubicové kolektory Thermomax a Varisol [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/11086-vakuove-trubicove-kolektory-thermomax-a-varisol>

Seznam použitých zkratk a symbolů

a_{SV}	$[-]$	Součinitel absorptivity skleníku
A_{0S}	$[m^2]$	Osluněný povrch skleníku
A_S	$[m^2]$	Efektivní pohlcující povrch skleníku
A_K	$[m^2]$	Celková potřebná plocha kolektoru
c_{pv}	$\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$	Měrná tepelná kapacita vzduchu
$c_{pv,s}$	$\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$	Střední měrná tepelná kapacita vzduchu
c_{pvoda}	$\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$	Měrná tepelná kapacita vody
$c_{pvoda,s}$	$\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$	Střední měrná tepelná kapacita vody
I_S	$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Průměrná sluneční intenzita absorbovaná skleníkem
I_C	$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	Intenzita celkového slunečního záření na skleník
k	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K}\right]$	Součinitel prostupu tepla
Q_V	$[J]$	Teplo akumulované vzduchem ve skleníku
Q_K	$[J]$	Teplo akumulované ve vodě
\dot{Q}_V	$[W]$	Tepelný výkon skleníku
Q_{Is}	$\left[\frac{J}{m^2}\right]$	Množství energie zachycené kolektorem vztahované na jednotkovou plochu
r	$[-]$	Součinitel odrazivosti skleníku
t	$[^\circ C]$	Teplota
t_{out}	$[^\circ C]$	Vnější teplota skleníku
$t_{out,s}$	$[^\circ C]$	Střední hodnota vnější teploty skleníku
t_{in}	$[^\circ C]$	Vnitřní teplota skleníku
$t_{in,s}$	$[^\circ C]$	Střední hodnota vnitřní teploty skleníku
t_{v1}	$[^\circ C]$	Původní výpočtová teplota vody

t_{v2}	[°C]	Požadovaná výpočtová teplota vody
t_{vs}	[°C]	Střední výpočtová teplota vody
Δt_v	[K]	Výpočtové přehřátí
V_S	[m ³]	Objem skleníku
V_{zv}	[m ³]	Objem vody v zásobníku vody
η	[%]	Střední tepelná účinnost skleníku
η_K	[-]	Střední tepelná účinnost kolektoru pro ohřev vody s jedním krycím sklem
ρ_v	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Hustota vzduchu
ρ_{voda}	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Hustota vody
τ	[s]	Čas

Seznam příloh

Příloha 1 - Kompletní tabulka naměřených hodnot za sledovaná období

Příloha 2 - Výstup programu Maple pro teoretický výpočet kolektorové plochy

Příloha 1 – Kompletní tabulka naměřených hodnot za sledovaná období

Podzimní měření

Datum	27.09.2021		28.09.2021		29.09.2021		30.09.2021		01.10.2021		02.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	10,7	12,2	13,9	15,4	11,6	12,8	9,4	11,0	3,6	5,5	6,1	7,4
	10,5	12,1	14,1	15,4	11,7	12,7	9,4	10,6	3,1	5,3	5,9	7,3
	10,5	12,1	14,0	15,5	11,1	12,6	9,6	10,7	3,1	5,1	5,8	7,2
1	10,2	12,0	13,8	15,4	10,9	12,3	9,2	10,6	2,6	4,9	6,9	7,1
	10,2	11,8	13,8	15,3	10,9	11,9	9,4	10,5	2,6	4,7	6,4	7,4
	10,2	11,8	14,3	15,3	10,8	11,7	9,3	10,7	2,2	4,5	8,1	8,2
2	9,8	11,6	14,4	15,6	10,0	11,5	9,5	10,9	2,0	4,3	9,8	9,4
	9,6	11,4	14,5	15,8	10,0	11,3	9,7	11,1	2,0	4,1	10,8	10,4
	9,7	11,2	14,5	15,8	9,7	11,1	9,8	11,0	2,3	4,1	11,4	11,2
3	9,8	11,2	14,6	15,9	9,7	10,9	9,4	11,2	1,8	3,9	11,4	11,8
	9,8	11,3	14,4	15,8	9,4	10,7	10,2	11,4	1,6	3,7	11,4	12,1
	9,9	11,5	14,8	15,7	9,2	10,3	10,6	11,7	1,4	3,6	12,2	12,3
4	9,8	11,6	14,8	15,8	9,0	10,2	11,1	11,8	1,3	3,4	12,2	12,5
	9,7	11,5	14,4	15,9	8,6	10,0	11,3	11,8	1,2	3,4	12,1	12,5
	9,6	11,3	15,1	15,9	8,6	9,7	11,4	11,9	1,0	3,2	12,2	12,7
5	9,5	11,0	15,1	16,2	8,3	9,5	11,8	12,0	1,6	3,2	12,2	12,7
	9,6	10,9	15,3	16,2	8,0	9,3	11,4	11,9	1,8	3,2	12,2	12,8
	10,0	11,2	15,6	16,3	7,9	9,1	11,4	11,9	1,8	3,3	12,3	12,7
6	10,0	11,6	15,6	16,3	7,6	8,6	11,1	11,8	1,5	3,3	12,3	12,8
	9,8	11,7	15,2	16,3	7,3	8,2	10,9	11,5	1,1	3,2	12,2	12,8
	9,8	11,3	15,2	16,3	7,6	8,3	10,2	11,3	1,2	3,0	12,2	12,8
7	10,2	11,6	15,4	16,6	8,0	8,9	9,5	10,6	1,5	3,1	12,2	12,9
	11,0	12,5	15,5	17,1	8,2	10,0	9,4	10,0	1,2	3,6	12,3	12,9
	11,7	14,1	15,9	18,2	8,9	15,0	9,0	9,7	1,9	4,3	12,3	13,2
8	12,7	17,7	16,1	18,5	9,6	17,3	9,2	10,0	2,7	11,4	12,2	13,8
	13,0	18,9	16,0	18,4	10,0	17,1	9,8	13,9	3,3	13,0	12,7	14,5
	14,0	20,0	16,0	18,0	10,7	17,5	10,0	22,5	4,4	17,0	12,8	14,9
9	15,2	24,8	16,3	18,8	10,6	18,5	10,9	20,7	5,5	18,0	13,1	16,8
	15,7	22,9	16,0	19,1	11,5	19,5	11,1	22,2	7,2	21,3	13,9	20,3
	17,5	24,0	15,9	19,0	12,4	19,6	11,8	23,5	9,7	23,7	13,7	20,7
10	18,4	27,7	16,6	19,7	12,5	17,2	12,1	21,7	11,7	21,6	13,9	19,4
	20,8	30,0	17,7	21,9	13,3	19,0	12,4	22,4	12,3	21,2	14,0	16,7
	21,2	29,5	17,4	23,0	13,5	19,2	12,5	22,3	13,0	20,6	14,5	18,4
11	22,0	29,5	18,1	23,2	14,2	19,2	12,7	23,3	13,6	20,8	15,1	19,0
	22,1	29,2	19,3	27,3	14,9	22,5	13,1	26,0	14,7	22,3	15,8	21,5
	22,3	29,5	19,2	28,5	15,4	22,0	13,8	26,3	15,6	24,2	16,2	20,4

Datum	27.09.2021		28.09.2021		29.09.2021		30.09.2021		01.10.2021		02.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	22,9	31,0	19,5	29,0	15,8	24,8	14,1	25,7	15,8	23,6	17,2	21,5
	23,0	29,1	19,9	30,4	16,8	25,2	14,5	27,3	15,8	25,4	16,5	20,4
	24,4	32,2	19,4	29,6	17,1	23,3	14,9	27,5	16,6	26,2	17,1	21,7
13	23,6	30,4	20,4	30,6	17,3	22,9	14,2	27,6	17,1	25,5	17,3	22,3
	23,0	29,0	21,5	31,1	17,3	22,4	16,0	29,6	17,8	26,2	17,9	23,1
	23,4	29,4	21,9	32,6	17,2	22,0	13,5	26,1	17,8	27,4	18,9	23,9
14	23,9	30,0	21,0	31,3	17,2	22,0	15,1	24,1	18,4	24,2	19,1	24,8
	23,8	30,4	20,5	27,8	17,5	22,8	15,3	25,6	18,2	23,4	19,1	23,1
	23,7	28,7	20,6	26,9	18,1	22,2	15,1	27,4	17,6	23,8	19,4	23,9
15	23,5	28,7	20,0	25,6	17,7	21,7	14,6	22,9	18,6	24,5	19,6	24,3
	22,8	27,8	20,7	24,6	18,6	22,9	16,6	25,9	18,6	24,4	19,6	23,2
	22,4	26,2	19,6	25,5	17,8	21,7	14,1	22,0	18,1	23,2	19,4	22,0
16	21,9	24,9	17,2	22,7	17,3	20,5	14,8	23,2	17,9	21,9	18,9	21,7
	21,4	23,5	16,9	20,6	16,8	19,5	14,7	24,1	17,6	21,6	18,7	21,5
	22,0	24,7	16,8	19,5	16,3	17,9	14,9	23,8	17,2	20,8	18,6	21,0
17	21,8	25,3	16,6	18,8	15,4	17,5	14,5	22,7	16,5	19,1	17,9	19,9
	20,1	22,8	16,4	18,8	14,5	17,0	12,6	17,5	15,4	17,5	17,1	18,8
	19,2	21,0	16,5	18,6	14,2	16,0	12,6	14,5	14,0	15,6	16,0	17,4
18	18,8	20,4	15,9	18,4	14,1	15,6	9,7	13,3	13,1	14,8	15,3	16,6
	18,6	19,8	15,0	17,3	13,9	15,4	9,6	11,1	12,1	14,0	14,8	15,8
	17,3	19,2	14,5	16,3	13,7	15,0	8,8	10,8	11,6	13,1	13,8	15,0
19	16,6	18,3	14,5	16,2	13,6	14,9	7,9	10,8	10,3	12,1	13,2	14,3
	16,6	18,1	14,4	15,8	13,6	15,0	7,0	10,2	9,1	11,4	12,6	13,9
	16,1	17,7	14,1	15,4	13,6	14,9	6,5	9,6	8,8	10,5	12,4	13,4
20	15,9	17,3	13,6	15,0	13,3	14,7	6,5	9,1	8,1	10,1	12,5	13,1
	15,0	16,6	13,6	14,8	12,9	14,4	6,1	8,7	7,8	9,8	12,0	12,8
	14,8	16,2	13,5	14,7	12,7	14,1	5,6	8,3	7,7	9,5	11,7	12,4
21	14,7	16,1	13,6	14,7	12,3	13,9	5,4	8,0	7,5	9,1	11,4	12,2
	14,7	16,4	12,9	14,5	12,2	13,6	5,2	7,7	7,0	8,9	11,2	11,9
	14,7	16,4	13,1	14,3	12,4	13,4	4,8	7,4	6,8	8,6	11,0	11,8
22	14,7	16,3	12,8	14,2	12,1	13,2	4,3	7,0	6,8	8,3	10,7	11,5
	14,6	16,2	12,7	14,0	11,9	12,8	4,2	6,7	6,7	8,1	10,4	11,3
	14,4	16,1	12,6	14,0	11,7	12,2	4,3	6,5	6,7	7,9	10,8	11,3
23	14,3	15,9	12,4	13,7	10,2	11,7	4,1	6,2	6,5	7,7	11,2	11,4
	14,3	15,7	11,6	13,4	9,8	11,2	3,9	6,0	6,5	7,7	11,3	11,7
	14,0	15,5	11,6	13,1	9,4	11,0	3,8	5,8	6,2	7,5	10,7	11,5

Datum	03.10.2021		18.10.2021		19.10.2021		20.10.2021		21.10.2021		22.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	11,0	11,4	1,8	3,4	4,0	5,5	10,4	11,1	11,3	12,2	10,4	10,4
	10,8	11,4	2,2	3,6	4,0	5,0	10,5	11,2	11,4	11,9	10,7	10,9
	10,5	11,2	2,7	4,0	3,6	4,7	10,4	11,2	11,1	11,9	11,2	11,0
1	10,3	10,8	3,1	4,5	3,3	4,3	10,4	11,2	11,3	11,8	10,8	11,1
	10,0	10,7	3,5	4,9	2,6	4,0	10,3	11,2	11,6	12,2	10,1	10,5
	9,4	10,2	3,8	5,2	2,8	3,6	10,4	11,2	11,3	12,0	9,6	10,2
2	9,2	9,9	3,9	5,4	3,2	3,9	10,4	11,1	11,7	12,1	9,2	9,9
	8,7	9,6	4,0	5,5	3,1	4,2	10,3	11,1	11,8	12,3	9,0	9,6
	9,4	9,5	4,2	5,6	3,0	4,1	9,7	10,8	11,9	12,4	8,3	9,0
3	9,5	9,8	4,3	5,7	2,9	3,9	9,8	10,5	11,6	12,3	7,8	8,4
	9,5	9,9	4,5	5,8	2,3	3,6	9,8	10,5	11,6	12,2	7,7	8,2
	9,7	9,9	4,4	6,0	2,4	3,3	9,8	10,6	11,4	12,2	7,7	8,0
4	10,1	10,0	4,6	6,0	2,6	3,4	9,4	10,3	11,0	12,0	7,4	7,7
	10,3	10,5	4,7	6,0	3,1	3,9	9,8	10,3	10,7	11,6	7,2	7,5
	9,8	10,5	4,7	6,1	3,4	4,2	9,8	10,4	10,1	11,1	6,9	7,2
5	9,6	10,3	4,7	6,1	3,5	4,4	9,8	10,3	9,9	10,6	5,6	6,5
	9,3	10,0	4,6	6,0	3,5	4,4	9,6	10,3	10,2	10,5	4,2	5,7
	9,4	9,8	4,7	6,1	3,5	4,5	9,7	10,1	10,4	10,9	3,7	5,1
6	9,5	9,7	4,9	6,3	3,8	4,6	9,6	10,1	10,5	11,1	3,3	4,6
	9,1	9,6	4,9	6,3	3,8	4,7	9,5	10,0	10,4	11,1	2,7	4,3
	8,8	9,4	4,9	6,3	4,0	4,7	9,4	10,0	10,3	11,1	2,5	3,8
7	8,9	9,3	5,1	6,4	3,8	4,9	9,7	10,0	10,4	11,1	2,9	3,6
	9,1	9,6	5,2	6,6	3,8	4,8	9,9	10,3	10,3	11,4	3,0	3,9
	9,0	10,2	5,1	6,7	3,6	5,0	10,2	10,8	10,5	11,8	2,7	3,9
8	10,4	11,3	5,4	7,1	3,6	5,3	10,4	11,5	10,7	12,2	3,8	4,6
	11,3	12,5	5,9	7,9	4,3	8,6	10,7	12,4	10,5	12,1	4,7	6,1
	11,9	14,2	6,2	9,0	4,8	8,3	11,6	14,0	10,0	11,5	4,9	8,5
9	12,3	15,4	6,7	10,5	7,2	14,4	12,6	15,6	10,2	12,0	7,1	11,3
	12,8	16,0	7,5	11,5	9,0	20,3	13,9	19,0	10,3	12,1	7,6	14,2
	13,2	16,5	8,0	12,7	9,2	18,5	13,9	18,7	10,4	11,8	8,6	15,8
10	13,5	17,7	8,4	13,8	9,6	17,8	13,9	18,1	10,4	12,3	10,5	19,8
	13,8	18,5	8,6	14,3	11,9	19,7	14,7	19,1	10,3	12,0	7,7	15,4
	14,5	18,9	9,1	15,1	12,0	20,5	16,1	20,8	10,3	11,7	9,3	19,3
11	15,5	21,2	9,7	16,0	12,2	21,6	17,0	24,9	10,4	11,7	9,7	21,2
	16,3	23,4	10,5	17,6	13,0	23,4	18,2	25,8	10,8	12,1	8,9	21,2
	16,5	22,8	10,0	17,6	13,0	22,9	19,3	27,0	11,2	13,1	12,1	21,8

Datum	03.10.2021		18.10.2021		19.10.2021		20.10.2021		21.10.2021		22.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	16,5	19,9	10,7	18,5	13,0	22,8	19,2	27,7	11,9	14,4	11,5	23,5
	16,2	19,1	11,1	19,3	13,0	22,0	19,5	27,3	12,2	15,6	11,8	24,1
	11,0	20,3	11,0	19,1	14,0	22,8	20,1	28,1	14,4	19,1	12,7	23,3
13	16,5	19,5	11,7	20,3	14,3	24,8	19,6	27,5	16,4	20,7	13,0	25,0
	17,1	20,4	12,7	23,2	14,7	26,4	20,1	30,0	16,3	19,8	12,0	24,2
	17,4	22,0	12,7	23,3	15,2	26,5	20,5	29,2	16,5	19,6	11,4	26,7
14	17,1	22,3	12,4	22,0	14,8	25,5	20,1	28,6	16,7	20,2	11,9	23,6
	17,5	22,0	12,5	21,1	14,9	24,3	19,6	26,9	16,7	21,9	12,4	29,5
	18,0	22,3	12,3	20,2	14,8	23,8	19,7	26,8	17,3	22,9	10,8	19,0
15	18,6	22,4	13,7	26,1	15,1	24,6	19,0	25,4	16,4	21,6	11,5	22,3
	18,6	22,4	12,5	12,6	15,5	24,7	18,9	24,4	16,0	21,7	12,1	25,4
	19,0	22,7	12,9	23,6	15,0	22,7	17,9	22,1	15,3	19,1	12,1	22,7
16	18,8	21,9	12,7	23,3	14,4	20,2	17,6	21,4	14,5	17,2	11,1	21,8
	18,7	21,7	11,7	18,7	13,5	19,5	17,0	20,4	14,2	17,0	10,5	18,9
	18,4	21,1	10,9	17,4	12,4	16,5	16,5	19,1	13,6	14,8	9,7	17,5
17	18,0	20,0	9,6	14,4	11,6	14,4	15,9	17,8	12,6	14,1	9,3	12,9
	17,1	18,6	8,4	12,4	11,0	13,3	15,3	16,8	12,2	13,1	9,0	11,4
	16,4	17,6	7,9	10,9	10,6	12,2	15,0	16,0	11,8	12,3	8,2	10,3
18	15,5	17,0	7,2	9,6	9,9	11,5	14,6	15,6	11,0	11,5	8,1	9,3
	14,7	16,0	6,7	8,7	9,7	11,0	14,1	15,2	10,6	11,0	7,8	8,6
	13,5	14,9	6,3	8,1	9,5	10,6	14,1	14,9	10,7	10,2	7,1	8,1
19	13,0	14,1	5,9	7,6	9,4	10,4	14,0	14,7	10,1	10,4	6,1	7,6
	12,1	13,4	5,5	7,2	9,4	10,2	13,7	14,5	10,0	10,0	6,6	7,2
	11,3	12,9	5,0	6,8	9,4	10,2	13,9	14,4	9,6	9,7	7,2	7,5
20	11,3	12,5	4,8	6,5	9,4	10,2	13,8	14,4	9,4	9,2	8,1	8,2
	11,1	12,1	4,5	6,2	9,3	10,1	13,5	14,1	9,4	9,1	8,2	8,6
	12,6	12,3	4,6	6,1	9,6	10,2	13,4	14,0	9,0	9,0	8,1	8,8
21	12,2	12,5	5,0	5,9	9,7	10,5	13,0	13,6	9,0	8,9	8,0	8,8
	11,5	12,3	5,1	5,9	9,9	10,6	11,9	13,2	8,7	8,6	7,9	8,9
	11,1	12,2	4,8	5,9	9,9	10,7	11,6	12,6	8,8	8,7	8,3	8,9
22	11,2	11,8	4,6	5,7	10,0	10,8	12,6	12,7	9,2	8,7	8,4	9,0
	10,6	11,6	4,6	5,6	10,1	10,9	12,1	12,6	8,9	8,8	8,1	8,9
	11,0	11,4	4,9	5,6	10,1	11,0	12,1	12,6	9,6	8,9	8,0	8,6
23	10,8	11,5	4,9	5,6	10,2	10,9	12,1	12,7	9,6	9,3	8,1	8,7
	11,4	11,4	5,1	5,9	10,3	11,1	11,8	12,5	10,2	9,9	8,3	8,7
	11,1	11,5	4,9	5,8	10,3	11,2	11,9	12,4	10,4	10,4	8,1	8,7

Datum	23.10.2021		24.10.2021		25.10.2021		26.10.2021		27.10.2021		28.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	8,0	8,8	-0,5	1,4	0,4	2,1	1,1	3,6	6,5	8,3	3,5	4,9
	7,8	8,7	-0,8	1,2	0,3	1,9	0,9	3,5	6,7	8,3	3,4	4,9
	7,6	8,7	-1,2	0,9	1,6	2,1	0,8	3,3	6,9	8,4	3,3	4,8
1	7,0	8,2	-1,4	0,7	1,5	2,3	0,6	3,1	6,4	8,5	3,4	4,7
	6,8	7,8	-1,3	0,5	2,6	2,6	0,4	2,8	6,4	8,5	3,4	4,6
	5,7	7,3	-1,5	0,3	2,9	2,9	0,6	2,9	6,4	8,5	3,1	4,5
2	5,7	7,2	-1,5	0,1	2,9	3,0	0,6	2,9	6,4	8,5	2,8	4,2
	6,0	7,2	-1,4	0,0	2,8	2,9	0,5	2,7	6,8	8,3	2,5	4,1
	6,6	7,4	-1,3	0,1	2,6	2,9	0,5	2,7	6,8	8,3	2,3	3,9
3	6,6	7,5	-1,6	0,0	2,5	2,8	0,3	2,7	6,4	8,1	2,2	3,7
	6,6	7,3	-1,5	-0,1	2,2	2,6	0,1	2,5	6,4	7,9	1,7	3,5
	6,7	7,3	-2,6	-0,3	3,0	2,8	0,4	2,4	6,5	8,0	1,6	3,2
4	6,7	7,3	-2,6	-0,8	2,8	2,8	0,0	2,4	6,7	8,2	1,3	3,0
	6,6	7,5	-2,3	-0,9	2,7	2,8	0,0	2,2	6,7	8,3	1,1	2,9
	6,6	7,5	-2,3	-0,9	2,7	2,8	-0,2	2,1	6,7	8,2	1,0	2,8
5	6,3	7,2	-2,0	-1,0	2,2	2,7	0,0	2,1	7,1	8,3	1,0	2,6
	5,7	6,5	-1,8	-0,8	2,8	2,6	0,6	2,1	7,2	8,4	1,1	2,5
	5,8	6,1	-2,6	-1,1	2,4	2,6	0,1	2,1	7,3	8,5	0,5	2,4
6	5,3	5,9	-2,9	-1,3	1,4	2,6	-0,3	1,8	7,3	8,6	0,2	2,1
	5,2	5,6	-3,3	-1,5	2,1	2,5	-0,1	1,8	7,1	8,5	-0,2	1,8
	5,2	5,6	-3,0	-1,8	2,3	2,3	0,3	1,9	7,2	8,4	-0,3	1,7
7	4,9	5,3	-3,2	-2,0	1,8	2,2	0,4	1,9	7,2	8,5	0,0	1,5
	5,0	5,5	-3,4	-2,0	2,0	2,0	-0,5	1,4	7,3	8,5	0,0	1,6
	5,1	6,1	-3,1	-1,9	1,9	2,1	-0,7	1,2	7,5	8,7	-0,2	1,6
8	5,4	6,4	-3,0	-1,1	2,6	3,2	-0,6	1,5	7,6	8,8	0,3	2,1
	5,5	6,8	-2,5	0,7	3,8	8,5	-0,1	2,2	7,7	9,2	1,2	5,0
	5,9	7,8	-1,5	5,1	4,5	12,2	0,6	3,7	7,8	9,6	1,9	8,4
9	5,8	8,0	-0,1	8,9	5,9	14,9	1,8	5,8	8,0	10,0	2,9	11,4
	6,0	9,5	0,4	14,1	6,5	16,3	3,3	9,2	8,3	10,6	4,1	15,1
	6,7	12,5	2,4	17,1	7,5	18,0	4,9	11,4	8,6	11,3	6,2	17,5
10	7,4	17,0	3,7	18,2	8,5	18,4	7,9	15,5	8,8	12,0	8,1	20,0
	7,5	15,6	4,7	17,0	9,0	18,6	17,7	17,2	9,4	12,9	9,3	22,3
	7,6	14,6	5,2	17,9	9,1	19,6	8,2	17,6	10,4	14,9	9,9	23,2
11	9,1	14,1	7,2	21,0	10,8	19,8	9,1	18,4	10,8	17,2	11,3	24,1
	8,2	17,6	7,8	22,2	10,7	18,4	10,4	21,9	11,0	17,4	11,5	24,4
	12,0	19,5	9,6	21,8	11,7	17,9	9,5	20,9	11,2	16,8	13,2	25,0

Datum	23.10.2021		24.10.2021		25.10.2021		26.10.2021		27.10.2021		28.10.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	8,1	16,6	9,4	22,1	12,6	19,0	9,8	19,6	12,2	19,2	13,6	27,3
	8,5	15,2	9,6	22,1	12,2	21,3	10,0	19,6	11,6	18,7	13,9	29,4
	9,0	14,2	10,5	22,9	12,7	22,0	10,6	21,1	11,8	18,3	14,3	26,7
13	9,9	19,1	10,8	22,9	13,6	23,1	11,8	22,9	12,2	22,3	15,3	29,3
	9,2	18,8	11,6	26,0	13,8	26,8	12,4	26,9	12,0	20,0	15,1	31,5
	9,2	17,1	11,1	28,4	13,4	26,0	12,3	25,7	12,6	20,3	15,0	31,1
14	9,4	18,2	12,0	29,4	14,2	26,8	12,0	26,8	12,5	20,6	14,5	30,7
	8,9	14,4	12,4	30,4	13,8	27,8	11,8	25,1	14,0	23,4	14,2	31,2
	8,6	12,9	11,6	25,0	13,4	22,9	12,6	25,8	13,1	23,2	14,6	28,5
15	8,4	12,7	11,7	24,7	13,5	22,6	13,1	26,8	13,7	24,0	14,3	27,1
	8,9	17,0	11,6	22,6	13,0	19,7	13,5	27,5	13,3	23,5	13,8	26,0
	9,2	19,3	10,9	20,8	12,6	18,9	12,6	25,0	12,8	22,2	13,5	24,1
16	8,8	15,8	11,1	21,9	11,9	17,5	12,0	21,3	13,2	22,5	13,0	23,1
	9,1	14,3	10,8	19,9	11,0	14,5	11,8	18,9	12,0	20,4	12,1	21,8
	8,5	11,7	9,5	16,6	10,5	14,0	10,6	16,8	11,2	17,6	11,0	16,6
17	7,8	10,1	8,9	12,7	9,7	12,4	10,5	14,9	10,2	15,5	10,6	13,9
	7,7	9,5	7,6	11,1	8,5	11,7	10,0	14,0	8,7	13,3	9,8	12,7
	7,1	8,7	6,5	9,6	7,5	10,4	9,7	13,0	8,3	11,1	9,4	11,5
18	6,4	7,8	5,9	8,4	6,5	9,2	9,2	12,1	7,5	9,8	8,9	10,6
	5,3	7,3	4,6	7,4	5,5	8,2	9,0	11,3	6,8	8,9	8,6	10,0
	5,2	6,8	4,5	6,7	5,7	7,5	9,1	11,3	6,4	8,3	8,3	9,6
19	5,4	6,9	4,1	6,1	6,1	7,4	9,0	11,2	5,8	7,8	8,1	9,1
	5,1	6,9	3,3	5,5	6,7	7,2	8,6	11,0	5,3	7,5	7,4	8,5
	4,1	6,6	3,4	5,1	5,1	7,0	8,5	10,7	5,0	7,2	8,0	8,2
20	2,9	5,6	3,2	4,9	4,7	6,6	8,4	10,5	4,7	6,8	7,6	8,3
	2,5	4,8	3,3	4,7	4,7	6,3	8,4	10,4	4,8	6,6	7,0	7,9
	2,3	4,4	3,0	4,5	3,7	6,1	8,4	10,3	4,3	6,4	7,1	7,7
21	1,6	3,9	1,8	4,1	3,3	5,2	8,3	10,2	4,0	6,1	6,8	7,4
	1,3	3,6	1,3	3,5	3,4	5,5	8,1	10,0	3,6	5,8	7,3	7,5
	1,7	3,0	0,9	3,0	2,4	5,5	7,7	9,8	3,3	5,6	6,8	7,5
22	1,1	3,1	1,4	2,9	2,6	4,7	7,8	9,3	3,2	5,5	6,2	7,5
	0,9	2,9	1,2	2,9	2,2	4,7	7,3	9,4	4,1	5,5	6,4	6,8
	0,1	2,6	0,8	2,6	1,7	4,4	6,6	8,9	4,2	5,6	6,6	6,7
23	0,3	2,2	1,4	2,5	1,8	4,2	6,7	8,6	4,1	5,6	5,4	6,6
	-0,1	1,8	0,4	2,2	1,6	3,6	6,8	8,4	4,1	5,5	5,5	6,2
	-0,4	1,6	0,8	2,2	1,2	3,5	6,7	8,5	3,3	5,2	5,3	6,0

Datum	29.10.2021		30.10.2021		31.10.2021		01.11.2021		02.11.2021		03.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	4,5	5,7	5,8	7,0	8,6	9,6	8,5	9,0	9,3	10,6	5,5	6,1
	5,2	5,5	5,8	6,8	8,0	9,0	8,7	8,8	8,9	10,5	5,6	6,3
	4,9	5,5	5,7	6,5	7,8	8,6	9,3	9,4	8,6	10,1	5,7	6,3
1	5,3	5,4	6,3	6,6	7,4	8,2	9,1	9,6	8,4	9,9	5,6	6,3
	5,1	5,1	5,8	6,7	8,5	8,1	9,5	9,7	8,2	9,8	5,7	6,3
	5,4	4,9	5,2	6,4	9,0	8,6	9,2	9,6	8,0	9,7	5,0	6,3
2	4,8	5,0	4,3	6,0	8,4	9,0	9,2	9,5	8,1	9,6	4,9	5,4
	5,0	5,0	3,4	5,3	9,0	9,1	9,1	9,4	8,1	9,4	5,1	5,8
	4,7	5,2	4,2	5,2	8,2	9,1	8,8	9,2	8,2	9,4	5,3	5,9
3	5,4	5,3	4,1	5,3	8,4	9,0	8,7	9,0	8,2	9,3	5,4	6,0
	5,5	5,6	4,3	5,1	8,4	9,0	8,5	8,9	8,2	9,2	5,0	5,9
	6,0	5,8	3,7	4,9	8,7	9,0	8,1	8,6	8,2	9,2	4,1	5,4
4	5,7	6,1	2,3	4,5	8,1	8,8	8,1	8,5	8,1	9,1	3,0	4,3
	5,4	5,9	2,2	4,0	8,1	8,7	7,8	8,3	7,4	8,8	3,3	3,7
	5,6	5,8	1,2	3,7	8,0	8,6	7,8	8,2	7,3	8,6	3,0	3,5
5	5,5	5,8	1,2	3,3	7,7	8,4	7,9	8,2	7,2	8,4	2,5	3,3
	5,5	5,8	0,8	2,9	7,1	8,2	7,9	8,2	6,8	8,2	2,3	2,7
	5,4	5,8	0,4	2,6	7,4	8,1	7,8	8,1	6,6	7,9	2,4	2,6
6	5,2	5,6	-0,1	2,3	7,6	8,1	7,7	8,0	6,7	7,9	2,1	2,6
	5,1	5,5	0,0	1,9	7,8	8,1	7,7	8,0	6,4	7,7	1,8	2,4
	5,5	5,4	1,4	1,9	7,8	8,6	7,4	8,0	6,4	7,6	1,5	2,3
7	5,5	5,5	1,1	1,9	8,0	10,1	7,8	8,6	6,3	7,5	1,7	3,0
	5,3	5,5	0,5	1,9	8,1	10,6	8,1	10,1	6,2	7,7	1,9	6,2
	5,1	5,7	0,1	2,0	9,1	12,6	8,4	11,4	6,4	7,8	2,2	6,0
8	5,4	6,6	0,5	3,2	10,2	18,1	8,9	13,0	6,3	8,0	2,9	5,3
	6,1	10,5	3,0	7,6	10,1	17,4	9,5	14,6	6,6	8,7	3,2	5,9
	6,9	13,8	6,2	11,6	10,4	16,5	10,4	15,3	6,6	9,1	3,6	6,3
9	7,8	16,7	8,1	15,6	10,7	17,2	10,9	16,4	6,9	9,9	4,3	7,8
	8,5	19,6	9,3	18,6	11,6	19,2	11,2	17,4	7,1	11,3	4,9	8,5
	9,6	20,5	10,4	19,3	11,5	20,1	12,3	18,7	7,2	11,0	6,7	11,4
10	10,2	20,9	11,4	20,2	11,4	18,1	12,4	17,9	7,9	12,2	7,7	15,2
	10,8	22,0	11,9	21,5	12,2	18,6	13,6	18,6	8,1	13,4	7,9	15,6
	11,5	23,0	12,7	22,5	12,9	19,9	14,6	20,0	7,4	11,3	6,5	11,1
11	12,3	23,8	13,3	23,3	13,9	21,7	15,6	22,4	7,5	10,9	6,7	10,0
	13,2	24,0	14,4	23,6	14,6	24,7	15,3	22,0	7,4	10,4	7,1	10,2
	14,3	24,7	14,7	24,0	16,2	26,4	16,4	23,1	7,5	10,9	6,7	9,2

Datum	29.10.2021		30.10.2021		31.10.2021		01.11.2021		02.11.2021		03.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	14,8	25,7	15,2	25,4	16,6	28,1	16,3	23,8	7,7	11,3	7,1	9,2
	14,9	28,2	15,2	25,6	16,3	29,4	16,3	26,3	7,5	10,8	7,1	8,8
	15,6	26,5	16,7	25,5	16,7	28,2	16,4	27,3	7,8	10,7	7,4	9,0
13	15,8	27,6	16,9	27,5	16,8	28,5	15,6	27,9	8,1	10,9	7,6	9,5
	15,9	30,4	16,2	27,2	16,0	24,6	15,9	26,4	7,5	11,1	7,4	9,4
	15,9	29,2	16,8	27,5	17,2	25,5	14,5	21,9	7,9	11,2	7,4	9,2
14	15,7	29,8	17,0	30,1	16,1	22,5	13,8	18,0	8,2	10,8	8,0	9,4
	15,8	28,9	16,7	28,0	15,8	23,2	13,3	17,0	8,0	10,9	8,0	9,1
	16,1	28,2	16,9	26,3	15,6	21,0	12,7	15,5	7,9	10,5	8,1	9,1
15	15,8	26,4	16,5	24,5	15,1	20,3	12,4	14,4	7,8	10,0	8,4	9,5
	15,2	24,2	16,0	24,9	14,1	17,6	12,0	13,7	7,9	9,6	8,5	9,5
	14,9	23,4	15,9	23,0	13,4	15,3	11,6	12,9	8,0	10,0	8,5	9,4
16	14,8	22,9	15,6	22,1	12,8	14,2	11,2	12,6	7,9	10,0	8,5	9,2
	13,9	21,0	14,6	19,9	12,3	13,4	11,1	12,6	7,7	9,6	8,5	9,3
	13,1	17,1	13,9	16,6	11,8	12,8	11,0	12,6	7,6	9,2	8,5	9,2
17	12,5	15,2	13,6	15,2	11,1	12,3	10,7	12,4	7,6	9,0	8,7	9,3
	12,1	14,1	12,9	14,4	10,0	11,3	10,4	12,0	7,6	8,9	8,7	9,4
	11,6	13,1	12,4	13,6	10,3	10,6	10,5	11,7	7,6	8,8	8,8	9,5
18	11,0	12,4	12,4	13,0	10,7	11,0	10,6	11,8	7,6	8,8	8,9	9,5
	11,4	11,9	11,9	12,8	10,6	11,2	10,3	11,8	7,5	8,6	9,0	9,6
	10,9	11,7	11,8	12,5	10,6	11,1	10,3	11,7	7,2	8,5	9,2	9,7
19	10,3	11,3	11,3	12,1	10,5	11,0	10,0	11,6	7,2	8,3	9,4	9,8
	10,2	11,0	11,6	11,9	10,1	10,7	10,2	11,5	6,7	8,1	9,5	9,9
	10,0	10,7	11,0	11,7	10,0	10,5	9,9	11,4	6,0	7,5	9,5	10,0
20	9,7	10,6	11,0	11,6	10,2	10,6	9,8	11,2	5,3	6,8	9,8	10,0
	9,3	10,3	11,0	11,3	9,6	10,0	9,9	11,0	5,2	6,3	10,0	10,3
	9,5	10,1	10,7	11,3	9,5	10,0	9,9	10,9	5,5	6,3	10,0	10,4
21	9,6	9,9	11,7	11,1	9,6	10,0	9,9	11,1	5,1	6,0	10,0	10,4
	9,3	9,7	10,7	10,9	9,3	9,8	10,0	11,2	5,0	5,6	10,0	10,4
	9,5	9,6	10,2	10,8	9,7	9,8	9,8	11,1	5,0	5,5	10,0	10,4
22	8,8	9,4	10,0	10,7	9,3	9,7	9,7	11,1	5,6	5,8	9,9	10,4
	7,5	9,0	10,0	10,5	9,1	9,6	9,7	11,1	5,7	6,4	9,8	10,0
	6,9	8,3	9,8	10,4	9,0	9,5	9,6	10,9	5,4	6,3	9,7	9,9
23	6,5	7,8	9,6	10,3	9,0	9,4	9,5	10,9	5,1	6,0	9,6	9,8
	6,8	7,4	9,6	10,0	8,4	9,3	9,3	10,8	5,2	5,8	9,1	9,9
	6,4	7,3	9,5	9,7	8,7	9,2	9,3	10,8	5,4	6,0	9,8	10,0

Datum	04.11.2021		05.11.2021		06.11.2021		07.11.2021		08.11.2021		09.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	9,6	10,1	6,8	7,4	6,1	6,8	-0,2	0,7	5,8	6,6	3,0	4,4
	9,6	10,0	6,7	7,1	6,1	6,8	-0,2	0,4	6,3	6,3	2,7	3,8
	9,8	10,1	6,0	6,6	6,2	6,9	-0,9	0,4	6,5	6,7	2,6	3,4
1	9,6	10,0	6,1	6,0	6,1	6,9	-1,2	0,1	6,5	7,0	2,5	3,5
	9,6	10,0	6,5	6,5	6,2	6,7	-1,5	-0,4	6,7	7,2	2,6	3,7
	9,4	10,0	6,2	6,5	6,1	6,7	-2,4	-0,6	6,8	7,2	2,6	3,8
2	9,2	9,8	6,0	6,2	6,0	6,9	-2,3	-1,0	6,2	7,0	2,4	4,0
	9,2	9,8	6,3	6,2	5,9	6,7	-2,4	-1,1	6,3	6,1	2,8	4,2
	9,3	9,8	6,7	6,7	5,9	6,4	-2,4	-1,4	6,3	6,3	2,4	4,3
3	9,3	9,9	6,8	7,0	5,8	6,4	-1,7	-1,4	6,3	6,6	3,0	4,3
	9,4	9,9	6,7	7,2	5,4	5,9	-1,9	-1,0	6,1	6,5	2,7	4,1
	9,6	10,0	6,5	7,3	4,6	5,4	-2,1	-1,1	5,4	6,2	2,8	3,6
4	9,8	10,1	6,1	7,0	4,1	5,4	-2,3	-1,3	5,6	5,7	2,0	3,2
	9,9	10,2	5,9	6,3	4,7	5,4	-1,9	-1,2	5,4	6,1	1,4	2,6
	10,0	10,2	5,4	6,2	4,5	5,5	-1,6	-0,9	5,7	6,2	1,4	2,4
5	10,0	10,4	5,9	6,1	4,1	5,4	-1,7	-1,1	5,7	6,1	1,8	2,9
	10,3	10,5	6,1	6,6	4,2	5,2	-2,2	-1,0	5,4	6,1	2,0	3,3
	10,3	10,6	6,2	6,7	4,1	5,0	-2,1	-1,2	6,1	6,3	1,4	3,2
6	10,5	10,7	6,4	6,8	4,1	5,1	-2,4	-1,3	6,0	6,5	2,4	3,5
	10,6	10,8	6,4	6,9	4,2	5,3	-2,0	-1,4	5,4	6,5	2,4	3,8
	10,6	10,9	6,5	7,1	4,3	5,3	-1,3	-1,0	5,9	6,5	2,6	3,9
7	10,3	10,8	6,6	7,3	4,3	5,3	-1,0	-0,3	6,0	6,6	2,8	4,2
	10,5	10,8	6,9	8,0	4,6	5,5	-0,5	0,4	6,0	6,6	3,5	6,5
	10,6	10,9	6,9	8,1	4,5	5,9	0,1	1,8	6,1	6,8	4,2	8,7
8	10,9	11,1	7,1	8,7	5,1	6,5	0,6	3,7	6,2	7,1	4,4	10,9
	11,0	11,4	7,3	9,0	5,5	7,1	1,2	4,6	6,3	7,4	4,8	11,3
	11,2	11,5	7,4	9,0	5,9	7,8	1,9	6,3	6,6	8,0	6,1	15,5
9	11,6	11,9	7,6	9,8	6,5	8,5	2,4	6,6	6,9	8,8	6,2	17,2
	12,3	12,5	7,7	10,0	6,9	9,3	2,8	6,3	7,3	10,0	7,3	19,7
	12,3	12,9	7,8	10,4	7,2	9,9	5,2	10,3	7,5	10,8	8,4	21,3
10	12,1	13,0	8,2	10,6	7,5	10,9	7,0	14,9	8,0	11,9	8,7	22,6
	11,8	12,7	8,4	12,1	9,2	14,6	8,1	17,1	7,9	12,5	10,2	22,7
	12,1	12,1	8,7	12,7	9,4	16,0	9,1	17,5	7,4	12,0	11,6	24,2
11	11,4	15,7	8,7	12,7	9,9	18,7	11,4	20,1	7,3	11,2	9,9	26,7
	11,1	15,4	8,7	11,8	10,7	19,3	10,3	22,3	7,6	11,6	10,8	27,4
	9,8	12,7	8,5	11,4	12,4	23,8	11,7	23,0	7,7	12,0	11,2	27,7

Datum	04.11.2021		05.11.2021		06.11.2021		07.11.2021		08.11.2021		09.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	10,2	13,2	8,7	11,8	13,2	25,3	10,8	19,6	7,5	12,2	11,2	28,0
	9,6	11,9	8,8	11,7	11,0	24,9	11,4	21,0	7,5	11,8	12,1	31,2
	9,4	11,4	9,3	13,0	11,7	27,7	11,4	21,8	7,3	12,1	10,4	30,2
13	9,8	11,9	9,0	12,5	14,0	34,3	10,4	18,7	7,3	12,1	9,2	19,9
	9,4	10,6	8,5	10,4	10,3	19,3	9,7	15,3	7,7	12,1	10,5	18,5
	9,5	11,0	8,4	10,1	9,3	14,8	9,2	13,6	7,7	11,9	12,3	25,4
14	9,3	10,7	8,4	9,7	10,0	15,3	8,5	11,7	7,5	11,9	12,4	28,3
	9,1	10,4	8,0	9,1	10,8	20,6	8,7	11,2	7,7	11,7	11,1	25,0
	8,9	9,9	6,2	8,0	10,9	22,4	8,9	11,3	6,7	10,5	10,5	22,5
15	9,1	10,1	6,0	7,6	10,6	19,4	8,6	11,4	6,8	10,0	9,3	16,8
	8,5	9,7	6,2	7,9	8,5	15,2	8,5	10,2	6,5	9,5	8,5	13,4
	8,5	9,1	6,4	8,1	6,6	11,6	7,5	9,5	6,4	8,9	6,9	11,2
16	8,6	9,3	6,2	7,7	5,7	9,2	7,3	8,9	6,4	8,5	5,9	9,4
	8,3	9,0	6,4	7,4	5,4	7,4	7,2	8,6	6,3	7,9	5,3	8,0
	8,1	8,7	6,5	7,2	4,3	6,1	6,8	8,2	6,3	7,9	4,5	7,2
17	7,4	8,2	6,5	7,1	3,4	5,1	7,2	8,2	6,3	7,6	4,1	6,7
	7,8	8,1	6,4	7,0	2,8	4,3	7,2	8,2	6,5	7,5	3,4	6,1
	8,0	8,4	6,5	7,1	2,3	3,7	7,3	8,2	6,5	7,5	2,6	5,5
18	8,1	8,5	6,5	7,2	2,1	3,4	7,2	8,2	6,6	7,4	2,4	5,1
	8,1	8,5	6,4	7,2	1,6	3,1	7,4	8,2	6,6	7,4	2,0	4,6
	7,9	8,5	6,1	6,9	1,9	3,0	7,3	8,2	6,1	7,2	1,9	4,1
19	7,7	8,3	6,1	6,8	1,5	2,6	7,2	8,1	5,3	6,7	1,7	4,0
	7,3	7,9	6,1	6,8	1,4	2,3	7,0	8,1	5,2	6,1	1,4	3,7
	7,4	7,8	6,1	6,8	0,9	2,2	6,8	8,0	3,2	5,2	1,2	3,3
20	7,4	7,7	5,7	7,0	1,0	2,0	6,5	7,6	3,3	4,4	0,6	3,0
	7,2	7,5	5,9	6,6	0,8	1,7	6,4	7,5	2,6	4,0	1,6	3,4
	6,8	7,0	6,0	6,7	0,6	1,5	6,2	7,4	3,5	4,3	2,4	3,4
21	6,8	6,8	5,9	6,7	0,5	1,4	6,5	7,6	3,7	4,8	3,1	3,2
	7,0	7,3	6,0	6,7	0,5	1,4	6,4	7,5	3,8	5,2	3,6	3,8
	7,4	7,5	5,9	6,7	0,5	1,2	6,2	7,4	4,0	5,3	3,4	4,0
22	7,3	7,6	5,9	6,6	0,0	0,8	6,4	7,3	4,0	5,4	3,4	4,0
	7,2	7,5	5,9	6,7	-0,1	0,8	6,7	7,2	4,1	5,4	4,1	4,1
	7,1	7,6	6,1	6,7	0,0	0,7	6,6	7,3	4,4	5,4	4,1	4,6
23	7,1	7,6	6,0	6,8	-0,5	0,7	6,7	7,2	4,1	5,5	4,3	4,6
	7,1	7,6	6,0	6,7	0,0	0,5	6,6	7,1	4,2	5,5	3,8	4,4
	7,0	7,6	6,1	6,8	0,2	0,7	5,8	6,6	3,8	5,1	4,1	4,2

Datum	10.11.2021		11.11.2021		12.11.2021		13.11.2021		14.11.2021		15.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	3,8	4,1	6,0	7,0	4,1	5,6	5,2	6,1	3,5	4,7	5,1	5,9
	4,4	4,2	6,1	7,1	4,0	5,6	5,0	6,1	3,5	4,7	5,0	5,9
	3,4	4,3	6,2	7,1	4,0	5,6	4,7	5,9	3,5	4,7	4,9	5,9
1	3,6	4,2	6,3	7,2	3,4	5,5	4,1	5,7	3,5	4,7	4,9	5,9
	3,8	4,1	6,3	7,2	3,5	5,5	4,8	5,7	3,5	4,6	4,9	5,8
	4,2	4,1	6,2	7,2	3,8	5,4	4,8	5,8	3,6	4,7	5,0	5,9
2	4,0	4,2	6,3	7,3	3,8	5,3	4,5	5,9	3,6	4,7	5,9	5,9
	4,3	4,1	6,2	7,2	3,8	5,3	4,8	5,8	3,6	4,7	5,0	5,8
	4,2	4,3	6,2	7,1	3,7	5,3	4,8	5,9	3,6	4,8	5,0	5,8
3	4,4	4,5	6,3	7,2	3,7	5,2	4,8	5,9	3,6	4,8	5,0	5,7
	4,6	4,6	6,2	7,3	3,7	5,2	4,6	5,8	3,6	4,8	4,9	5,8
	4,6	4,9	6,3	7,2	3,6	5,1	4,2	5,5	3,6	4,8	4,8	5,7
4	5,0	5,2	6,3	7,3	3,5	5,1	4,1	5,3	3,6	4,7	4,8	5,7
	5,0	5,4	6,2	7,3	3,6	4,9	3,8	5,0	3,6	4,8	4,7	5,7
	4,4	5,4	6,2	7,2	3,5	5,0	3,2	4,4	3,6	4,8	4,7	5,7
5	4,4	5,5	6,1	7,1	3,6	5,0	2,4	3,9	3,6	4,8	4,7	5,7
	4,5	5,6	6,0	7,1	3,4	4,9	2,1	3,5	3,6	4,8	4,7	5,7
	4,6	5,5	6,0	7,1	3,5	4,9	2,1	3,3	3,7	4,8	4,6	5,6
6	4,7	5,5	6,0	7,0	3,5	4,9	1,3	3,1	3,7	4,8	4,7	5,7
	4,5	5,3	5,9	7,0	3,6	5,0	1,4	2,7	3,7	4,9	4,7	5,6
	4,1	5,0	5,9	7,0	3,5	5,0	0,8	2,2	3,8	4,9	4,6	5,6
7	3,9	4,9	5,8	7,0	3,5	5,0	0,7	1,9	3,8	5,0	4,6	5,6
	4,4	7,7	5,9	7,2	3,6	5,2	1,2	2,2	3,9	5,2	4,7	5,7
	5,0	10,9	5,9	7,3	3,7	5,4	2,0	3,1	4,0	5,5	4,7	6,1
8	5,6	12,7	5,9	7,5	3,8	5,6	2,9	4,0	4,2	5,8	5,0	6,7
	6,6	15,6	6,0	7,8	4,0	6,2	2,5	4,7	4,3	6,2	5,2	7,5
	7,2	16,5	6,0	8,1	4,1	6,7	4,0	5,5	4,5	6,6	5,5	8,3
9	7,7	17,3	6,1	8,4	4,4	7,0	4,5	6,2	4,4	6,9	5,7	8,8
	8,5	18,6	6,1	8,7	4,5	7,2	4,8	6,9	4,6	7,2	5,9	9,5
	9,4	20,7	6,2	8,8	4,5	7,3	4,8	7,4	4,8	7,5	6,2	10,8
10	9,9	20,1	6,1	8,9	4,7	7,4	4,9	7,5	5,0	7,9	6,6	11,9
	10,4	19,8	6,0	8,8	4,8	7,7	4,9	7,3	5,0	8,1	6,9	12,9
	9,8	21,6	6,1	8,9	5,0	7,9	5,1	7,4	5,2	8,4	7,4	14,0
11	9,5	21,0	6,0	9,0	5,0	8,0	5,5	8,5	5,3	8,6	8,4	14,8
	10,4	20,8	5,9	9,0	5,0	8,1	5,3	8,5	5,3	8,8	8,4	20,9
	10,6	23,9	5,8	8,7	5,0	8,1	5,4	8,5	5,5	9,0	10,5	25,4

Datum	10.11.2021		11.11.2021		12.11.2021		13.11.2021		14.11.2021		15.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	10,5	24,3	5,8	8,8	5,0	7,9	5,2	8,1	5,4	9,1	10,1	28,0
	11,3	27,3	5,7	8,6	5,1	7,8	5,3	8,3	5,5	9,1	10,3	27,1
	11,5	30,0	6,0	8,8	5,1	7,8	5,0	8,1	5,6	9,1	10,5	29,4
13	11,6	27,8	5,8	8,8	5,0	7,8	5,0	7,8	5,9	9,6	10,6	29,4
	12,0	27,0	5,9	8,7	5,0	7,7	5,0	7,9	6,1	9,8	9,8	25,9
	10,5	24,1	5,9	8,5	5,1	7,5	5,2	8,1	5,8	9,3	9,5	24,8
14	10,1	20,9	5,8	8,4	5,0	7,4	5,1	8,6	5,8	9,1	9,0	24,0
	9,9	21,0	5,7	8,1	4,9	7,1	4,8	7,9	5,9	8,8	8,8	22,6
	9,0	16,8	5,5	7,8	4,9	6,9	4,7	7,4	5,8	8,4	7,7	19,0
15	8,6	13,5	5,4	7,5	4,8	6,6	4,5	6,9	5,7	7,8	6,6	13,6
	7,9	12,1	5,3	7,3	4,7	6,4	4,4	6,4	5,6	7,5	6,0	10,4
	7,5	10,8	5,2	7,1	4,7	6,2	4,3	6,1	5,6	7,4	5,4	8,7
16	6,6	9,4	5,1	6,8	4,6	6,0	4,1	5,9	5,6	7,1	4,4	7,5
	5,9	8,2	5,1	6,7	4,6	5,8	4,0	5,7	5,5	7,0	4,0	6,4
	5,6	7,5	5,0	6,5	4,6	5,8	3,4	5,4	5,4	6,9	4,2	5,7
17	5,3	7,1	5,0	6,4	4,6	5,8	3,4	5,3	5,5	6,7	3,8	5,3
	5,4	6,8	4,4	6,4	4,6	5,8	3,8	5,2	5,4	6,6	3,7	4,9
	4,8	6,6	4,4	6,3	4,6	5,7	3,7	5,1	5,4	6,6	3,4	4,7
18	5,1	6,2	4,4	6,3	4,7	5,8	3,7	5,1	5,4	6,5	3,4	4,5
	5,2	6,2	4,8	6,2	4,7	5,8	3,7	5,0	5,4	6,5	3,4	4,4
	4,4	6,1	4,7	6,1	4,6	5,8	3,6	4,9	5,3	6,4	3,6	4,3
19	4,8	5,9	4,6	6,1	4,6	5,7	3,6	4,9	5,4	6,2	3,6	4,3
	4,8	5,9	4,6	6,0	4,6	5,7	3,4	4,8	5,3	6,1	3,5	4,2
	4,6	5,8	4,5	5,9	4,7	5,7	3,3	4,7	5,2	6,1	3,4	4,2
20	4,7	5,7	4,4	5,9	4,7	5,7	3,4	4,7	5,0	5,9	3,3	4,0
	4,5	5,6	4,4	5,9	4,7	5,7	3,3	4,7	4,9	5,9	2,9	3,9
	4,6	5,5	4,4	5,8	4,7	5,7	3,3	4,7	4,4	5,7	2,8	3,6
21	4,5	5,4	4,4	5,8	4,6	5,7	3,4	4,7	4,9	5,8	3,5	3,8
	4,8	5,6	4,4	5,8	4,8	5,8	3,3	4,7	4,8	5,8	4,0	4,5
	5,7	6,2	4,3	5,7	4,4	5,8	3,3	4,6	4,8	5,8	4,2	5,0
22	5,1	6,6	4,2	5,6	5,1	5,9	3,1	4,6	4,8	5,9	4,7	5,2
	5,7	6,8	4,1	5,6	5,0	6,0	3,4	4,7	4,4	5,8	4,2	5,3
	5,6	6,8	4,1	5,6	5,1	5,9	3,4	4,6	4,4	5,9	4,0	5,2
23	5,6	6,8	4,1	5,5	5,2	6,0	3,4	4,6	4,3	5,9	4,1	5,1
	5,7	6,8	4,1	5,5	5,2	6,1	3,5	4,6	5,0	5,9	4,2	5,3
	5,4	6,9	4,0	5,6	5,2	6,1	3,4	4,7	5,1	5,9	4,3	5,4

Datum	16.11.2021		17.11.2021		18.11.2021		19.11.2021		20.11.2021		21.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	4,5	5,5	5,2	6,1	5,0	5,5	4,8	5,9	8,4	8,5	7,4	8,4
	4,5	5,5	5,1	6,1	4,8	5,5	4,8	5,9	8,4	8,5	7,2	8,3
	4,5	5,6	5,3	6,1	4,3	5,3	4,8	5,9	8,4	8,5	7,2	8,2
1	4,8	5,7	5,4	6,3	4,2	5,2	4,9	5,9	8,0	8,4	7,1	8,1
	4,5	5,9	5,4	6,4	4,2	5,1	4,8	5,9	7,7	7,9	7,0	8,1
	5,1	6,0	5,3	6,4	4,1	5,1	5,0	5,9	7,6	7,5	6,9	8,0
2	5,2	6,1	5,3	6,4	4,1	5,1	5,0	5,9	7,4	7,7	6,9	7,9
	5,4	6,2	5,1	6,4	4,2	5,2	5,0	6,0	8,1	8,0	6,8	7,9
	5,4	6,3	5,1	6,3	4,2	5,1	5,2	6,0	8,2	8,3	7,0	7,8
3	5,4	6,4	5,0	6,2	4,3	5,2	5,4	6,0	8,2	8,3	7,1	7,8
	5,3	6,4	5,0	6,2	4,5	5,3	5,0	6,0	8,5	8,5	7,1	7,9
	5,3	6,4	5,0	6,1	4,6	5,3	5,1	6,0	8,5	8,6	7,0	7,8
4	5,5	6,4	5,0	6,1	4,7	5,4	5,2	6,1	8,4	8,5	6,8	7,8
	5,4	6,4	5,0	6,1	4,6	5,5	5,2	6,1	8,2	8,5	6,7	7,7
	5,5	6,4	5,0	6,1	4,8	5,6	5,3	6,1	7,7	8,2	6,8	7,7
5	5,6	6,4	5,0	6,1	5,0	5,7	5,3	6,1	8,2	8,1	6,6	7,6
	5,7	6,5	5,0	6,1	4,7	5,4	5,4	6,1	8,3	8,3	6,5	7,5
	5,4	6,6	5,0	6,1	5,1	5,2	5,5	6,2	8,3	8,4	6,6	7,4
6	6,1	6,7	5,0	6,1	4,7	5,4	5,6	6,3	8,3	8,5	6,5	7,4
	6,2	6,8	4,9	6,1	4,6	5,2	5,6	6,4	8,1	8,5	6,4	7,4
	6,1	6,9	4,9	6,1	4,8	5,2	5,6	6,4	8,1	8,5	6,4	7,4
7	5,9	6,9	4,9	6,1	4,7	5,3	5,6	6,5	8,2	8,5	6,4	7,4
	5,9	7,0	4,9	6,1	4,8	5,4	5,7	6,7	8,2	8,6	6,4	7,5
	5,9	7,3	4,9	6,3	4,8	5,7	5,8	6,8	8,0	8,7	6,3	7,5
8	6,2	8,6	5,0	6,5	4,9	5,9	5,8	6,9	8,2	8,7	6,3	7,6
	6,7	11,0	5,1	6,8	5,0	6,1	5,9	7,0	8,2	8,9	6,4	8,0
	6,8	10,6	5,2	7,1	5,1	6,4	6,1	7,2	8,3	9,3	6,5	8,4
9	7,2	9,8	5,5	7,4	5,2	6,5	6,3	7,6	8,4	9,5	6,6	8,9
	7,2	9,4	5,6	7,7	5,2	6,7	6,4	7,8	8,6	9,8	6,6	9,1
	7,4	9,3	5,6	7,9	5,4	7,2	6,6	8,4	8,6	10,1	6,6	9,3
10	7,8	10,6	5,6	8,1	5,5	7,3	6,7	8,7	8,8	10,6	6,7	9,6
	8,2	12,1	5,6	8,1	6,0	8,5	6,9	9,1	8,8	10,8	6,9	9,9
	8,5	13,2	5,6	8,0	6,3	9,9	7,0	9,0	9,2	12,0	6,9	10,3
11	8,3	12,0	5,5	7,9	6,6	9,7	7,1	9,1	9,1	12,8	6,7	10,0
	8,4	12,2	5,6	8,1	6,5	9,4	7,4	9,7	9,1	13,1	6,6	9,3
	9,3	16,1	5,6	8,0	7,0	10,7	7,3	9,5	8,9	13,0	6,6	9,7

Datum	16.11.2021		17.11.2021		18.11.2021		19.11.2021		20.11.2021		21.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	10,8	20,0	5,9	8,1	6,5	9,8	7,4	9,5	9,0	13,0	6,7	9,7
	11,7	24,8	5,6	7,9	7,3	9,9	7,5	9,4	9,3	13,2	6,9	10,2
	10,6	25,6	5,6	7,8	7,7	14,7	7,7	9,8	9,1	13,0	6,9	10,6
13	9,8	22,0	5,5	7,7	7,3	11,1	7,8	10,7	9,1	12,3	6,7	10,1
	9,4	17,4	5,4	7,5	7,7	11,1	7,7	9,5	9,2	12,2	6,9	10,7
	9,2	16,8	5,6	7,5	7,5	10,1	7,7	9,0	9,1	11,8	6,6	10,1
14	9,6	18,3	5,6	7,8	7,5	10,0	7,6	9,0	9,3	12,3	6,1	8,5
	9,2	17,2	5,6	7,6	7,6	9,7	7,6	9,0	9,2	12,0	5,9	8,0
	8,9	16,5	5,6	7,3	7,5	9,4	7,6	8,8	9,0	10,9	5,6	7,5
15	8,2	12,8	5,5	7,2	7,3	9,0	7,6	8,7	9,0	10,5	5,4	7,0
	7,6	10,7	5,3	7,0	7,4	8,8	7,6	8,5	8,9	10,2	5,3	6,8
	7,2	9,4	5,1	6,8	7,3	8,7	7,5	8,5	8,8	9,8	5,1	6,6
16	6,7	8,4	5,1	6,6	7,3	8,3	7,8	8,5	8,7	9,7	5,0	6,3
	6,2	7,6	5,0	6,3	7,5	8,1	7,7	8,4	8,7	9,5	4,7	6,0
	5,6	6,9	5,0	6,1	7,3	7,9	7,2	8,3	8,6	9,5	4,5	5,9
17	6,3	6,6	5,0	5,9	7,4	7,8	7,7	8,4	8,5	9,4	4,3	5,6
	6,4	6,9	4,9	5,9	7,0	7,8	8,1	8,4	8,5	9,3	5,3	5,6
	5,7	6,7	4,7	5,8	7,3	7,7	8,3	8,5	8,6	9,2	4,3	5,5
18	5,7	6,1	4,7	5,8	7,4	7,7	8,2	8,5	8,2	9,2	4,2	5,5
	4,4	5,6	4,7	5,8	7,5	7,8	7,8	8,4	8,1	9,2	4,2	5,4
	4,4	5,3	4,7	5,7	7,5	7,8	7,8	8,3	8,4	9,1	4,2	5,3
19	4,7	5,3	4,6	5,8	7,3	7,8	8,0	8,3	8,4	9,1	4,2	5,5
	4,8	5,3	4,6	5,7	7,2	7,7	8,1	8,3	8,7	9,1	4,2	5,5
	4,8	5,4	4,7	5,7	7,0	7,6	8,0	8,3	8,3	9,0	4,2	5,6
20	5,3	5,4	4,7	5,6	6,8	7,4	8,1	8,3	8,2	9,0	4,2	5,6
	5,2	5,7	4,8	5,6	6,7	7,3	8,1	8,3	8,2	8,9	4,1	5,5
	5,8	6,2	4,6	5,5	6,6	7,2	8,2	8,3	8,2	8,9	4,2	5,6
21	5,8	6,6	4,5	5,4	6,2	7,1	8,0	8,3	8,0	8,8	4,2	5,6
	5,9	6,8	4,5	5,3	6,3	6,7	8,1	8,3	8,0	8,8	4,7	5,5
	5,7	6,8	4,6	5,3	6,2	6,8	7,4	8,3	8,0	8,8	4,2	5,4
22	5,7	6,8	4,8	5,4	6,2	6,7	8,0	8,3	8,0	8,7	4,4	5,5
	5,6	6,8	4,9	5,4	6,1	6,8	8,1	8,3	7,4	8,7	4,3	5,5
	5,7	6,8	4,6	5,5	5,5	6,6	8,1	8,3	7,4	8,6	4,3	5,4
23	5,4	6,7	4,9	5,4	4,4	6,2	8,2	8,4	7,7	8,6	4,4	5,4
	5,1	6,4	4,9	5,4	4,8	6,1	8,4	8,4	7,5	8,5	4,3	5,4
	5,1	6,0	5,0	5,5	4,7	5,9	8,4	8,5	7,4	8,4	4,3	5,4

Datum	22.11.2021		23.11.2021		24.11.2021		25.11.2021		26.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	4,3	5,4	0,0	1,2	2,4	4,4	2,3	2,9	1,2	2,4
	4,3	5,4	0,3	1,7	2,5	4,4	2,4	3,2	1,1	2,4
	4,3	5,5	0,5	2,0	2,4	4,4	2,7	3,3	1,0	2,2
1	4,7	5,4	0,6	2,2	2,8	4,3	2,6	3,4	1,0	2,2
	4,2	5,4	0,7	2,3	2,9	4,4	2,1	3,3	1,0	2,2
	4,2	6,3	0,4	2,2	2,9	4,4	1,5	3,0	0,4	2,2
2	4,4	5,3	0,4	2,3	2,5	4,4	1,5	2,8	0,4	2,1
	4,4	5,4	1,0	2,3	2,9	4,4	1,2	2,5	0,6	2,2
	4,4	5,4	1,1	2,1	2,8	4,3	0,4	1,9	0,4	2,3
3	4,4	5,4	1,6	2,0	2,7	4,3	0,2	1,3	0,7	2,1
	4,4	5,4	1,6	2,1	1,9	4,0	0,2	0,7	0,1	2,2
	4,4	5,4	1,4	2,1	2,1	3,3	0,1	0,5	0,1	2,2
4	4,4	5,4	1,1	2,1	2,2	3,5	0,1	0,8	0,6	2,2
	4,4	5,4	1,0	1,9	1,5	3,6	1,2	1,6	0,6	2,0
	4,4	5,4	0,7	1,7	2,2	3,4	1,2	2,0	0,6	2,1
5	4,4	5,4	0,3	1,2	2,3	3,7	1,2	2,1	0,5	2,1
	4,4	5,5	-0,2	0,6	2,2	3,7	1,3	2,1	0,3	1,9
	4,3	5,4	-0,6	-0,2	2,3	3,7	1,1	2,3	0,4	1,7
6	4,4	5,4	-1,5	-0,6	2,3	3,7	1,7	2,5	0,5	1,6
	4,4	5,5	-1,7	-1,1	2,3	3,7	1,6	2,6	0,5	1,5
	4,3	5,5	-1,4	-1,3	2,1	3,7	1,4	2,6	0,4	1,5
7	4,4	5,4	-2,6	-1,6	2,2	3,7	1,9	2,7	0,5	1,7
	4,4	5,6	-2,9	-1,9	2,3	3,6	1,9	2,7	0,5	1,7
	4,4	5,6	-3,3	-1,9	2,5	3,8	1,9	2,8	0,7	2,0
8	4,2	5,7	-1,9	0,3	2,6	4,1	2,0	3,0	0,9	2,5
	4,2	5,9	-0,7	3,5	2,7	4,3	2,0	3,1	0,9	2,9
	4,2	6,0	-0,5	4,1	2,9	4,8	2,1	3,3	1,3	4,0
9	4,2	6,1	0,3	6,1	3,2	5,4	2,2	3,5	1,7	5,1
	4,4	6,7	0,2	6,4	3,4	6,0	2,3	3,8	1,6	6,2
	4,9	7,6	1,9	8,3	3,6	6,3	2,4	4,0	2,0	6,0
10	5,0	8,6	2,7	10,0	3,9	6,6	2,6	4,3	1,6	5,3
	5,4	9,2	4,4	16,0	3,9	6,9	2,7	4,7	1,8	5,3
	5,8	9,9	4,1	16,8	4,2	7,2	2,8	4,9	2,3	7,3
11	6,0	10,9	4,8	18,8	4,5	7,7	2,9	5,0	2,8	8,4
	6,5	11,1	5,0	20,3	4,7	8,1	3,0	5,4	3,1	8,8
	6,8	11,2	5,2	19,0	4,8	8,5	3,0	5,6	3,0	8,5

Datum	22.11.2021		23.11.2021		24.11.2021		25.11.2021		26.11.2021	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	6,7	10,9	5,8	20,2	5,1	8,9	3,1	5,7	3,0	8,2
	6,6	9,8	5,2	21,4	5,1	9,0	3,1	5,7	2,7	7,8
	6,6	9,9	4,3	19,3	5,5	9,0	3,2	5,9	2,9	7,5
13	6,5	9,7	4,7	14,3	5,2	8,9	3,1	5,8	2,5	7,1
	5,8	8,2	3,8	11,4	5,2	8,5	3,1	5,7	1,8	5,2
	5,9	8,4	4,2	10,4	5,3	8,3	3,1	5,4	1,3	4,2
14	6,3	9,3	3,9	9,4	5,1	8,1	3,1	5,5	0,9	3,5
	6,4	9,6	3,9	8,9	5,0	7,9	3,0	5,3	0,7	3,3
	6,6	11,4	3,8	8,0	4,8	7,5	3,0	5,1	0,4	3,0
15	6,0	9,1	3,6	7,0	4,7	7,1	2,9	4,8	0,4	2,6
	5,8	8,0	3,5	6,3	4,5	6,8	2,8	4,4	0,4	2,4
	5,8	7,2	3,4	5,8	4,3	6,3	2,7	4,2	0,4	2,1
16	5,4	6,7	3,2	5,3	4,3	5,9	2,7	4,0	0,4	2,0
	5,5	6,4	3,2	5,1	4,2	5,6	2,6	3,8	0,4	2,1
	5,5	6,4	3,2	5,2	3,4	5,4	2,6	3,8	0,2	1,9
17	5,1	6,2	3,1	5,1	3,8	5,1	2,6	3,7	0,2	2,0
	5,0	5,9	3,7	4,9	3,5	5,0	2,6	3,7	0,2	1,9
	4,2	5,5	3,1	4,8	3,8	4,9	2,6	3,7	0,3	1,9
18	3,3	4,6	3,0	4,6	3,8	4,9	2,6	3,7	0,1	1,9
	3,6	4,7	2,4	4,5	3,7	4,8	2,6	3,7	0,2	1,9
	4,3	5,0	2,6	4,5	3,8	4,7	2,6	3,7	0,1	1,8
19	4,6	5,2	2,8	4,7	3,6	4,7	2,6	3,7	0,1	1,5
	4,5	5,3	2,8	4,7	3,5	4,5	2,1	3,6	0,1	1,4
	4,4	5,4	2,8	4,7	3,5	4,4	2,6	3,6	0,0	1,3
20	4,1	5,2	2,7	4,6	3,4	4,3	2,6	3,7	0,0	1,2
	4,2	5,1	2,4	4,7	2,9	4,2	2,6	3,6	0,0	1,2
	3,4	5,1	3,0	4,7	3,1	3,8	2,6	3,6	0,0	1,1
21	3,8	4,9	2,4	4,7	3,0	3,8	2,6	3,6	0,0	1,1
	3,2	4,7	2,8	4,6	2,8	3,7	2,6	3,6	0,0	1,2
	2,0	3,8	2,2	4,6	2,3	3,5	2,1	3,3	0,0	1,2
22	1,4	2,5	2,4	4,6	1,5	2,8	1,6	3,0	0,1	1,3
	0,5	1,6	2,8	4,6	0,8	2,1	1,7	2,8	0,1	1,3
	0,1	0,8	2,8	4,6	0,3	1,3	1,6	2,7	0,0	1,2
23	-0,5	0,2	2,8	4,5	1,1	1,5	1,5	2,8	-0,1	1,3
	-1,0	0,0	2,5	4,5	1,8	2,1	1,5	2,7	0,1	1,4
	-0,6	0,4	2,3	4,5	2,4	2,5	1,2	2,6	0,0	1,4

Jarní měření

Datum	28.02.2022		01.03.2022		02.03.2022		03.03.2022		04.03.2022		05.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	-3,8	-2,3	-7,3	-4,1	-6,1	-3,5	-6,2	-3,7	-2,1	-2,4	0,4	1,3
	-3,5	-2,5	-7,4	-4,3	-6,3	-3,7	-6,1	-3,8	-2,2	-1,7	0,5	1,4
	-3,3	-2,4	-6,8	-4,4	-6,5	-3,9	-6,6	-3,9	-2,2	-1,9	0,4	1,3
1	-3,5	-2,1	-7,0	-4,6	-6,4	-4,1	-6,5	-3,9	-2,1	-2,0	0,6	1,3
	-3,1	-1,5	-7,3	-4,8	-6,1	-3,9	-6,5	-4,1	-2,2	-1,9	0,4	1,2
	-3,1	-1,3	-7,4	-5,0	-6,6	-4,1	-6,5	-4,2	-2,0	-1,7	0,3	1,3
2	-2,9	-1,3	-7,2	-5,0	-6,8	-4,3	-6,6	-4,4	-1,7	-1,4	0,3	1,3
	-2,1	-1,1	-7,4	-5,1	-7,0	-4,4	-7,0	-4,6	-1,6	-1,0	0,1	1,4
	-1,7	-1	-7,5	-5,2	-7,0	-4,7	-7,0	-4,8	-1,5	-0,9	-0,3	1,3
3	-0,7	-0,5	-7,8	-5,3	-7,7	-4,9	-7,3	-5,0	-1,6	-0,9	0,0	1,0
	-0,4	0	-7,8	-5,6	-7,6	-5,3	-7,3	-5,2	-2,2	-1,0	0,2	0,9
	-0,6	0	-8,0	-5,5	-8,3	-5,5	-7,8	-5,5	-3,1	-2,1	-0,1	0,8
4	-1,1	-0,5	-8,0	-5,7	-8,4	-5,7	-7,9	-5,5	-4,1	-3,1	-0,4	0,9
	-1,1	-0,9	-8,3	-5,9	-8,2	-5,8	-8,9	-5,7	-5,1	-3,7	-0,4	0,9
	-1,8	-1,1	-8,3	-6,0	-8,3	-5,8	-8,7	-6,0	-6,4	-4,1	-0,4	0,8
5	-1,4	-1,5	-8,6	-6,0	-8,5	-6,0	-8,5	-6,2	-5,8	-4,2	-0,6	0,9
	-2,3	-1,8	-9,1	-6,2	-8,5	-6,2	-9,3	-6,1	-4,9	-3,9	-0,8	0,9
	-1,5	-1,8	-8,7	-6,3	-8,4	-6,3	-8,5	-6,1	-4,5	-3,2	-0,1	0,8
6	-2	-1,9	-8,4	-6,6	-8,4	-6,3	-8,5	-6,0	-4,5	-2,7	-0,6	0,8
	-1,8	-2	-9,3	-6,5	-8,6	-6,4	-8,2	-5,9	-4,8	-2,9	-0,2	0,8
	-2,2	-2,1	-9,0	-6,5	-8,6	-6,4	-7,9	-5,4	-4,5	-2,9	0,0	1,0
7	-2,5	-2	-8,0	-5,5	-7,3	-4,4	-6,9	-4,3	-3,8	-2,2	-0,1	1,2
	-2,3	0,1	-6,0	0,8	-6,1	1,8	-5,8	-2,8	-3,2	-1,1	0,2	1,5
	-1,7	2,3	-4,8	4,9	-4,7	5,5	-4,9	-1,9	-2,5	0,1	0,3	1,7
8	-0,8	8,8	-3,0	10,1	-3,0	10,2	-3,8	-0,2	-2,3	0,9	0,4	1,8
	0,3	9,7	-1,4	11,4	-1,0	10,9	-3,0	1,3	-2,0	1,6	0,5	2,1
	1,2	9,9	-0,3	12,3	-0,1	13,0	-2,1	2,8	1,3	3,0	0,7	2,6
9	0,4	10,7	2,8	16,7	2,9	17,7	-1,7	3,9	-0,8	4,1	0,9	3,5
	1,6	10,2	2,2	15,7	2,7	17,3	-1,1	4,7	-0,2	5,1	1,4	4,4
	2,3	13,1	3,5	17,7	3,2	19,2	-1,1	5,1	0,7	6,5	1,6	5,5
10	2,6	12	2,9	18,0	5,6	20,9	-0,1	6,3	0,6	7,3	2,3	6,8
	5,2	16,3	3,9	18,1	6,5	21,2	1,3	7,9	1,0	8,2	3,8	9,2
	6,6	20,1	4,9	18,5	7,2	22,2	1,1	9,2	2,4	9,8	4,4	11,6
11	4,6	20,5	6,0	19,6	5,3	23,1	0,3	9,2	2,1	10,3	6,0	14,6
	3,9	19,1	5,2	20,4	6,3	23,5	2,0	9,3	1,5	10,8	4,9	16,2
	4,2	19,9	6,1	21,0	7,1	24,4	2,8	11,1	2,9	12,3	5,5	15,4

Datum	28.02.2022		01.03.2022		02.03.2022		03.03.2022		04.03.2022		05.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	4,2	20	7,7	23,7	6,0	24,2	3,3	12,0	2,4	11,4	6,1	20,5
	3,6	20,1	7,5	24,5	7,2	25,0	3,5	13,0	2,3	10,5	5,3	17,8
	1,7	11,5	9,5	25,8	8,3	26,6	3,6	13,7	4,2	12,3	4,1	14,1
13	3,5	12,2	7,0	25,4	9,2	27,9	3,0	11,2	3,5	15,4	5,7	16,6
	4,3	15,8	7,7	25,6	8,2	28,2	4,5	12,3	3,2	14,2	5,3	17,4
	4,5	17,4	9,5	27,1	8,4	26,1	4,5	13,2	3,2	10,5	3,5	11,8
14	4,8	20,5	9,1	27,7	7,8	26,1	3,9	13,0	3,5	9,5	2,6	8,4
	4,9	21,7	10,2	27,4	7,3	23,5	3,8	11,9	4,0	10,0	2,7	7,1
	4,9	21	9,1	26,6	9,2	23,4	3,8	11,1	3,9	10,6	2,1	6,6
15	4,1	21,5	7,9	24,1	6,7	21,0	5,5	12,6	3,7	10,3	1,9	5,9
	3,7	16,1	7,2	21,7	6,7	19,1	5,1	13,1	3,2	8,6	1,8	5,4
	3,8	17,6	7,6	21,5	6,3	18,4	4,7	14,1	3,0	7,5	1,6	4,8
16	2,3	12,1	7,2	18,9	5,6	15,6	4,6	12,7	2,5	6,5	1,5	4,8
	1,8	8,3	5,4	15,4	4,4	13,1	3,3	10,7	2,3	5,6	1,5	4,7
	1,4	6,9	4,2	12,0	3,7	10,1	2,0	7,6	1,6	4,6	1,4	4,3
17	0,8	5,1	3,1	9,5	2,9	8,3	0,9	5,2	1,3	4,0	1,1	3,9
	0,5	4	1,4	7,4	1,3	6,9	-0,5	3,4	0,9	3,0	0,7	2,6
	-0,1	3	0,4	5,6	0,0	5,2	-1,7	1,7	0,6	2,4	-0,4	1,6
18	-0,5	2,1	0,1	4,2	-0,6	3,8	-1,8	0,4	0,4	2,4	-1,1	0,5
	-0,6	1,2	-0,5	3,2	-1,5	2,7	-2,2	-0,6	0,4	2,0	-1,0	-0,1
	-1,8	0,6	-1,1	2,4	-1,7	2,0	-3,0	-1,1	0,3	1,8	-0,9	-0,4
19	-2	0	-1,3	1,7	-2,4	1,3	-4,1	-1,5	0,3	1,6	-1,3	-0,7
	-2,2	-0,4	-2,4	1,3	-2,5	1,0	-4,2	-1,8	0,2	1,6	-1,6	-1,1
	-2,3	-0,9	-2,7	1,1	-3,3	0,3	-3,8	-2,1	0,1	1,6	-1,8	-1,3
20	-3,7	-1,1	-3,1	0,5	-3,4	-0,1	-4,0	-2,4	0,2	1,6	-1,5	-1,1
	-4,3	-1,4	-3,1	-0,2	-3,6	-0,6	-5,1	-2,7	0,3	1,7	-1,7	-1,2
	-4,2	-1,6	-2,2	-0,8	-3,9	-1,0	-5,0	-3,0	0,2	1,7	-2,6	-1,6
21	-4,5	-1,8	-3,0	-0,6	-4,5	-1,3	-5,4	-3,3	0,3	1,6	-2,6	-2,1
	-5	-2,1	-3,6	-0,8	-5,2	-1,7	-5,0	-3,5	0,0	1,7	-4,2	-2,4
	-5,1	-2,4	-4,1	-1,2	-4,7	-1,9	-5,0	-3,7	0,0	1,6	-4,4	-2,9
22	-5,4	-2,7	-4,3	-1,6	-5,1	-2,1	-5,4	-3,8	0,2	1,5	-4,4	-3,4
	-5,7	-2,9	-4,8	-2,0	-5,1	-2,4	-5,2	-3,9	0,2	1,4	-5,9	-3,5
	-5,8	-3,2	-4,6	-2,3	-5,4	-2,6	-3,2	-3,8	0,2	1,3	-5,4	-3,8
23	-5,6	-3,9	-5,2	-2,6	-5,6	-2,9	-2,9	-3,4	0,3	1,3	-6,1	-3,9
	-6,5	-3,7	-5,1	-2,9	-5,8	-3,2	-3,0	-3,2	0,5	1,2	-6,1	-4,1
	-6,8	-4	-5,7	-3,2	-6,1	-3,6	-3,0	-3,1	0,6	1,3	-7,2	-4,4

Datum	06.03.2022		07.03.2022		08.03.2022		09.03.2022		10.03.2022		11.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	-7,3	-4,7	-2,0	-0,8	-6,6	-4,0	-5,0	-2,1	-4,1	-1,1	-3,4	-2,6
	-6,7	-4,9	-2,1	-1,0	-5,7	-4,3	-4,7	-2,3	-3,8	-1,4	-4,4	-2,7
	-7,6	-5,0	-2,1	-1,0	-6,3	-4,5	-4,9	-2,6	-4,2	-1,6	-4,3	-3,1
1	-7,2	-5,2	-2,3	-1,1	-5,6	-4,2	-5,1	-2,8	-4,3	-1,8	-4,3	-3,2
	-7,5	-5,3	-2,3	-1,1	-4,7	-3,5	-5,0	-2,8	-4,3	-2,1	-3,9	-3,3
	-7,6	-5,5	-2,4	-1,4	-4,4	-2,8	-5,4	-3,1	-4,4	-2,2	-3,4	-3,0
2	-8,0	-5,7	-2,4	-1,4	-4,2	-2,6	-5,5	-3,4	-4,8	-2,5	-4,0	-3,1
	-8,8	-5,7	-2,4	-1,4	-4,0	-2,5	-6,5	-3,5	-4,8	-2,9	-4,2	-3,1
	-8,0	-5,9	-2,4	-1,4	-4,1	-2,3	-6,6	-3,6	-5,4	-3,1	-4,1	-3,2
3	-8,2	-6,0	-2,7	-1,4	-4,0	-2,2	-6,0	-3,8	-5,7	-3,2	-5,0	-3,7
	-8,3	-6,1	-2,8	-1,4	-3,8	-2,2	-6,4	-3,9	-5,5	-3,3	-4,9	-3,7
	-9,5	-6,3	-2,8	-1,5	-4,4	-2,6	-6,2	-3,8	-5,1	-3,3	-5,1	-3,7
4	-9,2	-6,4	-2,7	-1,7	-5,3	-3,2	-6,3	-4,0	-4,0	-2,8	-5,5	-3,9
	-7,5	-5,9	-2,8	-1,7	-5,6	-4,0	-6,6	-4,1	-4,8	-2,8	-5,1	-4,1
	-6,7	-4,9	-2,9	-1,7	-6,1	-4,5	-6,5	-4,3	-4,9	-3,1	-5,8	-4,4
5	-6,1	-4,4	-3,1	-1,8	-6,1	-4,8	-6,4	-4,4	-5,2	-3,5	-5,8	-4,5
	-5,7	-3,9	-3,1	-1,8	-6,5	-4,8	-6,5	-4,5	-6,1	-3,7	-5,4	-4,6
	-5,4	-3,5	-3,0	-1,8	-6,8	-5,0	-6,6	-4,4	-6,0	-3,9	-5,4	-4,7
6	-5,2	-3,3	-3,0	-1,8	-6,8	-5,3	-6,5	-4,2	-5,6	-3,6	-6,0	-4,8
	-5,0	-3,0	-2,9	-1,8	-7,0	-5,3	-6,5	-4,0	-5,1	-3,2	-6,0	-4,5
	-4,7	-2,7	-2,8	-1,6	-7,1	-4,8	-5,9	-3,5	-4,0	-2,1	-5,7	-4,0
7	-4,4	-2,3	-2,6	-1,2	-4,8	0,1	-4,6	-2,3	-2,9	-0,7	-4,7	-2,0
	-3,9	-1,7	-2,3	-0,5	-3,5	5,7	-3,0	0,9	-1,8	1,4	-3,9	5,6
	-3,3	-1,0	-2,2	0,0	-1,2	8,7	-1,6	5,2	-1,3	2,9	-2,5	7,1
8	-2,9	0,0	-1,9	0,8	2,5	12,1	0,4	6,9	-0,4	4,2	-0,5	8,7
	-2,4	1,2	-1,7	1,2	3,1	14,8	3,2	13,0	1,7	7,4	0,6	11,7
	-1,6	2,8	-1,6	1,6	5,2	19,7	5,9	17,4	2,9	8,5	0,7	15,6
9	-1,1	4,2	-0,8	3,6	7,8	21,1	5,7	19,0	3,2	8,7	1,9	17,1
	-0,4	5,0	-1,5	3,2	5,0	21,0	5,5	19,0	5,2	11,0	2,1	15,6
	0,2	6,4	-1,5	2,3	3,9	18,6	5,6	18,6	4,3	10,6	2,1	15,3
10	0,4	8,1	-1,1	4,0	3,4	15,2	6,2	21,2	3,6	9,1	2,6	16,5
	1,4	9,7	-1,1	4,0	4,1	12,6	6,8	22,2	4,0	9,0	2,7	16,9
	1,0	9,3	-1,0	2,8	4,3	17,8	9,2	25,1	5,8	11,5	3,6	18,2
11	0,8	8,2	-0,3	3,9	6,9	19,8	7,3	21,6	8,1	17,9	4,5	18,6
	1,2	7,4	0,5	5,5	5,2	20,2	7,4	20,3	7,9	21,3	5,2	19,2
	1,2	6,5	0,3	4,9	4,7	20,7	8,0	21,0	8,7	23,2	5,8	20,6

Datum	06.03.2022		07.03.2022		08.03.2022		09.03.2022		10.03.2022		11.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	0,8	6,1	0,5	4,5	4,0	19,7	8,3	20,9	9,4	24,7	6,8	21,4
	0,9	7,0	1,9	8,0	5,4	18,4	8,5	20,7	9,6	25,2	6,8	22,1
	0,8	6,6	2,9	11,3	5,7	18,8	9,1	23,1	9,4	26,8	6,5	22,4
13	0,9	6,0	2,8	11,2	6,7	21,0	9,4	22,7	9,9	27,4	7,5	23,2
	0,8	5,8	2,4	8,9	7,2	22,9	9,7	23,6	9,7	27,7	7,3	23,9
	0,6	5,1	2,0	7,2	6,5	22,5	10,2	23,9	9,3	28,3	7,8	24,5
14	0,7	4,9	2,1	6,6	7,2	24,1	9,8	22,7	9,6	27,6	7,8	25,0
	0,4	4,3	2,7	6,8	7,0	23,5	10,2	22,2	9,2	26,7	8,2	24,8
	0,4	4,0	3,0	6,5	7,8	23,0	10,1	21,4	9,6	25,3	7,4	23,7
15	0,2	3,2	4,2	9,1	7,5	21,5	9,7	19,5	8,9	23,6	6,5	22,1
	0,0	2,4	3,8	8,5	7,5	19,0	9,9	18,2	8,5	21,7	7,0	20,5
	-0,1	1,9	3,5	7,7	7,2	17,9	9,4	16,6	7,6	19,4	6,6	18,7
16	-0,2	1,9	3,1	6,5	7,0	15,2	9,0	14,9	6,4	16,6	6,3	17,1
	-0,3	1,4	3,2	6,1	5,7	13,6	7,6	13,0	5,0	13,6	5,5	14,4
	-0,5	1,2	2,2	5,8	4,7	9,6	6,6	10,7	4,0	9,8	4,3	11,6
17	-0,5	0,9	2,4	5,0	3,5	7,8	6,2	9,4	3,3	7,6	3,6	8,7
	-0,5	0,7	2,4	3,9	1,9	6,4	5,2	8,2	2,5	6,0	2,9	7,0
	-0,6	0,7	2,2	3,4	0,7	5,0	4,5	7,0	1,1	4,6	2,3	5,6
18	-0,7	0,4	2,2	2,8	0,8	3,8	2,1	5,8	0,5	3,4	0,5	4,2
	-0,8	0,3	2,0	2,6	-0,2	2,9	1,5	4,7	1,8	2,4	0,4	2,8
	-0,8	0,2	1,6	2,3	1,0	2,1	1,1	3,6	-1,8	1,3	-1,6	1,8
19	-0,9	0,1	0,8	1,3	1,4	2,1	0,4	2,6	-2,0	0,6	-2,4	1,0
	-0,9	0,0	-1,6	0,3	1,3	2,2	-0,2	2,5	-2,5	0,0	-2,3	0,4
	-1,0	0,0	-2,0	-0,4	1,2	2,3	-0,4	2,2	-4,1	-0,4	-2,5	0,1
20	-1,0	-0,1	-1,5	-0,7	1,2	2,2	-1,0	1,9	-4,0	-1,1	-2,1	-0,1
	-1,1	-0,1	-2,1	-0,7	0,3	1,7	-1,2	1,5	-4,2	-1,4	-2,8	-0,6
	-1,1	-0,2	-2,6	-1,4	-0,7	1,3	-1,6	1,1	-4,3	-1,9	3,4	-0,8
21	-1,1	-0,2	-2,7	-1,6	-1,6	0,9	-1,7	0,8	-4,7	-2,2	-3,4	-1,2
	-1,2	-0,3	-2,3	-1,3	-2,4	0,5	2,0	0,6	-4,7	-2,2	-4,3	-1,4
	-1,3	-0,2	-1,9	-1,0	-2,6	0,1	-2,6	0,3	-4,8	-2,5	-3,7	-1,8
22	-1,4	-0,4	-2,6	-0,9	-3,4	-0,3	-2,7	0,0	-4,6	-2,6	-3,7	-1,9
	-1,5	-0,4	-3,4	-1,4	-3,3	-0,6	-3,2	-0,3	-4,6	-2,7	-3,5	-1,9
	-1,5	-0,5	-3,6	-2,0	-4,4	-1,0	-3,1	-0,6	-3,6	-2,7	-3,4	-2,0
23	-1,7	-0,5	-4,2	-2,7	-3,3	-1,5	-3,3	-0,8	-2,5	-2,3	-3,0	-2,2
	-1,6	-0,6	-5,3	-3,2	-4,4	-1,6	-3,4	-0,9	-3,5	-2,1	-3,8	-2,0
	-1,8	-0,7	-5,7	-3,6	-4,6	-1,9	-4,1	-1,1	-4,1	-2,3	-4,0	-2,3

Datum	12.03.2022		13.03.2022		14.03.2022		15.03.2022		16.03.2022		17.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	-5,0	-2,7	-2,2	-1,1	1,6	2,4	-1,5	1,0	5,7	7,5	-0,6	1,3
	-5,1	-3,1	-1,8	-1,1	1,8	2,1	-1,6	0,8	5,6	7,4	-0,9	0,9
	-5,5	-3,4	-2,1	-1,3	1,5	1,9	-1,6	0,6	5,7	7,3	-1,2	0,4
1	-5,5	-3,6	-1,9	-1,2	1,6	1,9	-1,7	0,6	5,6	7,2	-1,4	0,2
	-5,3	-3,7	-1,6	-1,0	1,4	1,9	-2,0	0,3	5,6	7,2	-1,2	0,1
	-5,1	-4,3	-2,1	-1,1	1,1	1,6	-3,1	0,0	5,6	7,2	-1,4	0,2
2	-6,0	-3,8	-2,2	-1,3	0,7	1,4	-3,3	-0,5	5,5	7,2	-1,2	0,1
	-5,4	-4,0	-2,8	-1,7	1,1	1,3	-3,2	-0,6	5,4	7,2	-1,2	0,2
	-6,0	-4,3	-3,0	-2,0	1,1	1,3	-3,4	-0,7	5,4	7,2	-1,0	0,1
3	-6,8	-4,4	-2,8	-2,2	0,4	1,2	-3,0	-0,9	5,4	7,1	-1,4	0,1
	-7,2	-4,7	-2,5	-2,0	0,2	1,0	-3,2	-1,0	5,3	7,1	-1,7	0,0
	-7,1	-4,9	-2,6	-1,9	0,2	0,9	-3,4	-1,1	5,2	7,0	-1,2	-0,1
4	-7,4	-5,1	-2,5	-1,9	0,5	0,6	-4,0	-1,4	4,1	5,8	-1,6	0,0
	-7,1	-5,2	-2,8	-2,0	1,8	1,0	-3,6	-1,4	3,7	5,5	-1,4	0,0
	-6,4	-5,2	-3,6	-2,3	1,2	1,4	-4,3	-1,6	3,5	5,2	-1,6	-0,1
5	-6,4	-5,1	-3,1	-2,5	0,4	1,2	-3,6	-1,7	3,6	5,1	-1,9	-0,3
	-6,5	-5,2	-2,8	-2,4	0,5	1,1	-3,4	-1,7	3,8	5,0	-1,7	-0,5
	-5,5	-5,0	-2,3	-2,4	0,5	0,9	-4,6	-1,8	3,8	5,1	-1,8	-0,5
6	-5,2	-4,8	-2,0	-2,2	0,2	0,8	-4,7	-2,0	4,0	5,3	-1,8	-0,2
	-5,1	-4,3	-2,6	-2,1	0,0	0,9	-4,4	-1,4	4,0	5,4	-1,5	0,4
	-4,9	-3,5	-1,0	-0,7	1,3	1,9	-2,8	0,1	4,4	5,5	-1,1	1,3
7	-2,8	-1,2	-0,1	2,1	2,4	4,5	-1,7	2,2	4,4	6,2	-0,6	1,9
	-1,8	6,6	1,2	8,8	3,6	10,1	-0,3	5,1	4,4	6,5	0,0	2,9
	-0,6	8,1	2,6	11,7	4,8	13,1	1,2	7,3	4,5	6,1	0,6	4,1
8	0,6	9,8	3,7	12,8	5,8	13,1	3,0	9,4	4,4	6,1	0,6	5,1
	1,7	12,3	4,7	15,6	6,7	17,1	4,9	12,4	4,4	6,2	1,8	6,4
	2,4	15,8	5,0	19,4	7,8	21,8	7,3	18,7	4,5	6,5	2,7	8,0
9	3,4	16,6	6,8	20,2	8,6	22,2	9,4	22,2	4,8	7,2	3,8	10,1
	3,4	15,8	6,8	19,5	9,0	20,6	9,8	22,3	6,1	9,6	4,2	11,6
	3,7	16,6	6,3	19,5	9,1	21,0	10,4	22,4	6,5	11,6	5,4	14,1
10	4,4	17,2	7,3	20,7	10,5	22,2	11,5	23,5	7,0	12,9	7,7	17,0
	6,2	19,0	7,6	20,9	11,0	22,3	12,0	23,8	7,7	14,5	9,7	19,9
	5,9	19,6	8,3	21,7	10,7	22,4	12,8	24,2	9,0	17,0	11,0	22,0
11	6,6	20,5	8,8	21,9	11,3	22,9	13,3	25,8	7,6	15,3	11,4	23,2
	6,4	19,8	9,3	22,0	11,2	23,4	14,2	27,0	8,4	15,1	11,4	23,2
	7,3	20,6	9,9	22,8	11,9	24,0	15,0	27,8	8,7	15,5	11,6	23,2

Datum	12.03.2022		13.03.2022		14.03.2022		15.03.2022		16.03.2022		17.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	7,8	21,2	10,6	23,4	12,6	24,2	15,0	28,9	9,2	15,6	11,7	23,4
	7,9	22,1	10,9	23,7	13,6	25,4	15,3	29,1	8,9	14,6	11,8	23,7
	9,4	22,8	12,2	24,9	14,7	26,7	16,0	29,6	8,6	13,5	12,4	23,5
13	9,6	23,6	11,6	25,1	15,1	28,7	16,1	29,5	8,8	13,0	12,2	24,4
	9,7	24,1	12,3	26,1	14,7	29,0	15,3	28,7	9,3	13,5	12,7	25,0
	9,2	25,5	11,9	27,2	15,5	30,0	15,4	28,4	9,7	14,8	12,6	26,0
14	9,3	26,1	12,0	27,6	13,8	31,1	14,2	26,7	9,4	14,0	12,3	24,6
	9,5	25,8	12,8	27,6	15,7	31,5	14,0	24,5	9,7	14,1	12,7	23,9
	9,4	25,1	11,8	27,1	14,4	30,1	13,6	22,8	11,1	19,0	13,2	25,1
15	8,9	23,0	11,5	25,8	14,9	29,4	13,7	22,1	10,7	19,3	14,4	27,7
	8,8	21,4	11,0	23,6	14,2	27,7	13,6	21,4	10,8	18,0	13,7	27,6
	8,1	19,6	10,9	21,6	13,6	25,0	13,2	20,3	10,3	16,6	12,2	25,1
16	8,0	17,9	10,1	19,8	12,3	22,4	13,1	19,4	10,8	16,6	11,7	21,5
	7,3	15,5	10,1	17,6	12,6	20,2	12,7	17,9	9,9	14,8	10,7	18,6
	5,9	13,2	8,9	15,0	11,3	18,6	12,5	17,0	9,1	14,1	9,4	15,9
17	4,8	9,9	8,2	12,3	9,5	16,4	11,6	15,6	8,6	13,3	8,7	13,9
	4,2	8,0	7,6	10,6	8,9	14,7	11,2	14,3	8,4	10,9	7,6	12,1
	3,6	6,7	6,9	9,5	7,9	12,8	10,2	13,2	7,4	9,3	7,0	10,5
18	3,0	5,5	5,9	8,4	5,6	0,6	9,6	12,2	5,4	8,2	5,7	9,1
	2,2	4,6	4,0	7,3	5,4	8,8	9,3	11,4	5,8	7,1	5,1	7,8
	1,7	3,8	3,3	6,2	4,4	7,8	9,4	10,9	4,8	6,1	4,7	7,0
19	0,2	2,9	3,3	5,3	3,4	6,9	9,4	10,7	4,0	5,5	4,5	6,5
	-0,3	2,0	2,4	4,6	2,4	6,2	8,5	10,2	3,1	4,9	4,0	6,3
	-1,5	1,4	1,8	4,0	3,2	6,0	8,9	9,8	2,6	4,5	3,9	6,0
20	-1,3	0,9	1,2	3,4	2,3	5,6	9,0	9,8	1,9	4,1	3,6	5,7
	-1,3	0,5	0,4	2,9	2,1	4,9	9,4	10,0	2,4	3,6	3,0	5,2
	-1,6	0,3	0,3	2,3	1,4	4,4	9,4	10,1	1,4	3,4	2,1	4,7
21	-1,5	0,1	0,4	2,0	1,1	3,8	8,6	10,2	1,2	3,1	2,0	4,2
	-1,0	0,0	0,4	1,7	1,3	3,7	7,1	9,3	0,5	2,6	1,3	3,8
	-1,1	0,0	1,0	1,6	1,1	3,1	6,4	8,6	0,6	2,4	1,5	3,4
22	-1,0	-0,1	1,7	1,8	-0,2	3,0	6,0	8,2	0,0	2,1	1,2	3,4
	-1,7	-0,2	2,3	2,2	-0,4	2,5	5,8	8,1	0,2	2,0	0,9	3,1
	-2,0	-0,6	1,9	2,5	-0,6	2,0	5,8	7,9	0,0	1,8	0,6	2,8
23	-2,3	-0,9	2,3	2,4	-0,8	1,7	5,8	7,8	0,0	1,7	0,8	2,7
	-2,1	-1,1	2,4	2,7	-1,1	1,5	5,7	7,8	-0,3	1,5	0,8	2,8
	-1,9	-1,1	2,1	2,7	-1,1	1,3	5,7	7,7	-0,5	1,3	0,5	2,6

Datum	18.03.2022		19.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
0	0,0	2,4	-1,5	-0,3
	0,0	2,4	-2,3	-0,2
	0,1	2,3	-2,6	-0,5
1	0,3	2,3	-2,8	-0,8
	0,1	2,0	-3,2	-0,9
	0,1	2,2	-3,1	-1,0
2	0,3	2,2	-3,4	-1,1
	0,2	2,2	-4,0	-1,3
	0,2	2,2	-3,7	-1,5
3	0,1	2,0	-4,5	-1,7
	-0,3	1,8	-4,2	-2,0
	-0,5	1,7	-4,1	-2,1
4	-0,7	1,4	-4,5	-2,2
	-0,7	1,2	-4,3	-2,2
	-1,2	0,9	-4,5	-2,1
5	-1,0	0,7	-4,3	-2,1
	-1,8	0,5	-4,4	-2,3
	-1,0	0,4	-4,5	-2,3
6	-1,2	0,7	-4,9	-2,3
	-0,8	1,2	-4,6	-1,8
	0,1	2,2	-4,0	-1,1
7	0,9	3,4	-3,3	-0,4
	1,5	5,4	-2,5	0,5
	2,6	7,3	-1,4	2,3
8	4,4	9,5	0,8	4,8
	4,5	11,7	3,4	10,9
	5,1	14,0	5,8	17,0
9	6,9	16,9	4,6	13,3
	7,3	18,3	7,0	16,8
	8,8	19,6	8,4	20,9
10	10,5	21,7	9,7	22,4
	10,7	23,0	8,9	22,7
	10,7	22,2	8,7	22,3
11	11,3	23,2	10,2	24,7
	11,7	23,1	10,9	25,9
	11,8	23,5	13,0	27,2

Datum	18.03.2022		19.03.2022	
Hodina	out [°C]	in [°C]	out [°C]	in [°C]
12	12,6	25,5	12,3	27,4
	13,2	26,2	12,3	27,9
	13,4	27,8	12,7	27,1
13	15,0	28,1	12,1	28,6
	13,7	26,9	12,8	29,1
	12,5	25,5	12,1	29,3
14	13,7	27,4	12,0	29,3
	13,9	26,7	12,0	28,4
	14,8	27,9	12,4	28,0
15	13,7	26,7	12,1	26,7
	13,1	23,7	11,7	14,1
	12,6	20,9	11,1	22,2
16	11,7	18,9	10,3	19,3
	11,1	16,9	9,8	16,6
	10,2	14,9	8,4	14,2
17	9,6	13,0	7,7	11,9
	8,7	11,6	7,1	10,2
	7,9	9,9	5,9	8,7
18	7,1	8,8	5,7	7,5
	6,9	7,9	5,2	6,8
	6,8	7,3	2,5	6,1
19	6,2	6,9	1,3	5,0
	4,5	6,2	1,0	4,3
	3,8	5,3	0,1	3,6
20	4,5	4,9	-0,2	2,9
	4,6	4,5	-0,6	2,4
	4,3	4,4	-0,4	2,0
21	3,3	4,0	-1,0	1,6
	3,6	4,1	-1,5	1,2
	1,3	4,1	-1,5	0,9
22	0,7	3,4	-1,6	0,5
	0,2	2,3	-1,6	0,4
	-0,7	1,6	-2,2	0,2
23	-2,0	1,0	-2,3	0,1
	-0,5	0,4	-2,5	0,1
	-0,4	0,2	-2,6	0,0

Příloha 2 – Výstup programu Maple pro teoretický výpočet kolektorové plochy

a) Zpracování naměřených dat a orientační výpočet kolektorové plochy v podzimním období

Z naměřených dat je vyhodnocena zprůměrovaná tabelovaná závislost teplota = f(cas) pro vně a uvnitř skleníku.

Z ní bude využita ta část dne, kdy skleník absorbuje teplo (je to na podzim časový usek 6:20 - 13:20 a na jaře 6:20 - 13:40).

Následující výpočet bude zaměřen na výpočet kolektoru potřebného pro **PODZIMNÍ OBDOBÍ**.

Ukázka způsobu využití dat z podzimní části:

```

~~~~~
Doba:          6:20   6:40   7:00   7:20 .....atd
cas [s]        0     1200  2400  3600 .....atd
tpo (t_vnejsi) [°C] 4,9   4,9   4,9   5,0 .....atd
tpi (t_vnitri) [°C] 5,9   5,9   5,9   6,3 .....atd
~~~~~

```

Použité symboly:

tpo - teplota podzimní vnější (outer)

tpi - teplota podzimní vnitřní (iner)

Sestavení interpolační funkce:

```

>
tpo:= [4.9, 4.9, 4.9, 5.0, 5.2, 5.5, 5.9, 6.4, 6.9, 7.4, 8.0, 8.6, 9.2, 9.3, 9.8, 10.1, 10.6,
, 10.7, 10.8, 11.0, 11.2] ;

tpi:= [5.9, 5.9, 5.9, 6.3, 6.8, 7.8, 8.9, 10.1, 11.3, 12.6, 13.5, 14.2, 14.9, 15.4, 16.3, 1
7.2, 17.7, 18.1, 18.5, 18.9] ;

cas:= [0, 1200, 2400, 3600, 4800, 6000, 7200, 8400, 9600, 10800, 12000, 13200, 14400, 156
00, 16800, 18000, 19200, 20400, 21600, 22800, 24000] ;

```

```

tpo := [4.9, 4.9, 4.9, 5.0, 5.2, 5.5, 5.9, 6.4, 6.9, 7.4, 8.0,
      8.6, 9.2, 9.3, 9.8, 10.1, 10.6, 10.7, 10.8, 11.0, 11.2]

```

```

tpi := [5.9, 5.9, 5.9, 6.3, 6.8, 7.8, 8.9, 10.1, 11.3, 12.6,
      13.5, 14.2, 14.9, 15.4, 16.3, 17.2, 17.7, 18.1, 18.5,
      18.9, 18.9]

```



```
cas := [0, 1200, 2400, 3600, 4800, 6000, 7200, 8400,
        9600, 10800, 12000, 13200, 14400, 15600, 16800,
        18000, 19200, 20400, 21600, 22800, 24000]
```

Kontrola počtu položek v jednotlivých polích:

```
> nops (tpo) ; nops (tpi) ; nops (cas) ;
```

```
21
```

```
21
```

```
21
```

Interpolace (lineární):

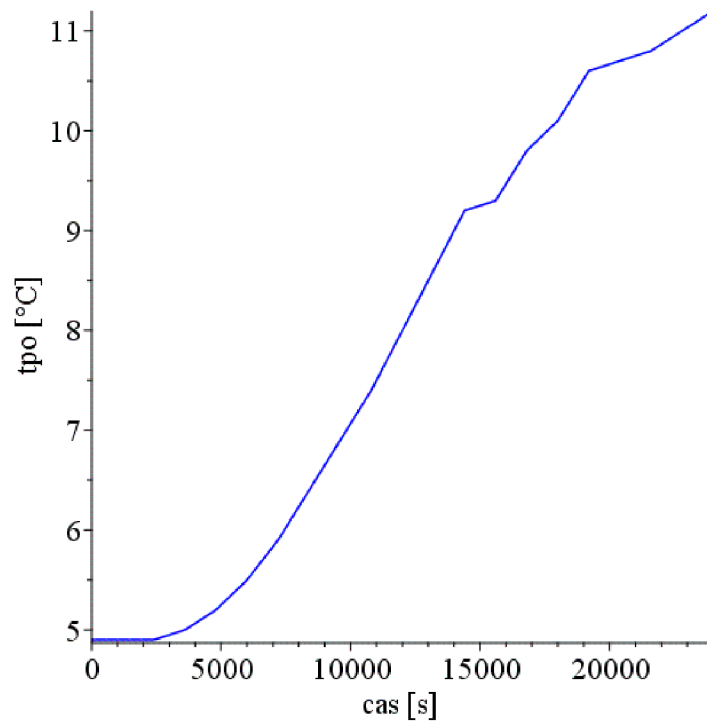
```
> ftpo:=tau->spline(cas, tpo, tau, linear) :
```

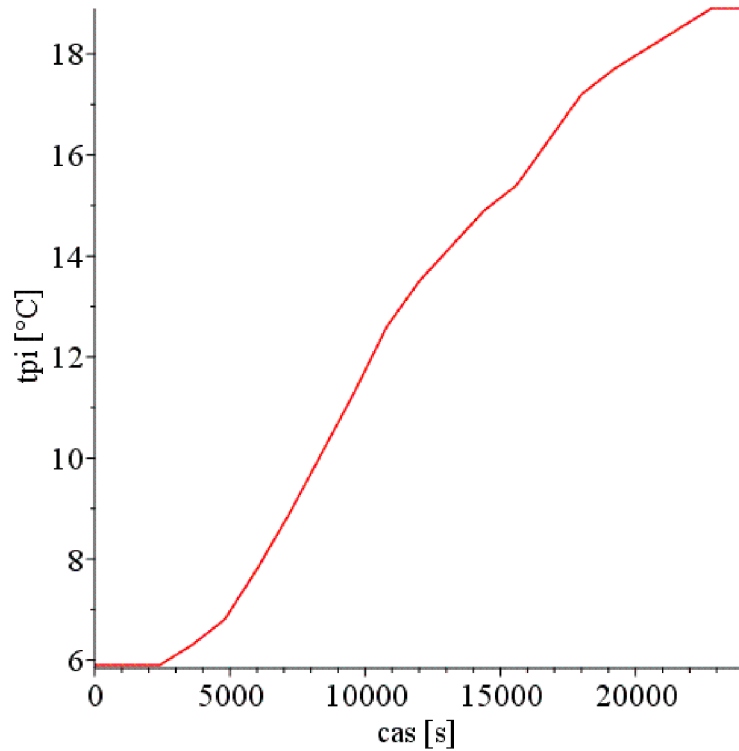
```
f tpi:=tau->spline(cas, tpi, tau, linear) :
```

Znázornění vytvořených funkcí teplot v grafech:

```
> Graf_tpo:=plot(ftpo(tau), tau=0..24000, style=line, color=blue, labels=["cas
[s]", "tpo [°C]"], labeldirections = ["horizontal", "vertical"]);
```

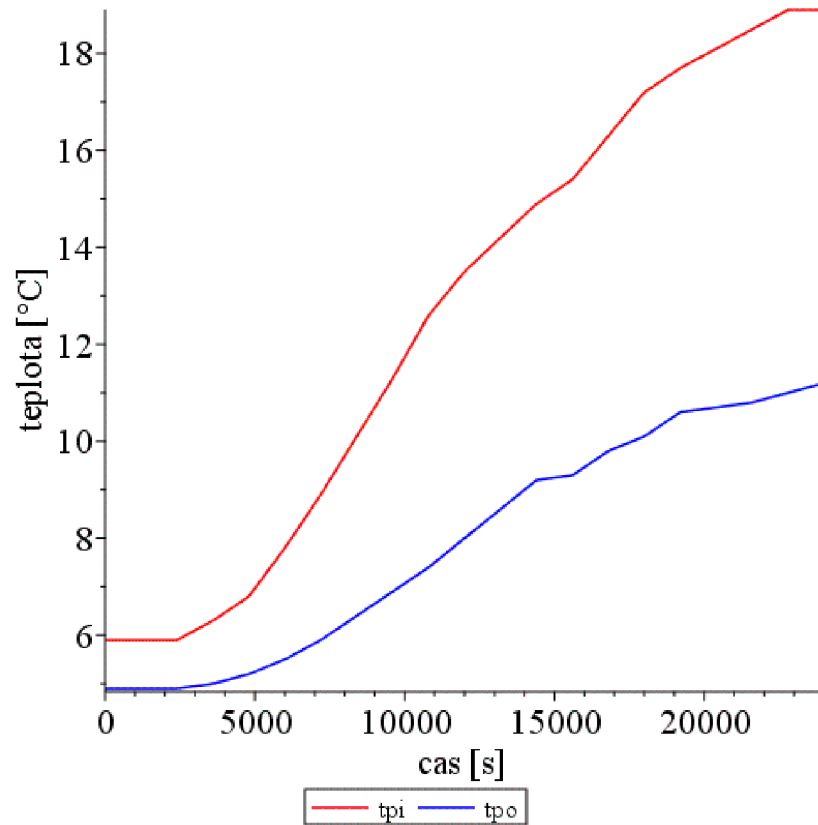
```
Graf_tpi:=plot(ftpi(tau), tau=0..24000, style=line, color=red, labels=["cas
[s]", "tpi [°C]"], labeldirections = ["horizontal", "vertical"]);
```





Obě závislosti v jednom grafu:

```
> plots[display]({Graf_tpo,Graf_tpi},labels=["cas [s]","teplota [°C]"],labeldirections=["horizontal","vertical"],legend=[typeset("tpi"),typeset("tpo")]);
```



Hustota vzduchu [kg/m³] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> frho:=T->spline([-50,0,20,40,60],[1.514,1.276,1.1887,1.1119,1.0456],T,cubic);
```

Měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.°C)] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> fcp:=T->spline([-50,0,20,40,60],[1006,1006,1006,1007,1009],T,cubic);
```

Střední měrná tepelná kapacita vzduchu v rozsahu teplot t1 až t2:

```
> cps:='int(fcp(t),t=t1..t2)/(t2-t1)';
```

$$cps := \frac{\int_{t1}^{t2} fcp(t) dt}{t2 - t1}$$

Vzduch ve skleníku:

Vypočtená střední měrná tepelná kapacita vzduchu ve skleníku v rozsahu teplot t1=5.9 až t2=18.9 °C:

```
> t1:=5.9;t2:=18.9;
```

```
cps:=int(fcp(t),t=t1..t2)/(t2-t1);#cps [J/(kg.°C)]
```

```
t1 := 5.9
```

```
t2 := 18.9
```

```
cps := 1005.942724
```

Objem skleníku:

```
> Vs:=16.2;
```

```
Vs := 16.2
```

Střední teplota ohřátého vzduchu ve skleníku v čase 6:20 - 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> tau1:=0.0;tau2:=24000.0;
```

```
tpis:=int(ftpi(tau),tau=tau1..tau2)/(tau2-tau1);#tpis [°C]
```

```
tau1 := 0.
```

```
tau2 := 24000.0
```

```
tpis := 12.63500000
```

Hustota při střední teplotě ohřátého vzduchu ve skleníku:

```
> rho:=frho(tpis);
```

```
rho := 1.21986404520344
```

Teplo akumulované vzduchem ve skleníku v čase 6:20 - 13:20:

```
> Qv:=cps*rho*Vs*(t2-t1);#[J]
```

```
Qv := 258430.073730063
```

Tepelný výkon skleníku v čase 6:20 – 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> Qvs:=Qv/(tau2-tau1);#[J/s = W]
```

```
Qvs := 10.7679197387526
```

Osluněný a efektivní pohlcující povrch skleníku v čase 6:20 – 13:20 - osluněná je odhadem cca polovina povrchu skleníku:

```
> Aos:=14.4;#odhadnutý osluněný (tj. cca poloviční z 28.8 m2) povrch skleníku
- tj.14.4 m2
```

```
asv:=1.5e-3;#orientační hodnota absorptivity skleníku resp. vzduchu, [-]
```

```
As:=asv*Aos;# efektivní pohlcující povrch skleníku, [m2]
```

$$A_{os} := 14.4$$

$$asv := 0.0015$$

$$A_s := 0.02160$$

Průměrná sluneční intenzita absorbovaná skleníkem v čase 6:20 - 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> Is:=Qvs/As;# [W/m2]
```

$$I_s := 498.514802720029$$

Střední teplota okolního vzduchu (tj. vně skleníku) v čase 6:20 - 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> tpos:=int(ftpo(tau), tau=tau1..tau2)/(tau2-tau1);#tpos [°C]
```

$$t_{pos} := 7.912500000$$

Součinitel prostupu tepla dle literatury:

```
> k:=6.0;# [W/(m2.°C)]
```

$$k := 6.0$$

Intenzita celkového slunečního záření na skleník v čase 6:20 - 13:20:

(odrazivost skla "r" uvažována 0.15)

```
> r:=0.15;
```

```
Ic:=(Is+k*(tpis-tpos))/(1-r);# [W/m2]
```

$$r := 0.15$$

$$I_c := 619.823297317681$$

Střední tepelná účinnost skleníku v čase 6:20 - 13:20:

```
> eta:=Is/Ic;# [zlomek]
```

$$\eta := 0.804285358226092$$

Vychází tedy, že střední tepelná účinnost skleníku v podzimním sledovaném období je 80.4 %.

Orientační výpočet kolektorové plochy pro ohřev vody pro skleníky:

Záměrem je ohrát 0,35 m³ vody z teploty 5 na 15°C.

Objem vody v zásobníku vody:

```
> VzV:=0.35;#objem vody v zasobniku vody [m3]
```

$$V_{zv} := 0.35$$

Měrná tepelná kapacita vody [J/(kg.°C)] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> fcpv:=T->spline([0,20,40],[4218,4182,4178],T,cubic):
```

Hustota vody [kg/m³] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> frhov:=T->spline([0,20,40],[999.8,998.2,992.2],T,cubic):
```

Vypočtená střední měrná tepelná kapacita vody v rozsahu teplot $t_{v1} = 5^\circ\text{C}$ až $t_{v2} = 15^\circ\text{C}$:

```
> tv1:=5.0;tv2:=15.0;
```

```
cpvs:=int(fcpv(t),t=tv1..tv2)/(tv2-tv1);#cpvs [J/(kg.°C)]
```

$$tv1 := 5.0$$

$$tv2 := 15.0$$

$$cpvs := 4197.250000$$

Střední teplota vody a hustota vody:

```
> tvs:=(tv1+tv2)/2;
```

```
rhov:=frhov(tvs);#hustota vody pri stredni teplote[kg/m3]
```

$$tvs := 10.00000000$$

$$rhov := 999.4125000$$

Množství tepla, které je nutno akumulovat do vody potom činí:

```
> Qk:=cpvs*rhov*Vzv*(tv2-tv1);#[J]
```

$$Q_k := 1.468174441 \cdot 10^7$$

Střední tepelná účinnost kolektoru pro ohřev vody s jedním krycím sklem v čase 6:20 - 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> eta_k:=0.85-6*(tvs-tpos)/Ic;
```

$$\eta_k := 0.829792627908304$$

Množství energie zachycené kolektorem v lokalitě skleníku v čase 6:20 - 13:20 (tj. 0-24000 s):

```
> Qls:=Ic*(tau2-tau1)*eta_k;#[J/m2]
```

$$Q_{ls} := 1.23437952652807 \cdot 10^7$$

Celková potřebná plocha kolektoru:

```
> Ak:=Qk/Qls;#[m2]
```

$$A_k := 1.18940278046374$$

=====

Závěr:

Pro vytyčený záměr ohřevu vody (tj. uvažované hodnoty teplot vody a velikosti zásobníku) vychází pro podzimní období potřebná velikost kolektoru cca 1.2 m².

=====

b) Zpracování naměřených dat a orientační výpočet kolektorové plochy pro jarní období

Z naměřených dat je vyhodnocena zprůměrovaná tabelovaná závislost teplota = $f(\text{cas})$ pro vně a uvnitř skleníku.

Z ní bude využita ta část dne, kdy skleník absorbuje teplo (je to na podzim časový usek 6:20 - 13:20 a na jaře 6:20 - 13:40).

Následující výpočet bude zaměřen na výpočet kolektoru potřebného pro **PODZIMNÍ OBDOBÍ**.

Ukázka způsobu využití dat z podzimní části:

```

~~~~~
Doba:          6:20    6:40    7:00    7:20 .....atd
cas [s]        0      1200   2400   3600 .....atd
tpo (tvnejsi) [°C] -4,0   -3,5   -2,7   -1,8 .....atd
tpi (tvnitri) [°C] -2,3   -1,8   -0,3   2,9 .....atd
~~~~~

```

Použité symboly:

t_{po} - teplota podzimní vnější (outer)

t_{pi} - teplota podzimní vnitřní (iner)

Sestavení interpolační funkce:

Tabelované závislosti teplot na čase nejprve zapíšeme do poli a pak je interpolujeme, čímž z nich vytvoříme funkce pro další řešení.

```

>
tpo := [-4.0, -3.5, -2.7, -1.8, -
0.8, 0.4, 1.5, 2.6, 3.5, 3.8, 4.2, 4.9, 5.7, 6.3, 6.6, 6.7, 7.3, 7.6, 7.8, 8.3, 8.5, 8.5];
tpi := [-2.3, -1.8, -
0.3, 2.9, 4.8, 6.7, 8.9, 11.5, 13.0, 13.3, 14.2, 15.2, 16.1, 17.4, 18.2, 18.6, 19.3, 19.9,
20.3, 20.4, 21.1, 21.4];
cas := [0, 1200, 2400, 3600, 4800, 6000, 7200, 8400, 9600, 10800, 12000, 13200, 14400, 156
00, 16800, 18000, 19200, 20400, 21600, 22800, 24000, 25200];

```

```

tpo := [-4.0, -3.5, -2.7, -1.8, -0.8, 0.4, 1.5, 2.6,
3.5, 3.8, 4.2, 4.9, 5.7, 6.3, 6.6, 6.7, 7.3, 7.6, 7.8, 8.3,
8.5, 8.5]

```

```

tpi := [-2.3, -1.8, -0.3, 2.9, 4.8, 6.7, 8.9, 11.5, 13.0,
13.3, 14.2, 15.2, 16.1, 17.4, 18.2, 18.6, 19.3, 19.9,
20.3, 20.4, 21.1, 21.4]

```

```
cas := [0, 1200, 2400, 3600, 4800, 6000, 7200, 8400,
        9600, 10800, 12000, 13200, 14400, 15600, 16800,
        18000, 19200, 20400, 21600, 22800, 24000, 25200]
```

Kontrola počtu položek v jednotlivých polích:

```
> nops (tpo) ; nops (tpi) ; nops (cas) ;
```

```
22
```

```
22
```

```
22
```

Interpolace (lineární):

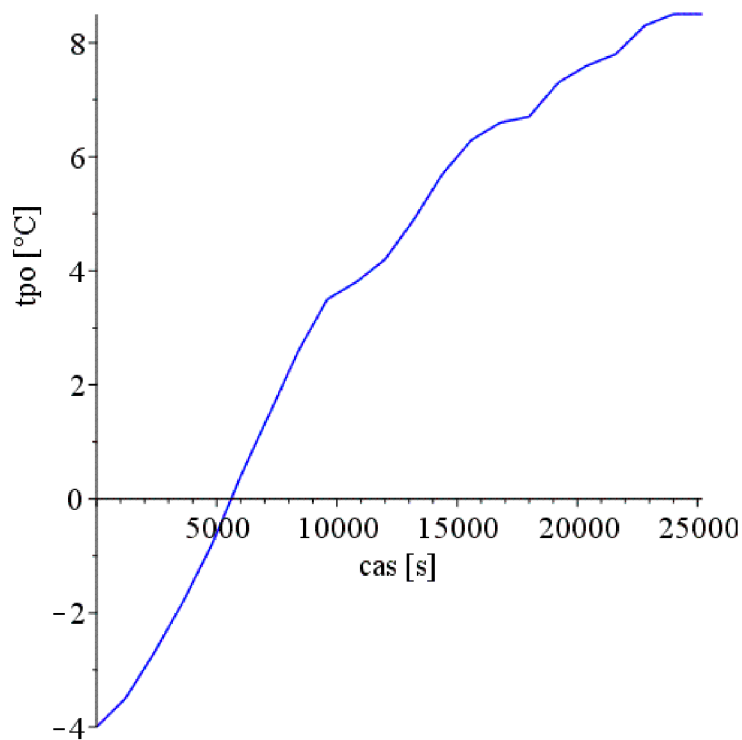
```
> ftpo:=tau->spline(cas, tpo, tau, linear) :
```

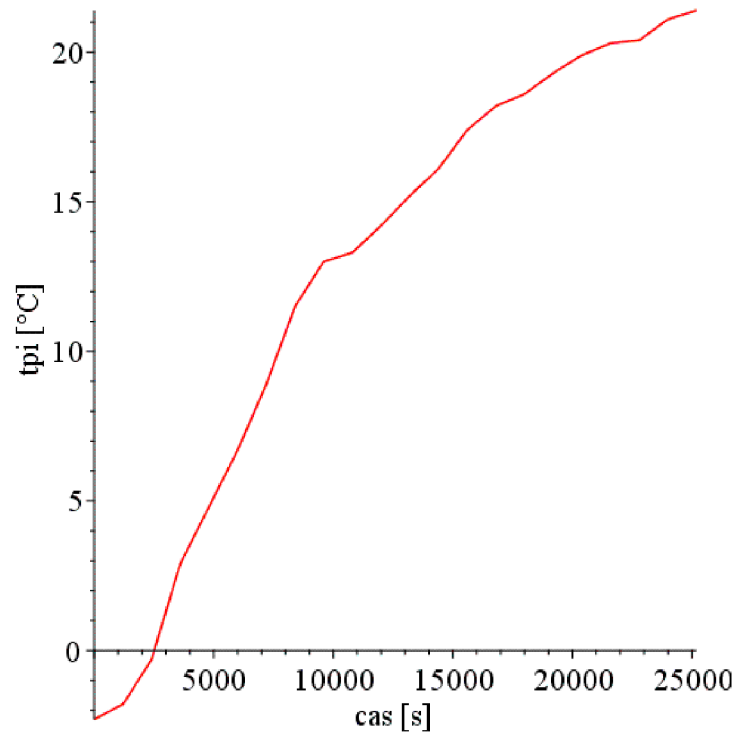
```
ftpi:=tau->spline(cas, tpi, tau, linear) :
```

Znázornění vytvořených funkcí teplot v grafech:

```
> Graf_tpo:=plot(ftpo(tau), tau=0..25200, style=line, color=blue, labels=["cas
[s]", "tpo [°C]"], labeldirections = ["horizontal", "vertical"]);
```

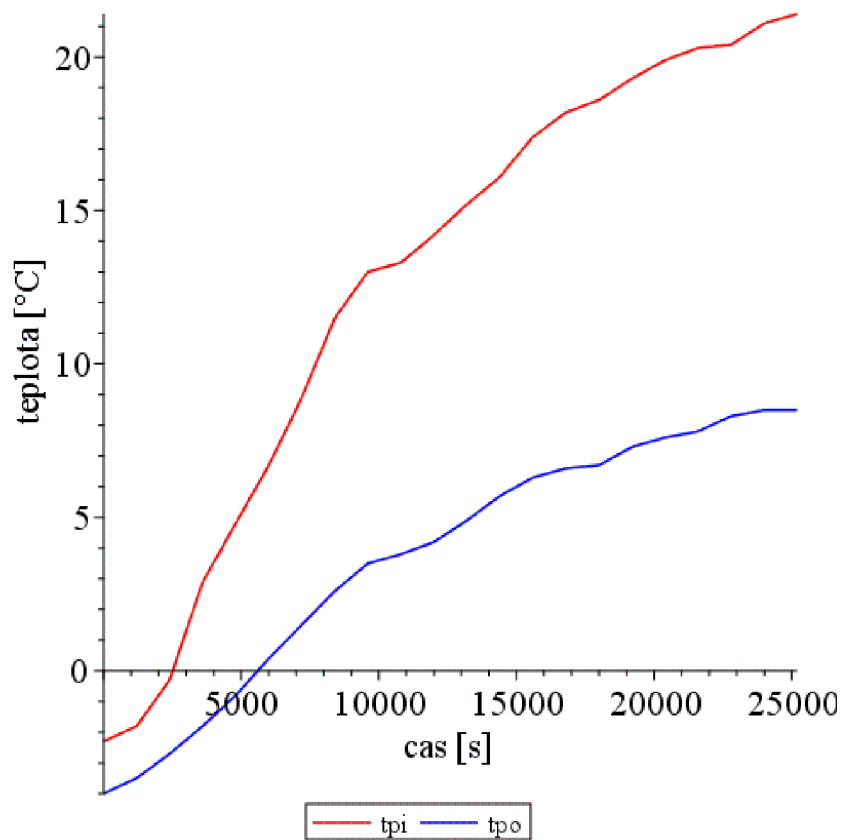
```
Graf_tpi:=plot(ftpi(tau), tau=0..25200, style=line, color=red, labels=["cas
[s]", "tpi [°C]"], labeldirections = ["horizontal", "vertical"]);
```





Obe závislosti v jednom grafu:

```
> plots[display]({Graf_tpo,Graf_tpi},labels=["cas [s]","teplota [°C]"],labeldirections=["horizontal","vertical"],legend=[typeset("tpi"),typeset("tpo")]);
```



Hustota vzduchu [kg/m³] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> frho:=T->spline([-50,0,20,40,60],[1.514,1.276,1.1887,1.1119,1.0456],T,cubic):
```

Měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.°C)] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> fcp:=T->spline([-50,0,20,40,60],[1006,1006,1006,1007,1009],T,cubic):
```

Střední měrná tepelná kapacita vzduchu v rozsahu teplot t1 až t2:

```
> cps:='int(fcp(t),t=t1..t2)/(t2-t1)';
```

$$cps := \frac{\int_{t1}^{t2} fcp(t) dt}{t2 - t1}$$

Vzduch ve skleníku:

Vypočtená střední měrná tepelná kapacita vzduchu ve skleníku v rozsahu teplot t1 = -2.3 až t2 = 21.4 °C:

```
> t1:=-2.3;t2:=21.4;
```

```
cps:=int(fcp(t),t=t1..t2)/(t2-t1);#cps [J/(kg.°C)]
```

```
t1 := -2.3
```

```
t2 := 21.4
```

```
cps := 1005.964051
```

Objem skleníku:

```
> Vs:=16.2;#objem skleniku [m3]
```

```
Vs := 16.2
```

Střední teplota ohřátého vzduchu ve skleníku v čase 6:20 - 13:40 (tj. 0-25200 s):

```
> tau1:=0.0;tau2:=25200.0;
```

```
tpis:=int(ftpi(tau),tau=tau1..tau2)/(tau2-tau1);#tpis [°C]
```

```
tau1 := 0.
```

```
tau2 := 25200.0
```

```
tpis := 12.82142857
```

Hustota při střední teplotě ohřátého vzduchu ve skleníku:

```
> rho:=frho(tpis);
```

```
rho := 1.21905887892563
```

Teplo akumulované vzduchem ve skleníku v čase 6:20 - 13:40:

```
> Qv:=cps*rho*Vs*(t2-t1);#[J]
```

```
Qv := 470836.913004099
```

Tepelný výkon skleníku v čase 6:20 - 13:40 (tj. 0-25200 s):

```
> Qvs:=Qv/(tau2-tau1);#[J/s = W]
```

```
Qvs := 18.6840044842897
```

Osluněný a efektivní pohlcující povrch skleníku v čase 6:20 - 13:40 - osluněná je odhadem cca polovina povrchu skleníku:

```
> Aos:=14.4;#odhadnutý osluněný (tj. cca poloviční z 28.8 m2) povrch skleníku
- tj.14.4 m2
```

```
asv:=1.5e-3;#orientační hodnota absorptivity skleníku resp. vzduchu, [-]
```

```
As:=asv*Aos;# efektivní pohlcující povrch skleníku, [m2]
```

$$Aos := 14.4$$

$$asv := 0.0015$$

$$As := 0.02160$$

Průměrná sluneční intenzita absorbovaná skleníkem v čase 6:20 - 13:40 (tj. 0-25200 s):

```
> Is:=Qvs/As;# [W/m2]
```

$$Is := 865.000207606003$$

Střední teplota okolního vzduchu (tj. vně skleníku) v čase 6:20 - 13:40 (tj. 0-25200 s):

```
> tpos:=int(ftpo(tau), tau=tau1..tau2)/(tau2-tau1);#tpos [°C]
```

$$tpos := 3.769047619$$

Součinitel prostupu tepla dle literatury:

```
> k:=6.0;# [W/(m2.°C)]
```

$$k := 6.0$$

Intenzita celkového slunečního záření na skleník v čase 6:20 - 13:40:

(odrazivost skla "r" uvažována 0.15)

```
> r:=0.15;
```

```
Ic:=(Is+k*(tpis-tpos))/(1-r);# [W/m2]
```

$$r := 0.15$$

$$Ic := 1081.54646272471$$

Střední tepelná účinnost skleníku v čase 6:20 - 13:40:

```
> eta:=Is/Ic;# [zlomek]
```

$$\eta := 0.799780903935308$$

Vychází tedy, že střední tepelná účinnost skleníku v jarním sledovaném období je cca 80.0 %.

Orientační výpočet kolektorové plochy pro ohřev vody pro skleník:

Záměrem je ohřát 0,35 m³ vody z teploty 5 na 15 °C.

Objem vody v zásobníku vody:

```
> Vzv:=0.35;#objem vody v zasobniku vody [m3]
```

$$V_{zv} := 0.35$$

Měrná tepelná kapacita vody [J/(kg.°C)] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> fcpv:=T->spline([0,20,40],[4218,4182,4178],T,cubic):
```

Hustota vody [kg/m³] v závislosti na teplotě při atmosférickém tlaku:

```
> frhov:=T->spline([0,20,40],[999.8,998.2,992.2],T,cubic):
```

Vypočtená střední měrná tepelná kapacita vody v rozsahu teplot tv1=5 až tv2=15 °C:

```
> tv1:=5.0;tv2:=15.0;
```

```
cpvs:=int(fcpv(t),t=tv1..tv2)/(tv2-tv1);#cpvs [J/(kg.°C)]
```

$$tv1 := 5.0$$

$$tv2 := 15.0$$

$$cpvs := 4197.250000$$

Střední teplota vody a hustota vody:

```
> tvs:=(tv1+tv2)/2;
```

```
rhov:=frhov(tvs);#hustota vody pri stredni teplote[kg/m3]
```

$$tvs := 10.00000000$$

$$rhov := 999.4125000$$

Množství tepla, které je nutno akumulovat do vody potom činí:

```
> Qk:=cpvs*rhov*Vzv*(tv2-tv1);#[J]
```

$$Q_k := 1.468174441 \cdot 10^7$$

Střední tepelná účinnost kolektoru pro ohřev vody s jedním krycím sklem v jarním období v čase 6:20 - 13:40 (tj. 0–25200 s):

```
> eta_k:=0.85-6*(tvs-tpos)/Ic;
```

$$\eta_k := 0.815433094578466$$

Množství energie zachycené kolektorem v lokalitě skleníku v jarním období v čase 6:20 – 13:40 (tj. 0-25200 s):

```
> Qls:=Ic*(tau2-tau1)*eta_k;#[J/m2]
```

$$Q_{ls} := 2.22246052315561 \cdot 10^7$$

Celková potřebná plocha kolektoru:

```
> Ak:=Qk/Qls;#[m2]
```

$$A_k := 0.660607657910334$$

=====
Závěr:

Pro vytyčený zaměř ohřevu vody (tj. uvažované hodnoty teplot vody a velikosti zásobníku) vychází pro jarní období potřebná plocha kolektoru cca 0.7 m².

=====