

Monitoring ovzduší a povětrnostních podmínek v krizovém řízení

Lukáš Mařík

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Mařík**
Osobní číslo: **L18373**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Monitoring ovzduší a povětrnostních podmínek v krizovém řízení**

Zásady pro vypracování

1. Seznamte se s teoretickými základy řešené problematiky.
2. Zaměřte se na způsoby monitoringu klíčových veličin ovlivňující vznik mimořádných událostí spojených s výkyvy počasí.
3. Realizujte stanici k měření vybraných veličin a vytvořte laboratorní cvičení – monitoring povětrnostních podmínek a predikce vývoje vzniklé mimořádné události.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KOPÁČEK, Jaroslav, Jan BEDNÁŘ a Michal ŽÁK. *Jak vzniká počasí*. Vydání druhé, rozšířené a upravené. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4423-3.
2. MADRY, Scott. *Space systems for disaster warning, response, and recovery*. New York: Springer, 2015. ISBN 978-1-4939-1512-5.
3. ŠPIČKA, Jindřich. *Nové ekonomické nástroje řízení rizika počasí*. V Praze: C.H. Beck, 2014. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-269-4.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Rak, Ph.D.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 3. 8. 2021

Jméno a příjmení studenta: Lukáš Mařík

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá monitoringem ovzduší a povětrnostních podmínek v krizovém řízení. V teoretické části jsou uvedeny teoretické základy měření klíčových veličin ovlivňující vznik mimořádných událostí spojených s výkyvy počasí a kvalitou ovzduší. V praktické části je zpracováno laboratorní cvičení sloužící k vytvoření krátkodobé předpovědi počasí pouze na základě, měření v terénu získaných, meteorologických údajů. Dále je popsána realizace meteorologické stanice k měření vybraných veličin včetně datového zpracování a vizualizace.

Klíčová slova: monitoring ovzduší, meteorologie, krizové řízení, meteorologická stanice, předpovědní formule Zambretti

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with air and weather conditions monitoring within crisis management. Theoretical basics of measures of key values influencing the occurrence of the emergency connected with adverse weather conditions and air quality are described in the theoretical part of the theses. The lab exercise is a part of the practical part of the thesis. The exercise helps to make a short-term forecast based on the field based meteorological data. Then the realization of the weather station used for measurement of selected values is described together with the data processing and visualization.

Keywords: air monitoring, meteorology, crisis management, weather station, forecast formula Zambretti

Na tomto místě bych rád poděkoval především vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jakubu Rakovi, Ph.D. za poskytnutí tématu, odborné vedení, cenné rady a trpělivost při vytváření bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval celé své rodině za podporu při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MONITORING POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK A KVALITY OVZDUŠÍ V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ	11
2 MONITORING POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK	14
2.1 ZÁKLADNÍ METEOROLOGICKÉ VELIČINY	14
2.1.1 Teplota vzduchu	14
2.1.2 Atmosférický tlak vzduchu	15
2.1.3 Vlhkost vzduchu.....	16
2.1.4 Srážky.....	16
2.1.5 Vítr	18
2.2 DOPLŇKOVÉ VELIČINY	19
2.3 VYPOČTENÉ VELIČINY	20
2.4 STATISTICKÉ VELIČINY	25
2.5 DRUŽICOVÁ METEOROLOGIE	26
2.6 VYHODNOCENÍ METEOROLOGICKÝCH DAT	26
3 MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ	30
3.1 KONCENTRACE PLYNŮ	30
3.2 POLÉTAVÝ PRACH	31
3.3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ	32
4 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTÍ SPOJENÉ S VÝKYVY POČASÍ A KVALITOU OVZDUŠÍ	34
4.1 DLOUHODOBÉ SUCHO.....	35
4.2 POVODNĚ A PŘÍVALOVÉ POVODNĚ.....	36
4.3 VYDATNÉ SRÁŽKY.....	37
4.4 EXTRÉMNÍ VÍTR.....	38
4.5 EXTRÉMNĚ VYSOKÉ TEPLoty.....	40
4.6 PŘÍRODNÍ POŽÁRY	41
4.7 SMOGOVÁ SITUACE	41
5 VÝSTRAHY	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
6 CÍL A METODIKA PRÁCE	44
7 LABORATORNÍ CVIČENÍ	45
7.1 MĚŘENÍ METEOROLOGICKÝCH VELIČIN	45
7.2 VYTVOŘENÍ KRÁTKODOBÉ PŘEDPOVĚDI POČASÍ.....	45

7.3	PREDIKCE VÝVOJE KRIZOVÉ SITUACE A MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI.....	47
8	KONSTRUKCE METEOROLOGICKÉ STANICE.....	50
8.1	VENKOVNÍ JEDNOTKA	50
8.1.1	Zdrojová část	51
8.1.2	Čidlo teploty, tlaku a vlhkosti	52
8.1.3	Řídící část.....	52
8.1.4	Elektrické zapojení.....	54
8.1.5	Radiační štít.....	54
8.1.6	Komunikace venkovní jednotky se serverem	54
8.2	DATA TŘETÍCH STRAN	55
8.3	SERVER	55
8.4	UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ	57
8.5	INSTALACE A PROVOZ STANICE	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

V průběhu života můžeme být svědky událostí, kterým říkáme mimořádné, přicházejí většinou neočekávaně, způsobují velké škody na majetku, životním prostředí a ohrožují životy a zdraví obyvatel. Mohou vzniknout škodlivým působením sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy nebo jejich kombinací. V dnešní době plné globální informovanosti o každodenních problémech se téměř denně dozvídáme z médií o nějaké živelní pohromě. Její rozsah nezávisí jen na samotné intenzitě daného živlu, ale i na dalších faktorech, jako je koncentrace osob v postižené oblasti, přítomnost průmyslu, dopravy, a samozřejmě na připravenosti na tyto mimořádné události (dále MU) a schopnosti jejich následky minimalizovat.

Povětrnostní vlivy a stav ovzduší mají zásadní vliv na vznik a průběh MU, je tedy nutné monitorovat jejich stav. Porovnáním průběhu v minulosti vzniklých MU, se znalostí aktuálních meteorologických podmínek a stavem ovzduší, jsme schopni predikovat vývoj současné MU, či stanovit pravděpodobnost vzniku nové MU. Při MU také obvykle dochází k působení několika jevů najednou. Průběh takovéto MU může vyvolat lavinovitý sled dalších projevů, například povodeň způsobí sesuv půdy, tím naruší plynovod, dojde k úniku plynu s následným výbuchem a požárem.

Prvním cílem této práce, při použití metody literární rešerše, je získat informace o způsobech monitoringu ovzduší a povětrnostních podmínek, které mohou buď sami, nebo ve vzájemné interakci s dalšími faktory, způsobit vznik MU.

Druhým cílem je vytvoření laboratorního cvičení, ve kterém studenti metodou měření zjistí aktuální hodnoty meteorologických veličin, na jejich základě provedou kalkulaci krátkodobé předpovědi počasí. Metodou experimentu poté nasimulují vliv současných a předpovídaných meteorologických podmínek na možný vývoj modelové krizové situace a MU.

Třetím cílem je realizace konstrukce meteorologické stanice, která bude kontinuálně monitorovat metodou měření vybrané klíčové veličiny stavu povětrnostních podmínek a stavu ovzduší. Klíčové veličiny budou, v návaznosti na získané poznatky z teoretické části, v uživatelském rozhraní stanice měřeny, kalkulovány a hodnoceny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MONITORING POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK A KVALITY OVZDUŠÍ V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ

„Krizovým řízením se rozumí souhrn řídicích činností orgánů krizového řízení zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik a plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením, nebo ochranou kritické infrastruktury.“ (Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), 2000)

V ČR je problematika monitoringu povětrnostních podmínek a kvality ovzduší řešena následujícími dokumenty:

- Zákon č. 89/1995 Sb., o státní statistické službě
- Zákon č. 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě
- Zákon č. 49/1997 Sb., o civilním letectví
- Zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí
- Zákon č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím
- Zákon č. 218/2000 Sb., zákon o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů (rozpočtová pravidla)
- Zákon č. 219/2000 Sb., o majetku České republiky a jejím vystupování v právních vztazích, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)
- Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému
- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích
- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací z veřejných prostředků
- Zákon č. 25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí a o změně některých zákonů

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší
- Zákon č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti
- Zákon č. 320/2015 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů
- Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon
- Vládní nařízení č. 96/1953 ze dne 27. listopadu 1953 o Hydrometeorologickém ústavu
- Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do od povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Vyhláška č. 356/2009 Sb., o informacích zaznamenávaných v Říčních službách
- Vyhláška č. 431/2001 Sb. o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci
- Vyhláška č. 5/2011 Sb. o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod
- Vyhláška č. 24/2011 Sb. o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik
- Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod
- Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích
- Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší

- Vyhláška č. 252/2013 Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy
- Vyhláška 414/2013 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (o vodoprávní evidenci)
- Vyhláška č. 79/2018 Sb. o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace

(ČHMÚ, © 2021)

Data získána monitorováním stavu povětrnostních podmínek a stavu ovzduší nacházejí uplatnění v krizovém řízení pro:

- stanovení pravděpodobnosti vzniku MU,
- analýzu rizik a přijetí opatření pro prevenci vzniku MU,
- predikci vývoje probíhající MU.

(Krizová legislativa, 2016; KRIZPORT, 2020)

Jsou základními informacemi systémů pro modelování a předpověď vývoje různorodých krizových situací (povodně, průmyslové havárie, šíření polutantů a další). Následně jsou výstupy z těchto systémů integrovány do geografických informačních systémů (dále GIS). GIS umožňují simulaci kombinací různých vlivů a dávají tak reálnou představu o možném vzniku a průběhu MU. Na základě těchto simulací lze jednak přijmout opatření k operativnímu řešení MU, ale též navrhnout a realizovat taková opatření, aby byla minimalizována či zcela odstraněna možnost vzniku MU.

2 MONITORING POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK

Monitoringem povětrnostních podmínek se zabývá meteorologie, což je „věda o zemské atmosféře, o jejím složení, vlastnostech, dějích a jevech v ní probíhajících.“ (ČHMÚ, © 2021)

Pro popsání těchto dějů a jevů je náplní meteorologie shromažďování meteorologických dat a jejich následné zpracování. Daty jsou naměřené jednotlivé meteorologické veličiny.

Monitorováním povětrnostních podmínek v České republice se zabývá Český hydrometeorologický ústav (dále ČHMÚ), konkrétně Úsek meteorologie a klimatologie (ÚMK) ČHMÚ. Tento je zodpovědný za měření, ukládání, vyhodnocování a archivaci meteorologických prvků, jevů a informací popisujících stav a vývoj atmosféry ve spodní troposféře. Zabezpečuje příjem družicových informací ze stacionárních (EUMETSAT) i polárních (NOAA) meteorologických družic, provozuje dva srážkoměrné radary (CZ-RAD), provádí základní zpracování bleskových dat (LDS) a na sondážní stanici Praha-Libuš vypouští 4x denně meteorologický balón. Přízemní měření a pozorování zabezpečuje na profesionálních meteorologických stanicích a observatořích, na leteckých stanicích, na dobrovolných klimatologických stanicích a na srážkoměrných stanicích. Specializovaný pozorovací program má na observatořích Praha-Libuš, Doksany, Temelín a Dukovany. (ČHMÚ, © 2021)

Úsek meteorologie a klimatologie dále zodpovídá za provoz a rozvoj meteorologické a hydrologické předpovědní a výstražné služby, vývoj a provoz meteorologického modelu ALADIN-CZ, rozvoj klimatologické databáze CLIDATA a za spolupráci s mezinárodními organizacemi EUMETSAT, ECMWF, WMO. (ČHMÚ, © 2021)

2.1 Základní meteorologické veličiny

Jedná se o veličiny měřené přímo v atmosféře příslušnými přístroji, z těchto dat se počítají další potřebné veličiny.

2.1.1 Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je základní meteorologická veličina udávající tepelný stav ovzduší, tj. schopnost vzduchu přijímat, nebo předávat tepelnou energii. Měří se přesným teploměrem, který je chráněn před přímým slunečním zářením ve výšce 2 m nad zemským povrchem. Teplota vzduchu se v České republice měří ve stupních Celsia. (eMS, 2019)

Speciálním údajem je **přízemní minimální teplota vzduchu**, která udává nejnižší hodnotu teploty vzduchu zaznamenanou těsně nad zemským povrchem na meteorologické stanici za určité časové období. K měření přízemní teploty vzduchu se používá stejného teploměru jako pro měření minimální teploty vzduchu. Minimální teploměr se umísťuje do speciálního stojáčku ve výšce 5 cm nad zemí. Význam této hodnoty je zejména pro zemědělce a zahrádkáře. (eMS, 2019)

Kapalinový teploměr využívá jednoduchého principu roztažnosti kapalin v tenké skleněné trubičce připevnění k podložce s natištěnou stupnicí. Speciálním typem teploměru je **vlhký (mokrý) teploměr**, který udává teplotu vzduchu takovou, jaká by byla při jeho stoprocentní relativní vlhkosti. Pokud je 100% RV tak se hodnota naměřená vlhkým teploměrem rovná teplotě suchého teploměru. Mokrý teploměr má měřicí sondu (baňku) obalenu nasákovou textilií, tato textilie musí být nepřetržitě zvlhčována vodou. (eMS, 2019)

Psychometr je kombinací suchého a vlhkého (mokrého) teploměru, z rozdílu teplot naměřených teploměry je pomocí psychrometrických tabulek určována relativní vlhkost (PŘÍLOHA P II: PSYCHROMETRICKÁ TABULKA). (ČHMÚ, © 2021)

Mechanický teploměr využívá rozdílné roztažnosti různých druhů kovů. Dvě pérka z jiných materiálů jsou pevně spojena (tzv. bimetal) a při změně teploty se tak jedna jeho strana natahuje více. Tím dochází ke kroucení pérka, které je přenášeno na otočný ukazatel na kruhové stupnici.

Elektronický teploměr využívá toho, že se spolu se změnou teploty mění také elektrický odpor vodiče. Elektronický teploměr tedy neměří přímo teplotu, ale z naměřené hodnoty odporu vodiče, umístěného v měřeném prostředí, ji vypočítává.

2.1.2 Atmosférický tlak vzduchu

Atmosférický vzduch vlivem síly tíže působí na zemský povrch tlakem (hydrostatický tlak), jehož velikost závisí na množství vzduchu ležícího nad danou plochou. Z tohoto důvodu je tlak nejvyšší u povrchu Země a s výškou klesá. Jako jednotka atmosférického tlaku se používá hektopascal (hPa). Za normálních podmínek je tlak 1013,25 hPa (pro 45° zeměpisné šířky, nadmořskou výšku 0 metrů a teplotu 273,15 °K). Tento tlak je považován za standardní. Aby bylo možné srovnání naměřeného tlaku vzduchu, používá se tzv. **tlak přepočtený na hladinu moře (relativní tlak) P_0** , kdy se naměřená absolutní

hodnota tlaku vzduchu P pomocí vzorce (1) přepočítá na hladinu moře, kde h je nadmořská výška tlakoměru a T je teplota. (Conversion to sea-level pressure Calculator, 2021)

$$P_0 = P \left(1 - \frac{0,0065h}{T + 0,0065h + 273,15} \right)^{-5,257} \quad (1)$$

2.1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je meteorologický prvek popisující množství vodní páry ve vzduchu. Množství vodní páry ve vzduchu podmiňuje vznik oblaků a srážek a je časově i místně velmi proměnlivé. Pro výpočet (2) relativní vlhkosti vzduchu RH je využito poměru skutečného tlaku vodních par e k maximálnímu možnému nasycení E při dané teplotě. (eMS, 2019)

$$RH = \frac{e}{E} [* 100\%] \quad (2)$$

Pro měření relativní vlhkosti vzduchu se používají vlhkoměry neboli hygrometry, v současnosti se využívají dva typy vlhkoměrů, vlasové a digitální (elektronické).

Vlasový vlhkoměr využívá skutečných lidských vlasů. Ty mají schopnost měnit svoji délku v závislosti na vlhkosti a svým napínáním nebo smršťováním pohybují pákou, která přenáší svůj pohyb na stupnici vlhkoměru.

Elektronický vlhkoměr může pracovat na dvou základních principech. Prvním je měření odporu na vodiči, který tvoří čidlo vlhkoměru. Odpor vodiče se mění se změnou relativní vlhkosti. Druhým je měření elektrické kapacity mezi dvěma vodiči, změnou vlhkosti se mění kapacita. (Vysoudil, 2013, s. 99)

2.1.4 Srážky

„Srážky jsou vodní kapky, nebo ledové částice vzniklé následkem kondenzace (zkapalňování) vodní páry nebo desublimace (přeměna plynného skupenství přímo ve skupenství pevné) vodní páry v ovzduší. Jde tedy o všechnu atmosférickou vodu

v kapalném, nebo tuhém skupenství, vypadávající z různých druhů oblaků, mlhy, nebo usazující se na zemském povrchu či na předmětech v atmosféře.“ (eMS, 2019)

U tuhých srážek se také měří výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota. (eMS, 2019)

Tabulka 1 Dělení srážek dle intenzity. (eMS, 2019)

Označení	Množství srážek (mm.hod ⁻¹)
velmi slabé srážky	0,25 a méně
slabé srážky	0,25 – 1,0
mírné srážky	1,0 – 4,0
silné srážky	4,0 – 16,0
velmi silné srážky	16,0 – 50,0
extrémní srážky	50,0 a více

Základním přístrojem pro měření srážek je ombrometr (srážkoměr), platí, že 1 mm srážek = 1 l vody na m². Pro registraci úhrnu a časového průběhu dopadajících kapalných srážek během letního období slouží registrační přístroje zvané ombrografy.

Ombrometr, nebo také ručně obsluhovaný srážkoměr, není v podstatě nic jiného, než odměrný válec s nálevkou, ve kterém se hromadí dešťová voda nebo sníh. Většina ombrometrů je označena odměrnou ryskou, takže není nutné vodu z válce přelévat do odměrného válce a stačí pouze odečíst množství vody a zapsat. Díky své jednoduchosti je tento typ srážkoměru levný, avšak vyžaduje fyzickou obsluhu.

Člunkový srážkoměr má uvnitř své konstrukce malý překlápěcí člunek, na který je sváděna dešťová voda. Jakmile dojde k naplnění člunku stanoveným množstvím srážek (typicky se jedná o 1 mm³), člunek se překlápí, voda se z něj vylije a začne se plnit znovu, přičemž každé překlápění člunku je zaznamenáno. Automatické srážkoměry používané k profesionálnímu měření jsou vybaveny vytápěním, aby bylo možno kontinuálně měřit i množství tuhých srážek. (Harrison, 2015, s. 187 – 190)

Srážkový radar je založen na principu zpětného rozptylu mikrovln, které se odrážejí od srážek. Aktuální srážky a bouřky se v České republice měří pomocí dvou

meteorologických radarů. Jeden je umístěn v Brdech na vrcholu Praha (860 m), druhý radar je na hoře Skalky (730 m) u Protivanova. (ČHMÚ, © 2021)

2.1.5 Vítr

„Vít je meteorologický prvek popisující proudění vzduchu v určitém místě atmosféry v daném časovém okamžiku vzhledem k zemskému povrchu. Vzniká mezi dvěma místy s odlišným tlakem vzduchu, kdy částice vzduchu jsou uváděny do pohybu silou tlakového gradientu (spádu) ve směru od vyššího tlaku k tlaku nižšímu. Vítr je tím silnější, čím je větší tlakový gradient.“ (eMS, 2019)

Pro popis vlastností větru jsou podstatné dvě veličiny - rychlost a směr větru. Doplňkovou veličinou je náraz větru.

Rychlost větru se měří ve výšce 10 m nad povrchem země a udává se v metrech za sekundu ($1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{hod}^{-1}$). Pro odhad síly větru slouží tzv. Beaufortova stupnice síly větru (PŘÍLOHA P III: BEAUFORTOVA STUPNICE SÍLY VĚTRU). (eMS, 2019)

K měření rychlosti větru anebo rychlosti a směru větru se v meteorologii používá anemometr, tento přístroj existuje již od roku 1450. (Harrison, 2015, s. 133)

Na trhu je mnoho různých typů anemometrů, z nichž každý má jedinečné vlastnosti, některé měří i více veličin než jen rychlost větru.

Mechanický anemometr využívá energie větru přenášené na konstrukci, kterou vítr otáčí, rotuje či vychyluje z ustálené polohy. Mezi mechanické anemometry patří miskové anemometry (Robinsonův kříž), lopatkové anemometry, anemometry s výkyvnou deskou (Wildova korouhev, Dalozův kyvadlový anemometr). (Harrison, 2015, s. 133 – 136)

Ochlazovací anemometry jsou tvořené drátkem („hot wire“) který je vystaven ochlazujícímu účinku větru, přičemž můžeme určit rychlost ochlazování nebo energii potřebnou k náhradě (kompenzaci) odejmuté energie. Z obojího lze vyvodit rychlost větru (nikoli však směr). (Harrison, 2015, s. 137)

Akustické anemometry měří nebo odvozují nejen rychlost, ale i směr větru. Jejich principem funkce je využití změn rychlostí šíření zvuku v atmosféře (Dopplerův jev). (Harrison, 2015, s. 139)

Směrem větru se rozumí směr, odkud vítr vane (nejčastěji se jím rozumí horizontální složka). Udává se pomocí azimutu (0-360°) nebo, jak je v meteorologii častější, podle světových stran a to takzvanou větrnou růžicí. (Wind Direction and Degrees, 2017)

Náraz větru je krátkodobé zvýšení rychlosti větru, popř. krátkodobý odklon od trvalejšího směru větru, stanovený rozdílně pro různé účely. Obecně se pro meteorologické potřeby uznávají za kritéria pro náraz větru převýšení průměru rychlosti větru o 5 m.s^{-1} na dobu alespoň 1 s, avšak nejvýše 20 s, anebo odklon směru o více než 45° na dobu alespoň 1 s, ne však více než 20 s. (eMS, 2019)

2.2 Doplnkové veličiny

Doplnkové meteorologické veličiny jsou také přímo měřené, nejsou však používány pro výpočet dalších meteorologických veličin.

Sluneční záření je základním předpokladem pro všechny formy života na Zemi. Je na něm závislé podnebí, teploty, změny počasí, příliv a odliv. Dále pomáhá udržet na Zemi vodu v kapalném skupenství a je klíčové při fotosyntéze rostlin a živočichům umožňuje vidět.

Kromě základních životních potřeb má sluneční záření pozitivní vliv na zdraví a psychiku člověka. Naopak nadměrné vystavování se slunečním paprskům může způsobit vážné zdravotní problémy. Viditelné záření tvoří asi 45 % dopadajícího záření, přičemž jeho podíl je vyšší při zatažené obloze, kdy může dosáhnout až 60 %. Příkon (intenzita) záření dopadajícího na povrch zemské atmosféry činí 1366 W.m^{-2} , toto množství se nazývá **solární konstanta** a je to teoretická maximální možná naměřená hodnota. (Zirin, 2012)

Tabulka 2 Sluneční záření dle vlnové délky. (eMS, 2019)

Typ slunečního záření	Vlnová délka (λ)
Ultrafialové	$\lambda < 400 \text{ nm}$
Viditelné	$400 \text{ nm} < \lambda < 750 \text{ nm}$
Infračervené	$\lambda > 750 \text{ nm}$

Délka slunečního svitu udává počet hodin za den, měsíc, nebo rok, po které přímé sluneční záření dosahovalo zemského povrchu, tj. po které terénní předměty vrhaly

zřetelné stíny. Trvání slunečního svitu závisí jak na délce dne, tak i na výskytu oblačnosti a mlh. (eMS, 2019)

UV index je dán úrovní tzv. erytémového slunečního ultrafialového záření (UVB vlnová délka 320 – 280 nm) a je mezinárodně standardizovaná bezrozměrná veličina, vyjadřující biologický efekt záření na lidské zdraví (PŘÍLOHA P IV: UV INDEX A DOPORUČENÁ OPATŘENÍ).

V naší geografické oblasti se UV index pohybuje v rozmezí od 0 do 9, v tropickém pásu může dosáhnout až 15 nebo 16. Všeobecně se dá říci, že čím výše je Slunce nad obzorem (za jasného počasí), tím vyšší je UV index a tím větší dávka UV záření, která zasáhne exponované živé organismy. (eMS, 2019)

2.3 Vypočtené veličiny

Jde o veličiny vypočtené na základě kombinací několika změřených základních veličin. Tato data umožňují lépe vyjádřit vliv počasí na lidský organismus, případně na další probíhající děje. Mezi tyto veličiny patří zejména teplota rosného bodu a pocitová teplota.

Teplota rosného bodu je definována jako teplota vzduchu, při které by se právě přítomná pára ve vzduchu stala nasycenou (při nezměněném tlaku vzduchu) a může tedy docházet ke kondenzaci (relativní vlhkost vzduchu je 100 %). Souvisí proto poměrně výrazně s relativní vlhkostí vzduchu a bývá nižší nebo rovna teplotě vzduchu. Pro výpočet rosného bodu D_p je použito vztahu (3), kde vstupem je teplota T a relativní vlhkost RH . (Mölders a Kramm, 2014, s. 75 – 77)

$$H = \frac{\log_{10}(RH) - 2}{0,4343} + \frac{17,62T}{243,12 + T} \quad (3)$$
$$D_p = \frac{243,12H}{17,62 - H}$$

Dle výzkumu NOAA je za běžných podmínek přesnost výsledku do 1 %. (Meteorological Conversions and Calculations, 2007)

Teplota rosného bodu nachází uplatnění například v aerologických měřeních, kde se vynáší na termodynamických diagramech spolu s křivkou zvrstvení a údaji o výškovém větru. Podle toho, jak jsou si křivky blízko, můžeme usuzovat o přítomnosti oblačnosti v dané

výšce, míře nasycení vzduchu v celém zkoumaném profilu, nebo získáme další charakteristiky vzduchu. (eMS, 2019)

Pocitová teplota je kombinací několika faktorů a lépe vystihuje působení vnějšího prostředí na lidské tělo. Je to souhrn proměnných definujících tepelnou pohodu člověka, které jsou zahrnuty do jednoho ukazatele. Pro výpočet pocitové teploty jsou používány metodiky zjednodušených a úplných indexů.

Zjednodušené indexy zahrnují vlivy pouze účelově vybraných faktorů a jsou tedy aplikovatelné pouze pro určitou část roku.

Heat Index je určen pro teplou část roku, kdy je teplota vzduchu vyšší než 27 °C a teplota rosného bodu je vyšší než 12 °C. (The Heat Index Equation, 2014)

Heat Index se pomocí vzorce (4) počítá z relativní vlhkosti *RH* a vnější teploty *T*. (The Heat Index Equation, 2014)

$$\begin{aligned}
 \text{Heat Index} = & -8,78469475556 + 1,61139411 * T + 2,33854883889 \\
 & * RH - 0,14611605 * T * RH - 0,012308094 * T^2 \\
 & - 0,0164248277778 * RH^2 + 0,002211732 * T^2 * RH \\
 & + 0,00072546 * T * RH^2 - 0,000003582 * T^2 * RH^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Když je relativní vlhkost nízká, pocitová teplota bude nižší než aktuální teplota, protože vypařování potu probíhá rychleji, a tím se tělo ochlazuje. Jakmile je ale relativní vlhkost vysoká (vzduch je nasycen vodními parami), pot se již tak rychle neodpařuje a pocitová teplota se zvyšuje. (The Heat Index Equation, 2014)

Tabulka 3 Hodnocení Heat Index. (The Heat Index Equation, 2014)

Heat Index	Zdravotní riziko
27 – 32	Může dojít k únavě při fyzické aktivitě nebo dlouhé expozici na slunci.
33 – 39	Při delší expozici a / nebo fyzické aktivitě je možný úpal, křeče nebo vyčerpání z tepla.
40 – 51	Je pravděpodobné, že budete mít křeče nebo vyčerpání z tepla a že při dlouhodobé expozici a / nebo fyzické aktivitě bude možný úpal.
< 51	Vysoce pravděpodobný úpal.

Wind Chill se využívá pouze u teplot nižších než 10 °C a rychlostí větru nad 1,3 m.s⁻¹. V Evropě nejužívanější je tzv. „Kanadský standard“, který počítá pocitovou teplotu $T_{(wc)}$ ze vzorce (5), kde T je teplota vzduchu a v rychlost větru ve výšce 10 metrů nad zemí. (Glossary Government of Canada, © 2020)

$$T_{(wc)} = 13,12 + 0,6215 * T - 11,37 * v^{0,16} + 0,3965 * T * v^{0,16} \quad (5)$$

Vedle naměřené teploty zohledňuje také sílu větru. Lidské tělo totiž v prostředí s nižší než tělesnou teplotou, vytváří kolem sebe tenkou vrstvu ohřátého vzduchu. Tato vrstva může být narušena prouděním vzduchu (větrem), a tak pocítujeme větší chlad, než jaký by odpovídal naměřené teplotě. (Glossary Government of Canada, © 2020)

Tabulka 4 Hodnocení Wind Chill. (Glossary Government of Canada, © 2020)

Wind Chill teplota (°C)	Zdravotní riziko
> 27	Většině lidí hrozí nízké riziko omrznutí.
-28 – -38	30 minut od začátku působení je vzrůstající riziko omrznutí.
-39 – -45	Mezi 5 až 10 minutami od začátku působení hrozí vysoké riziko omrznutí.

Wind Chill teplota (°C)	Zdravotní riziko
-45 – -55	Mezi 2 až 10 minutami od začátku působení hrozí vysoké riziko omrznutí!
< -56	Hned od začátku působení až maximálně do dvou minut hrozí vysoké riziko omrznutí!

Humidex (zkratka pro humidity index) je počítán pro teploty vzduchu nad 17°C, pro nižší teploty se hodnota blíží (i při vysoké vlhkosti) teplotě naměřené. Pro výpočet (6) humidexu H je použito vztahu mezi rosným bodem D_p a teplotou T . (Glossary Government of Canada, © 2020)

$$H = T + \frac{5}{9} \left[6,11 * e^{5417,7530 \left(\frac{1}{273,16} - \frac{1}{273,15 + D_p} \right)} - 10 \right] \quad (6)$$

Je to hodnota, která se používá k vyjádření vnímané teploty v kombinaci s vlhkostí jako jedno číslo.

Tabulka 5 Hodnocení Humidex. (Glossary Government of Canada, © 2020)

Hodnota humidexu (°C)	Hodnocení teploty humidexu
< 29	Příjemná.
29 – 34	Nepohodlí.
35 – 39	Velké nepohodlí, doporučuje se omezení velké fyzické námahy.
40 – 45	Nebezpečí.
46 – 53	Velké nebezpečí.
> 54	Ohrožení života.

Úplné indexy jsou aplikovatelné během celého roku, pro jejich výpočet jsou často používány složité algoritmy.

Apparent temperature (zdánlivá teplota) je teplotní ekvivalent vnímaný člověkem, způsobený kombinovanými účinky teploty vzduchu, relativní vlhkosti a rychlosti větru.

Pro výpočet zdánlivé teploty AT je použito vztahu (7) mezi relativní vlhkostí vzduchu RH , teplotou suchého teploměru T_a , skutečného tlaku vodních par ρ , rychlosti větru ws ve výšce 10 metrů nad zemí a čistého záření absorbovaného na jednotku plochy povrchu těla Q . (Apparent temperature, 2013)

$$\rho = \frac{RH}{100} * 6,105 * e^{\frac{17,27 * T_a}{237,7 + T_a}} \quad (7)$$

$$AT = T_a + 0,348 * \rho - 0,70 * ws + 0,70 \frac{Q}{ws + 10} - 4.25$$

Universal Thermal Climate Index (UTCI) je aktuálně tvořený International Society of Biometeorology. Tento projekt si klade za cíl vytvořit univerzální index, který bude pokrývat všechna podnebí, roční období a bude užitečný pro klíčové aplikace v lidské biometrologii nezávisle na vlastnostech osoby (věk, pohlaví, konkrétní činnosti a oblečení atd.). (UTCI Universal Thermal Climate Index, 2004)

Tabulka 6 Hodnocení zdánlivé teploty. (UTCI Universal Thermal Climate Index, 2004)

Zdánlivá teplota (°C)	Vnímání teploty	Fyziologické vnímání
< -39	Velká zima	Extrémní chladový stres
-39 – -26	Zima	Těžký chladový stres
-26 – -13	Chladno	Střední chladový stres
-13 – 0	Nízký komfort	Nízký chladový stres
0 – 20	Komfort	Možný komfort
20 – 26	Teplo	Nízká teplotní zátěž
26 – 32	Teplo	Střední teplotní zátěž

Zdánlivá teplota (°C)	Vnímání teploty	Fyziologické vnímání
32 – 38	Horko	Těžká teplotní zátěž
> 38	Velmi horko	Extrémní tepelná zátěž

2.4 Statistické veličiny

Statistické veličiny jsou takové, které jsou součástí dlouhodobých přehledů počasí. Jsou vypočítávány ze základních meteorologických veličin a slouží ke statistickým účelům.

Meteorologický den je pojem pro období, za které se vyhodnocují denní naměřená data. Dříve byla data vyhodnocována za období od 07:00 hod. do 06:59 hod., tedy jako počátek meteorologického dne byl označen čas 07:00 hod. Nyní, v době automatických digitálních meteorologických stanic, je za počátek meteorologického dne považována půlnoc. (eMS, 2019)

Průměrná denní teplota se dříve počítala jako průměr teplot vzduchu, které byly naměřeny v 7:00 hod., 14:00 hod. a 21:00 hod. (tato hodnota se odečítala dvakrát). Nyní se u moderních digitálních meteorologických stanic počítá jako průměr z jednotlivých minutových vzorků naměřených během celého dne období. (eMS, 2019)

Tlaková tendence vyjadřuje trend změny tlaku vzduchu na stanici za tři hodiny (v tropických oblastech za 24 hodin) před termínem pozorování. V případě tříhodinové tlakové změny v úrovni stanice se určuje nejen její velikost, ale i charakteristika tlakové tendence za příslušné tříhodinové období. (eMS, 2019)

Tabulka 7 Vyhodnocení tlakové tendence. (eMS, 2019)

Tlaková tendence	Změna tlaku vzduchu (Δp) za tři předchozí hodiny
Rychlý vzestup	více než 200 Pa
Slabý vzestup	200 – 100 Pa
Setrvalý stav	100 – -100 Pa
Mírný pokles	-100 – -200 Pa

Tlaková tendence	Změna tlaku vzduchu (Δp) za tři předchozí hodiny
Rychlý pokles	méně než -200 Pa

2.5 Družicová meteorologie

Za počátek družicové meteorologie můžeme označit soupeření USA a Sovětského svazu o to, kdo vyšle do vesmíru první satelit, který by umožnil nepřetržité monitorování počasí. První impuls dali Rusové, kterým se podařilo vyslat první satelit s názvem Sputnik 1 (4. 10. 1957). Na to zareagovali Američané tím, že o tři roky později vyslali do vesmíru družici Tiros-1 (1. 4. 1960), která k Zemi doručila první televizní snímek. Snímky Země byly k dispozici již dříve, jednalo se však pouze o jednorázové využití raket – první pokus se v tomto případě uskutečnil v roce 1946. (Madry, 2015, s. 68 – 78)

Družice se kolem země pohybují po dvou různých drahách:

LEO (Low Earth Orbit) – 600 až 1500 km nad povrchem, každý přelet družice je uskutečňován nad polární oblastí, kterou přelétává většinou dvakrát za den. (Madry, 2015, s. 50 – 51)

GEO (Geostationary Earth Orbit) – družice zdánlivě visí nad určitým místem na zemském povrchu, výška družice nad povrchem je zvolena tak, aby se její oběžná doba shodovala s rotací Země (téměř 36 000 km). (Madry, 2015, s. 51– 53)

Družice poskytují snímky zemského povrchu v různých částech spektra:

Solární kanály zobrazují množství Zemí odraženého slunečního záření. Oblasti s vodou potom na snímcích můžeme spatřit jako nejtmaší, zemský povrch jako světlejší (tmavší je oblast s vegetací) a oblačnost je s nejsvětlejší barvou. (Madry, 2015, s. 68)

Tepelné kanály zobrazují tepelné vyzařování Země. Intenzita barvy na snímku je dána fyzikální veličinou radiační teplota. Informují o obsahu vodní páry v atmosféře (každý má jako hlavní jinou výšku troposféry), tudíž na nich nerozpoznáme většinou zemský povrch. (Madry, 2015, s. 68)

2.6 Vyhodnocení meteorologických dat

Předpovídání počasí zajímalo učence již dávno. V polovině 17. století se po vynálezu barometru (Italem E. Torricellim v roce 1643) na základě jeho údajů dělali první pokusy

o předpověď. První pokusy o numerické předpovědi počasí se objevily až v roce 1922, tyto však začaly být použitelné až v nedávné době. Roku 1816 sestavil první synoptickou mapu na základě historických meteorologických pozorování německý fyzik H. W. Brandes, následujících 40 let se však nejednalo o pravidelnou systematickou činnost. (Meteorologie a její historie, 2020)

Pro soustavnou meteorologickou službu dala podnět až Balaklavská vichřice (14. 11. 1854) na Černém moři, kdy se potopilo mnoho lodí anglicko-francouzské flotily bojující proti Rusku. Francouzský vědec U. L. Verrier vyslovil domněnku, že vichřici bylo možné předpovídat, kdyby byly známé meteorologické údaje. Tento závěr odstartoval shromažďování meteorologických dat a zřizování povětrnostních služeb ve více zemích. Mezinárodní výměna těchto informací se však mohla uskutečnit až po uzavření míru mezi Francií a Ruskem roku 1856. (Borovička, 2014)

Na území ČR se začalo počasí systematicky pozorovat přístroji na začátku 18. století. Za nejstarší záznamy jsou považována pozorování J. A. Reimana z let 1717 – 1720. Pozornost počasí věnovaly také hvězdárny, které se nacházely v Praze – Klementinu a Trnavě. Zhruba od roku 1960 se pro předpověď počasí používají výstupy z meteorologických družic a počítačové zpracování dat. Věnuje se zvýšená pozornost studiu všeobecné cirkulace atmosféry v souvislosti vzájemného vlivu oceánu na pevninu a naopak. Výsledky těchto studií mají velký význam pro dlouhodobé předpovědi počasí. (Meteorologie a její historie, 2020)

Předpovědi počasí lze dělit podle několika pohledů. Asi nejdůležitějším pohledem je pohled podle délky období, na které je předpověď vytvořena. Druhy předpovědí počasí jsou:

- **velmi krátkodobá předpověď** – na dobu kratší než 1 den,
- **krátkodobá předpověď** – s dobou platnosti 1 - 3 dny,
- **střednědobá předpověď** – na 4 - 10 dnů,
- **dlouhodobá předpověď** – na dobu delší než 10 dnů,
- **sezónní předpověď** – sestavována klimatologu.

(Klasifikace předpovědí, 2020)

Meteorologové také sestavují specializované předpovědi pro různé obory lidské činnosti, například pro zemědělce. Dalším netypickým příkladem předpovědí jsou výstrahy, v České

republiky vydávané ČHMÚ. Tyto výstrahy se vydávají, pokud nějakému území státu hrozí nebezpečí v souvislosti s počasím (vítr, povodně, nový sníh, náledí, vysoké teploty, nebezpečí požárů). (Klasifikace předpovědí, 2020)

Zambretti algoritmus vyvinuli Henry Negretti a Joseph Zambra (název Zambretti vznikl složením jmen autorů) v roce 1915. Výsledná předpověď podle tohoto algoritmu dosahuje 90% přesnosti pro následujících 12 hodin. Algoritmus může využít 26 různých předpovědí. Pro předpovědní formuli Zambretti jsou potřebné údaje:

- **hemisféra** – na které polokouli stanice leží (severní nebo jižní polokoule),
- **rozsah barometru** – typický rozsah barometru na stanici (minimální a maximální tlak naměřený na stanici, nebo hodnoty tlaků typické pro dané území),
- **směr větru** – rozlišujeme 16 hodnot směru větru podle větrné růžice nebo také údaj o klidu (aktuální směr větru odkud vane),
- **měsíc** – ve kterém měsíci předpověď vytváříme (slouží k určení, zda je letní nebo zimní období),
- **relativní tlak** – přesný relativní tlak (tlak přepočtený na hladinu moře) změřený barometrem,
- **tlaková tendence** – změna tlaku za poslední tři hodiny (rozlišujeme pouze pokles, růst nebo setrvalý stav).

Výsledkem kalkulace je stanovena jedna předpověď vývoje počasí na 12 hodin s 90% pravděpodobností. (Negretti & Zambra, nedatováno)

V letech 1920 – 1940 se zaváděly analýzy atmosférických front a používáním radiosond v operativní synoptické praxi. S. P. Chromov shrnul ve své publikaci „Úvod do synoptické analýzy“ (1934) metody „nové“ synoptiky. Předpovědi počasí se staly konkrétnější, podrobnější a kvantitativnější. (Meteorologie a její historie, 2020)

Sagerův algoritmus byl vyvinut roku 1942 americkým meteorologem Raymondem Sagerem, pro výpočet předpovědi počasí používá aktuální, nebo zprůměrované hodnoty pro určité období. Výsledná předpověď podle tohoto algoritmu je platná pro okruh přibližně 48 kilometrů (30 mil) od místa výpočtu pro příštích 24 hodin při nestálém počasí a až 48 hodin při stálém počasí. Algoritmus může využít 378 různých předpovědí. (Weather forecast using Sager algorithm, 2008)

V současnosti se nejčastěji pro předpovědi počasí používají dvě **techniky strojového učení**. (Trivedi, 2018)

Neuronové sítě mají velmi dynamickou povahu, a proto se jeví jako nejoblíbenější volba modelu strojového učení pro předpovědi počasí. Hlavním důvodem této popularity je schopnost zachytit nelineární závislosti minulých trendů počasí a budoucích povětrnostních podmínek, na rozdíl od lineárních regresních a funkčních regresních modelů. (Trivedi, 2018)

Bayesovská síť používá algoritmy strojového učení k nalezení neoptimálnějšího pravděpodobnostního modelu a jeho grafovou reprezentaci pro zobrazení pravděpodobnostních vztahů mezi jednotlivými jevy. Nároky na výpočet bayesovské sítě jsou velmi vysoké z důvodu velkého počtu různých závislostí. (Trivedi, 2018)

3 MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ

„Znečištění ovzduší je jedním z faktorů, který se spolupodílí na ovlivnění lidského zdraví. Může se projevit výskytem nebo zhoršením subjektivních obtíží nebo objektivních poruch zdraví, na kterých se může určitou měrou podílet expozice látkám z ovzduší cestou dýchacího ústrojí.“ (Kvalita ovzduší, © 2021)

Získaná data a následně zpracované informace o kvalitě ovzduší zveřejňuje ČHMÚ na svých webových stránkách <http://www.chmi.cz>. Na těchto stránkách jsou také prezentována aktuální data o kvalitě ovzduší na jednotlivých stanicích včetně případných výstrah souvisejících se stavem ovzduší. (ČHMÚ, © 2021)

Souhrnnou informaci o kvalitě ovzduší za uplynulý rok zpracovává Ministerstvo životního prostředí, ta je následně předkládána členům vlády a poté každý rok zveřejněna. Tato informace vychází především z podkladů uvedených v publikaci Znečištění ovzduší na území České republiky, kterou každoročně vydává ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021)

3.1 Koncentrace plynů

Atmosféra je směsí plynů, v níž jsou dále přítomny vodní kapičky, ledové krystalky a různé znečišťující příměsi přírodního (prachové částičky, pylová zrna) i antropogenního původu (produkty vzniklé činností člověka). (PŘÍLOHA P I: SLOŽENÍ ZEMSKÉ ATMOSFÉRY)

Nebezpečné plyny mohou být inertní, hořlavé, toxické a korozivní. Nebezpečí spojená s každou kategorií:

- **inertní plyny** – asfyxie (atmosféra se sníženým obsahem kyslíku),
- **hořlavé plyny** – požár (zápalná atmosféra),
- **toxické plyny** – otrava (toxická atmosféra),
- **korozivní plyny** – chemické popáleniny.

(Nebezpečí spojená s používáním plynů, 2020)

Pro detekci a měření koncentrace plynů v ovzduší jsou dostupné různé druhy senzorů, tyto detekují konkrétní plyny a jejich koncentraci v ovzduší. Koncentrace plynu v ovzduší se vyjadřuje buď v procentech, nebo v parts per million (zkratka pocházející z angličtiny,

česky „dílů či částic na jeden milion“), zkráceně též ppm, je výraz pro jednu miliontinu celku. (Nebezpečí spojená s používáním plynů, 2020)

Pro měření koncentrací jednotlivých plynů, nebo jejich směsí se používají jak mobilní, tak i stabilní zařízení. Tato jsou osazena příslušnými senzory dle typu detekovaného plynu.

Přenosné detektory se používají pro různé aplikace např. osobní monitoring na pracovišti, měření před vstupem do stísněných prostor, detekce netěsností, monitorování prostoru a další.

Stacionární detektory monitorují výrobní prostory, sklady a pracoviště a varují před hrozícím nebezpečím.

Monitorovací stanice jsou provozovány ČHMÚ, tento je provozuje jako Státní síť imisního monitoringu (SSIM). Její součástí jsou jak automatizované monitorovací stanice (AIM), tak i manuální imisní stanice (MIM), ze kterých jsou odebrané vzorky analyzovány v laboratořích ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021)

3.2 Poléťavý prach

Poléťavý prach vzniká téměř výhradně jako produkt lidské činnosti – při spalovacích procesech, tavení rud, ale také z půdy zbavené vegetačního pokryvu. Čím menší průměr částice má, tím je lehčí a déle zůstává v ovzduší. (Yu, Tsunoda a Tsunoda, 2011, s. 16 – 19)

Poléťavý prach (PM z anglického názvu "particulate matter") je pojem pro mikročástice o velikosti několika mikrometrů (μm). Částice mají své specifické označení podle velikosti – například PM10 označuje poléťavý prach o velikosti 10 μm . Částice menší než 1 μm mohou vstupovat přímo do plicních sklípků, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější. Na částice poléťavého prachu se totiž vážou těžké organické látky, které pak v organismu působí toxicky. (Yu, Tsunoda a Tsunoda, 2011, s. 18; Kvalita ovzduší, © 2021)

Tabulka 8 Zdravotní rizika poléťavého prachu. (Kvalita ovzduší, © 2021)

Velikost částic	Označení	Zdravotní riziko
> 10 μm		Částice jsou odfiltrvány v nosní dutině a netvoří tak výrazné riziko.

Velikost částic	Označení	Zdravotní riziko
< 10 μm	PM10	Částice jsou schopny pronikat do hrtanu a do dolních cest dýchacích.
< 2,5 μm	PM2,5	Částice jsou schopny pronikat do dolních cest dýchacích a usazovat se v průduškách.
< 1 μm	PM1	Částice jsou schopny pronikat až do plicních sklípků.

V ČR je určen limit pro znečištění ovzduší pevnými částicemi (polétavý prach). Denní imisní limit je $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Překročení tohoto limitu je tolerováno max. 35 dní v roce. (Zákon č. 201/2012 Sb., zákon o ochraně ovzduší, 2012)

Pro zjištění množství částic ve vzduchu je používáno několik metod. Všechny tyto metody využívají filtrace ovzduší přes vhodný filtr (dle velikosti zjišťovaných částic) účinným čerpadlem. Jsou, společně se senzory plynů, instalovány v monitorovacích stanicích.

Gravimetrie stanovuje množství částic z rozdílu hmotnosti filtru po a před expozicí. (ČHMÚ, © 2021)

Radiometrie (RADIO) je založena na rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem. (ČHMÚ, © 2021)

Křemenné oscilační mikrováhy (TEOM) měří hmotnost vzorku zachyceného na filtru podle změny frekvence oscilujícího kuželového nosiče. (ČHMÚ, © 2021)

3.3 Vyhodnocení kvality ovzduší

Při hodnocení kvality ovzduší se pak především porovnávají zjištěné úrovně koncentrací imisí s příslušnými imisními limity, popřípadě s přípustnými četnostmi překročení těchto limitů, což jsou úrovně imisí, které by podle platné legislativy týkající se ochrany ovzduší neměly být od stanoveného data překračovány.

Konkrétní hodnoty imisních limitů nalezneme v příloze č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. (Zákon č. 201/2012 Sb., zákon o ochraně ovzduší, 2012)

V případě, že dojde k překročení imisního limitu, musí Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s příslušným krajským nebo obecním úřadem pro danou zónu

nebo aglomeraci vypracovat Program zlepšování kvality ovzduší (PZKO). (Kvalita ovzduší, © 2008–2020 Ministerstvo životního prostředí)

Mimo hodnoty samotného imisního limitu existují ještě:

- **dolní mez pro posuzování** (Lower Assessment Threshold, LAT),
- **horní mez pro posuzování** (Upper Assessment Threshold, UAT).

Obě tyto hodnoty jsou nižší než imisní limit a jsou definovány jako procento imisního limitu pro konkrétní znečišťující látku. Tyto dvě hodnoty slouží k vyhodnocení, na kolik je třeba danou lokalitu sledovat. Pokud je v dané lokalitě překročena UAT určité znečišťující látky, je měření v této oblasti povinné. Pokud leží hodnota naměřeného znečištění mezi LAT a UAT, je měření rovněž povinné, ale je možné ho provádět v delších intervalech a z části nahrazovat modelováním. Pokud je hodnota naměřené úrovně znečištění pod LAT, stačí v případě aglomerací jedna měřicí stanice v případě oblastí mimo aglomerace je možné v dané lokalitě vycházet pouze z modelových hodnot, objektivních odhadů a indikativních měření. (Čisté nebe, 2021)

Index kvality ovzduší (IKO) vyjadřuje souhrnné hodnocení aktuálního stavu ovzduší v konkrétním místě (PŘÍLOHA P V: DOPORUČENÍ SZÚ KE SNÍŽENÍ EXPOZICE ZNEČIŠŤUJÍCÍM LÁTKÁM A OCHRANĚ ZDRAVÍ). Vyjadřuje se kombinací čísel a písmen, je barevně reprezentován barvami semaforu. Je počítán jako klouzavý průměr PM₁₀, NO₂ a SO₂, v období od 1. dubna do 30. září vstupuje do výpočtu i koncentrace přízemního ozonu O₃. (Čisté nebe, 2021; Brzezina, 2019)

Tabulka 9 Index kvality ovzduší. (Čisté nebe, 2021)

Stupeň	Kvalita ovzduší
1A	Velmi dobrá až dobrá
1B	
2A	Přijatelná
2B	
3A	Zhoršená až špatná
3B	

4 MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTÍ SPOJENÉ S VÝKYVY POČASÍ A KVALITOU OVZDUŠÍ

Každá událost, která ohrožuje život nebo zdraví člověka, ohrožuje zvířata, majetek nebo životní prostředí a u které se musí provádět záchranné a likvidační práce, se označuje jako MU. (Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), 2000)

Metorologické podmínky a stav ovzduší mohou jednak sami způsobit MU, ale mají i vliv na průběh již vzniklé MU. Průběh MU je s nimi ve vzájemné interakci a jejich vazby se mohou lavinovitě rozšířit až do takzvaného dominového efektu, kdy přispívající okolnost (okolnosti) způsobí následně další MU a jejich kumulovaný účinek je následně mnohem větší, než byl dopad prvotní MU. Například silná námraza, která poláme větve stromů. Ty při pádu poničí vedení elektrického napětí, čímž v postižené oblasti dochází k výpadkům energie, případně až k tzv. blackoutu, neboli výpadku dodávek elektrické energie velkého rozsahu.

Nejčastěji se MU dělí podle příčin jejich vzniku na dvě základní skupiny:

Naturogenní – způsobené různými přírodními vlivy, působením živé či neživé přírody,

Antropogenní – způsobené činností člověka.

(Talichová, 2018)

Naturogenním MU také říkáme živelní pohromy (ŽP) a můžeme je rozdělit podle toho, kde na Zemi vznikají:

Pod zemským povrchem – působením vnitřních přírodních sil, fyzikálními a chemickými procesy v hlubinách Země, jako jsou např. zemětřesení, sopečná činnost a jejich následky.

Na zemském povrchu – různým posunem půdy, kamení, ledu či sněhu, zvýšením vodní hladiny řek, jezer, přehrad, ale i moří v důsledku přivalových dešťů, silného větru nebo přílivové vlny.

Nad zemským povrchem – působením silného větru, bouřemi, kroupami.

Kosmické vlivy – dopady meteorických těles na zemský povrch nebo škodlivé kosmické záření.

(KRIZPORT, 2020)

ŽP můžeme také rozdělit podle toho, jaké procesy jsou jejich podstatou:

Rychlé pohyby hmot – zemětřesení, svahové pochody.

Uvolnění hlubinné zemské energie a její převedení na povrch – sopečná činnost, zemětřesení.

Zvýšení vodní hladiny řek, jezer a moří – povodně, mořské zátopy, tsunami.

Vyrovňování teplotních rozdílů v atmosféře – orkány, tropické cyklóny, tornáda, větrné smršťe.

(Talichová, 2018)

V Národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu jsou uvedeny typy povětrnostních extrémů, u kterých lze odůvodněně očekávat vyhlášení krizového stavu, a to dlouhodobé sucho, povodně a přívalové povodně, vydatné srážky, extrémní vítr, extrémně vysoké teploty, přírodní požáry a smogovou situaci. (Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, 2015)

Špička (Špička, 2014, s. 24 – 26) rozšiřuje tyto extrémy o krupobití, tíhu sněhu nebo námrazy a úder blesku.

Pro úplnost je doplněn přehled extrémů o smogovou situaci.

4.1 Dlouhodobé sucho

Dlouhodobé sucho jako extrémní klimatická událost může ovlivnit zranitelnost budoucími extrémními událostmi tím, že mění odolnost prostředí, schopnost přírodní reakce a schopnost adaptace. Příkladem je sucho v kombinaci s extrémně vysokými teplotami (vlnami veder) a nízkou vlhkostí, které může zvýšit riziko vzniku požáru a současně zhoršit možnosti hašení v důsledku nedostatku vody. Při suchu a malých průtocích může docházet k snadnější kontaminaci vodních zdrojů a následně k rozvoji epidemiologických událostí. (Rožnovský, Středová a Středa, 2019)

Obvykle dělíme sucho do čtyř typů, a to podle dominujících projevů:

- **meteorologické** – záporná odchylka srážek od normálu během určitého časového období,
- **zemědělské** – půdní sucho, nedostatek vláhy pro plodiny,
- **hydrologické** – významné snížení hladin vodních toků,

- **socioekonomické** – dopady sucha na kvalitu života.

(Brázdil a Trnka, 2015)

Pro určení výskytu či intenzity sucha se využívá zjednodušená vodní bilance založená na vzájemném rozdílu úhrnů srážek a celkového výparu ze zemského povrchu do atmosféry (evapotranspirace), který se vztahuje k určitému území. (Rožnovský, Středová a Středa, 2019)

Monitoringem stavu sucha v ČR se zabývá projekt Intersucho, zde jsou zveřejňovány informace o aktuální situaci a předpovědi pro ČR. Provozovateli portálu Intersucho jsou tři instituce, na kterých probíhají stěžejní výzkumné práce a zároveň je zajišťována operativa celého webu. Jedná se o spolupráci Ústavu výzkumu globální změny Akademie věd České republiky (CzechGlobe), Mendelovy univerzity v Brně a Státního pozemkového úřadu. (Intersucho, 2021)

4.2 Povodně a přívalové povodně

Stavy hodnocené jako povodně vznikají v případě trvalých a vydatných dešťů, tehdy se mohou výrazně zvýšit hladiny vodních toků a ohrožení je v těchto místech vždy statisticky možné. V zimě v důsledku tání ledů může dojít v zúžených místech k ucpání koryta řeky ledovými krami a následně k vylití toku řeky z koryta. (Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, 2001)

Povodně z tání sněhu jsou způsobené táním sněhu a vznikají v zimním a jarním období, od prosince do dubna. Je-li tání sněhu vydatně doprovázené deštěm, mluvíme pak o tzv. smíšené povodni. (ČHMÚ, © 2021)

Ledové povodně jsou spojeny s oteplením po období silných mrazů, kdy se vytvořil ledový pokryv vodních toků. Táním sněhu se zvětší průtok dříve, než stačí ledy roztát, a proto se rozlámou a začnou se pohybovat v korytě toku. Na místech s mělkým dnem, nebo v místech zúžení koryta se unášené kry hromadí a vytváří ledové bariéry. (ČHMÚ, © 2021)

Dešťové povodně vznikají po dni i více dnech trvajících intenzivních srážkách, často zesílené v horských oblastech. Srážky postupně nasytí půdu, která již není schopná zadržovat vodu a dochází k výraznému odtoku vody z krajiny. (ČHMÚ, © 2021)

Přívalové povodně vznikají nejčastěji následkem rychlého povrchového odtoku způsobeného přívalovými srážkami, který se v členitém terénu rychle koncentruje do říční

sítě. Průběh povodně je charakterizovaný vlastním druhem povodně, hodnotou kulminačního průtoku, tvarem a objemem povodňové vlny a ročním obdobím výskytu. (Přívalové povodně, neuvedeno)

Rizikovými faktory pro vznik přívalové povodně jsou:

- **intenzita srážek v bouřce,**
- **rychlost pohybu bouřek** - čím pomalejší pohyb, tím větší riziko,
- **řetězový efekt** - přechod několika bouřek v těsném sledu přes jedno povodí; tyto bouřky nemusí být extrémně silné,
- **synergie pohybu bouřek se směrem odtoku vody v povodí** - postupují-li bouřky po směru odtoku vody z povodí, je riziko povodně vyšší než při jejich opačném pohybu,
- **výskyt nepropustných a málo propustných povrchů,** nebo **velké předchozí nasycení území** podporující rychlý odtok,
- **konfigurace terénu** s velkou svažitostí, úzkými říčními údolími.

(Přívalové povodně, neuvedeno)

Předpovědní povodňová služba informuje povodňové orgány a obyvatelstvo o možnosti vzniku povodňové situace. Tuto službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav vydáváním výstrah před povodňovými jevy, intenzivními srážkami a bouřkami. V rámci předpovědní povodňové služby ČHMÚ vydává předpovědi vodních stavů a průtoků ve vybraných profilech v celé ČR. Během povodně ČHMÚ vydává informační zprávy o aktuální situaci v zasažených povodích. (ČHMÚ, © 2021)

4.3 Vydatné srážky

Vydatné srážky charakterizuje velmi silná intenzita deště nebo sněžení. V nepříznivých podmínkách mohou dešťové srážky vést k rychlému odtoku, zejména na zpevněném, málo propustném, nebo nasyceném povrchu, a k zatopení níže ležících poloh, objektů, případně k vzestupům hladin vody ve vodních tocích a k povodním. Vydatné srážky, spojené s bouřkovou činností, jsou v letním období poměrně častým jevem, ve většině případů však mají pouze krátkou dobu trvání (do 30 minut). (Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, 2015)

Tabulka 10 Výstražné informace (srážky) vydávané ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021)

Sledovaný jev	Očekávaný průběh
Vydatný déšť	Očekávané množství srážek nad 30 mm/6 h nebo 40 mm/12 h nebo 50 mm/24 h nebo 60 mm/48 h. Představuje nízký stupeň nebezpečí.
Velmi vydatný déšť	Očekávané množství srážek nad 40 mm/6 h nebo 50 mm/12 h nebo 60 mm/24 h nebo 90 mm/48 h, výskyt nebo očekávání dosažení stupně povodňové aktivity. Vysoký stupeň nebezpečí.
Extrémní srážky	Očekávané množství srážek nad 50 mm/6 h nebo 60 mm/12 h nebo 80 mm/24 h nebo 120 mm/48 h, výskyt nebo očekávání dosažení stupně povodňové aktivity. Extrémní stupeň nebezpečí.

V zimním období mohou být vydatné srážky příčinou vzniku MU s ohledem na silnou intenzitu sněžení nebo s ohledem na vytvoření enormně vysoké sněhové pokrývky. Zatímco intenzivní sněžení, které je často doprovázeno větrem, způsobuje akutní problémy v podobě snížené viditelnosti, nesjízdnosti komunikací, vzniku závějí, je vytvoření vysoké sněhové pokrývky spojeno s rizikem lavinového nebezpečí, porušením stavebních konstrukcí, narušením infrastruktury (např. energetika, doprava) poškozením lesních porostů a speciálních zemědělských kultur, snížením dostupnosti potravy u volně žijící zvěře apod. (Špička, 2014, s. 24 – 26)

4.4 Extrémní vítr

Při vysokých rychlostech se vítr projevuje zejména svými destruktivními účinky (způsobuje velké škody na majetku, v lesích a v elektroenergetice). Je příčinou řady úrazů či usmrcení osob způsobených padajícími či letícími předměty. Silný vítr také ztěžuje pohyb a dýchání a odnímá teplo, takže pocítujeme větší zimu. Nebezpečné rychlosti větru se u nás vyskytují zejména v zimním období anebo při bouřkách.

Tabulka 11 Výstražné informace (vítr) vydávané ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021)

Sledovaný jev	Rychlost větru	Stupeň nebezpečí
Silný vítr	$> 18 \text{ m.s}^{-1}$	Nízký stupeň nebezpečí.
Velmi silný vítr	$> 24 \text{ m.s}^{-1}$	Vysoký stupeň nebezpečí.
Extrémně silný vítr	$> 30 \text{ m.s}^{-1}$	Extrémní stupeň nebezpečí.

Downburst je silný sestupný proud vyskytující se v přeháňkách nebo bouřkách dosahující rozměrů od stovek metrů až po desítky kilometrů. V postižené oblasti způsobuje ochlazení a silný vítr. V závislosti na výskytu srážek v okolním vzduchu může být u země doprovázen deštěm nebo i kroupami. (Najman, 2019)

Tornádo je silně rotující vír mající tvar nálevky, chobotu, který se spouští ze spodní základny konvektivních bouří a během své existence se alespoň jednou dotkne zemského povrchu a je dostatečně silný, aby na něm mohl způsobit hmotné škody. Tornáda jsou často vázána na tzv. supercelu. (Tornáda.cz, © 2011 - 2021)

Supercela je zvláštní typ bouřky která je tvořena jedinou mohutnou konvektivní (konvekční) buňkou. V supercelách nejčastěji pozorujeme ty nejničivější prvky bouřek, jako jsou kroupy o průměru větším než 2 cm nebo tornáda či vítr větší než 90 km.h^{-1} . Supercely vznikají ve velmi horkých, tropických dnech uprostřed léta před příchodem studené fronty, za kterou postupuje chladnější a hodně vlhký oceánský vzduch. (eMS, 2019)

Většina tornád se vyskytuje pod jádrem bouře, nejčastěji na jejím jihovýchodním okraji (myšleno při postupu ze západu na východ). Tornáda se nejčastěji vyskytují v USA, avšak jsou pozorována i u nás (Litovel 9. června 2004 a Jižní Morava 24. června 2021). (Tornáda.cz, © 2011 - 2021)

Síla tornáda je dána **Fujitovou stupnicí** rozdělenou do 6 stupňů (F0 - F5, přičemž F5 je nejsilnější). (Tornáda.cz, © 2011 - 2021)

Tabulka 12 Fujitova stupnice. (Tornáda.cz, © 2011 - 2021)

Fujitova stupnice	Rychlost větru	Míra škod
F0	17 – 32 m.s ⁻¹	Lehké škody - spadlé komíny, zlámané větve stromů.
F1	33 – 51 m.s ⁻¹	Mírné škody - strhává střešní kryt, vytlačuje auta ze silnic.
F2	52 – 72 m.s ⁻¹	Značné škody - strhává střechy, převrací vagóny, vyvrací a láme vzrostlé stromy.
F3	73 – 95 m.s ⁻¹	Vážné škody – ničí střechy i zdi domů, většina stromů v lesích je vyvrácena, těžká auta jsou zdvihána ze země a odtrhávána.
F4	96 – 120 m.s ⁻¹	Zničující škody – srovnává se zemí dobře postavené domy, stavby se slabými základy odnáší.
F5	> 120 m.s ⁻¹	Ohromující škody - silné konstrukce domů jsou srovnávány se zemí a odnášeny, projektily velikosti automobilu poletují vzduchem a jsou odmršťovány do vzdálenosti přesahující 100 m.

4.5 Extrémně vysoké teploty

Zátěž organismu způsobují vysoké teploty vzduchu obvykle již od 30 °C výše. Ty se vyskytují nejčastěji v letních měsících, tedy v červnu, červenci a srpnu. Přitom během dne obvykle teplota vzduchu kulminuje kolem 14. až 15. hodiny místního času (15. až 16. hodina letního času). Velikost zátěže se zvyšuje s rostoucí délkou trvání období s vysokými teplotami a při vysoké vlhkosti vzduchu. Ta omezuje odpařování potu z těla a tedy jeho ochlazování a vede k pocitu dusna. Zátěž zvyšuje přímé sluneční záření, které je nejintenzivnější kolem poledne místního času (13 hodin letního času). V jeho důsledku se v létě výrazně ohřívají stěny budov, povrchy komunikací apod., takže v jejich

blízkosti můžeme naměřit výrazně vyšší teploty vzduchu, než ve volné přírodě. Největší zátěž vysokými teplotami bývá ve velkých městských aglomeracích. (ČHMÚ, © 2021)

Extrémní vedro má vliv i na zvířata a má na svědomí také škody v dopravě (zejména na železnicích a v silniční dopravě) a nárůst požárů. Dlouhotrvající vysoké teploty a nedostatek srážek mají na svědomí rovněž sucho. Kromě škod v zemědělství se také zvyšuje riziko vzniku požárů. (KRIZPORT, 2020)

4.6 Přírodní požáry

Přírodní požáry zahrnují všechny nekontrolované, volně se šířící požáry. Patří sem tedy nejen požáry, které vzplály volně v přírodě (např. účinky blesků), ale také požáry, které byly založeny člověkem, ať již úmyslně nebo v důsledku nezodpovědného jednání. (KRIZPORT, 2020)

4.7 Smogová situace

Podle zákona o ochraně ovzduší jde o stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, suspendovanými částicemi PM10 nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot uvedených v příloze č. 6 Zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. (Zákon č. 201/2012 Sb., zákon o ochraně ovzduší, 2012)

Podle současně platné právní úpravy je na celém území ČR provozován tzv. SVRS (smogový varovný a regulační systém), jeho provoz upravuje Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. (Pravidla pro vyhlášení smogové situace a regulace – zákon o ochraně ovzduší, 2017)

Informace, které systém poskytuje, slouží jednak k informaci o výskytu situace se zvýšenými koncentracemi znečišťujících látek v ovzduší a jednak k regulaci (omezení) vypouštění znečišťujících látek ze zdrojů, které významně ovlivňují kvalitu ovzduší daného území. Smogová situace je ukončená a regulace nebo varování se odvolá, pokud na žádné měřicí lokalitě reprezentativní pro úroveň znečištění v oblasti minimálně 100 km² není naměřená koncentrace znečišťujících látek vyšší než příslušná prahová hodnota, přičemž tento stav trvá nepřetržitě alespoň 12 hodin a na základě meteorologické předpovědi není v průběhu následujících 24 hodin očekáváno opětovné překročení informativní, regulační nebo varovné prahové hodnoty. (Pravidla pro vyhlášení smogové situace a regulace – zákon o ochraně ovzduší, 2017)

5 VÝSTRAHY

Výše uvedené hrozby mohou působit zároveň a jejich dopady mohou působit synergicky. Proto je potřebná identifikace těchto hrozeb, jejich podrobná analýza a vyhodnocení. Je nutné stanovit příslušnou úroveň rizika, které mohou vyvolat nežádoucí jevy. Z těchto důvodů nabývá na významu prevence a budování výstražných informačních systémů.

ČHMÚ prostřednictvím svých předpovědních pracovišť zabezpečuje vydávání výstrah v rámci Hlásné a předpovědní povodňové služby (HPPS), dále výstrah Systému integrované výstražné služby (SIVS) a informací Smogového varovného a regulačního systému (SVRS) pro území České republiky. (Systém integrované výstražné služby (SIVS) a související výstupy ČHMÚ, neuvedeno)

Všeobecný výstražný protokol ČHMÚ je zpráva určená k předávání informací o nebezpečných meteorologických a hydrologických jevech a o vyhlášených informacích SVRS při zvýšených koncentracích škodlivých látek v ovzduší formou XML souboru, a to pro území jednotlivých obcí s rozšířenou působností (ORP). Výstrahy jsou zveřejňovány na stránkách ČHMÚ ve formátu CAP (Common Alerting Protocol). Tento formát je společný pro všechny výstražné a varovné systémy ČHMÚ a popis jeho je dostupný na stránkách ČHMÚ. (Dokumentace k CAP v1.2 pro použití v ČHMÚ, 2018).

V rámci Evropy poskytuje nejdůležitější informace potřebné pro prevenci před následky extrémních projevů počasí očekávaných v rámci Evropy projekt Meteoalarm (meteoalarm.org), shromažďuje všechny důležité informace o nebezpečných projevech počasí pocházející z oficiálních zdrojů národních meteorologických služeb mnoha evropských zemí. Podobně jako ČHMÚ vydává výstrahy ve formátu CAP. (Meteoalarm, 2021)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL A METODIKA PRÁCE

Laboratorní cvičení metodou měření a experimentu seznámí studenty se základními meteorologickými veličinami, způsoby jejich měření a interpretací naměřených dat. Studenti získají praktickou znalost měření dat přímo v terénu (teplota, tlak vzduchu, rychlosti a směr větru). Ze získaných dat vypočítají kalkulovanou hodnotu tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře. Tuto hodnotu a další naměřené hodnoty použijí při výpočtu krátkodobé předpovědi počasí. Komparaci výpočtů a výsledků provedou v HTML stránce, tato využívá stejné vzorce jako manuální metoda. Pro modelovou krizovou situaci (dále KS) spočítají studenti na základě zadání krátkodobou předpověď počasí, na jejím základě predikují možný rozvoj KS a navrhnou opatření k ochraně majetku a osob. Pro modelovou MU využijí informace o vzniklé MU, stavu a předpovědi počasí na predikci možného rozvoje této MU, Definují možné scénáře rozvoje MU a popíší možný domino efekt rozvoje této MU.

Konstrukce meteorologické stanice popisuje návrh, konstrukci, výrobu a provoz meteorologické stanice sloužící k měření tří základních meteorologických veličin (teploty, tlaku a relativní vlhkosti vzduchu). Data, která stanice neměří, jsou získávána od třetích stran z otevřených zdrojů a jsou zobrazena společně s daty naměřenými v uživatelském rozhraní. Stanice na základě naměřených dat vyhodnocuje, na základě předpisy stanovených limitů, povětrnostní podmínky a stav ovzduší. Pro výpočet kalkulovaných veličin a jejich vyhodnocení, je využito poznatků získaných v teoretické části práce.

7 LABORATORNÍ CVIČENÍ

Účelem cvičení je seznámit studenty s měřením základních meteorologických veličin, k vytvoření krátkodobé předpovědi počasí při použití Zambretti předpovědní formule a na modelové situaci aplikovat předpověď za účelem predikce jejího vývoje.

7.1 Měření meteorologických veličin

V této části se studenti seznámí s možnostmi a způsoby měření klíčových meteorologických veličin:

- teplota vzduchu,
- tlak vzduchu,
- vlhkost vzduchu,
- rychlost větru,
- směr větru.

Pro měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu použijí pouze základní přístroje (teploměr, barometr a hygrometr).

Dále studenti provedou hodnocení síly větru pozorováním za pomoci Beaufortovy stupnice síly větru (PŘÍLOHA P II: BEAUFORTOVA STUPNICE SÍLY VĚTRU) a určí za pomoci buzoly jeho směr.

Ze změřené hodnoty atmosférického tlaku spočítají studenti tlak převedený na hladinu moře. Pro přepočítání tlaku na hladinu moře použijí studenti vzorec (1) z kapitoly 2.1.2 Atmosférický tlak vzduchu. Hodnoty směru větru a tlaku převedeného na hladinu moře budou použity dále pro stanovení krátkodobé předpovědi počasí.

7.2 Vytvoření krátkodobé předpovědi počasí

Pro vytvoření předpovědi počasí je ve cvičení použita Zambretti předpovědní formule (kapitola 2.3 Vyhodnocení meteorologických dat). Pro usnadnění je její algoritmus, s jednotlivými kroky, převeden do formuláře. (PŘÍLOHA P VI: FORMULÁŘ PŘEDPOVĚDI POČASÍ - STRANA 1; PŘÍLOHA P VII: FORMULÁŘ PŘEDPOVĚDI POČASÍ - STRANA 2)

Do něj studenti zapíší naměřené údaje získané v rámci praktického měření v terénu a v jednotlivých krocích spočítají výslednou předpověď počasí.

Datum:	21.2.	Čas:	14:00	Student:	L. Marik
Směr větru	SSV	Rozdíl tlaku za tři předchozí hodiny	0,4 hPa		
Tlak na hladinu moře	1016,0 hPa	Max*	1050	Min*	100
Rozsah barometru	100	Max - Min = R		450	
Tlaková tendence (změna tlaku za tři předchozí hodiny)	rostoucí	>1,6 hPa		<-1,6 hPa	

* Pokud neznáte minimum a maximum tlaku, použijte minimum 950 hPa a maximum 1050 hPa.

R = rozsah barometru = 100
 K = R / 22 = 4,545 (zaokrouhlit na tři desetinná čísla)
 P = tlak na hladinu moře = 1016,0

Směr větru	Azimut (°)	A	
		Severní polokoule	Jižní polokoule
S	348.75 - 11.25	+ 0,06 * R	- 11 - 0,12 * R
SSV	11.25 - 33.75	+ 0,05 * R	- 0,1 * R
SV	33.75 - 56.25	+ 4 + 0,05 * R	- 0,06 * R
VSV	56.25 - 78.75	+ 0,02 * R	- 0,045 * R
V	78.75 - 101.25	- 0,005 * R	- 0,03 * R
VJV	101.25 - 123.75	- 3 - 0,02 * R	- 0,005 * R
JV	123.75 - 146.25	- 0,05 * R	+ 0,015 * R
JJV	146.25 - 168.75	- 0,085 * R	+ 0,03 * R
J	168.75 - 191.25	- 11 - 0,12 * R	+ 0,06 * R
JJZ	191.25 - 213.75	- 0,1 * R	+ 0,05 * R
JZ	213.75 - 236.25	- 0,06 * R	+ 4 + 0,05 * R
ZJZ	236.25 - 258.75	- 0,045 * R	+ 0,02 * R
Z	258.75 - 281.25	- 0,03 * R	- 0,005 * R
ZSZ	281.25 - 303.75	- 0,005 * R	- 3 - 0,02 * R
SZ	303.75 - 326.25	+ 0,015 * R	- 0,05 * R
SSZ	326.25 - 348.75	+ 0,03 * R	- 0,085 * R

P = P + A = 1016,0 + 5 = 1021,0

		A											
		severní polokoule (duben - září)					jižní polokoule (říjen - březen)						
Tlaková tendence		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
rostoucí		25	25	25	24	24	19	16	12	11	9	8	
setrvalý stav		25	25	25	25	25	25	25	23	23	22	18	15
klesající		25	25	25	25	25	25	25	25	25	23	23	21
Z		11	12	13	14	15	17	18	19	20	21		
rostoucí		6	5	2	1	1	0	0	0	0	0		
setrvalý stav		13	10	4	1	1	0	0	0	0	0		
klesající		20	17	14	7	3	1	1	1	0	0		

P = P + A = 1021,0 pokud P > maximum barometru potom P = P - 1
 Z = (P - minimum tlaku) / K = 15 (zaokrouhlit dolů na celé číslo)

		Předpověď			Předpověď			Předpověď				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	Ustálené pěkné počasí (v zimě možnost inverze).	9	Proměnlivo s výhledem na zlepšení.	18	Nestálé počasí, občasné srážky.							
1	Pěkné počasí.	10	Docela hezké, ale srážky pravděpodobné.	19	Převážně velmi proměnlivé počasí.							
2	Docela hezké počasí.	11	Spíše nestálé počasí, možnost zlepšení až později.	20	Občasné srážky, zhoršování počasí.							
3	Hezké počasí, ale méně ustálené.	12	Nestálé počasí s možností zlepšení.	21	Srážky, velmi proměnlivé počasí.							
4	Hezké počasí, možnost přeháněk.	13	Trvalé srážky s možností krátkodobého občasného zlepšení.	22	Trvalé srážky.							
5	Docela hezké s možností dalšího zlepšování.	14	Trvalé srážky, stále zhoršování.	23	Trvalé srážky, velmi nestálé počasí.							
6	Docela hezké, ale brzy možnost přeháněk.	15	Proměnlivo, občasné srážky.	24	Bouřky, ale brzy možnost zlepšení.							
7	Docela hezké, ale později srážky.	16	Nestálé počasí, občas krátkodobé zlepšení.	25	Bouřky, silné srážky.							
8	Brzy přijdou srážky, ale pak možné zlepšení	17	Nestálé počasí, později srážky.									

Obrázek 1 Vyplněný formulář předpovědi počasí. Foto autor

Pro ověření výsledku výpočtu a následně stanovené předpovědi dle formule Zambretti slouží jednoduchý HTML soubor **Tlak a Zambretti.html** s příslušnými výpočty v JavaScript. Po jehož otevření v prohlížeči lze, po zadání vstupních hodnot, ověřit nejen správnost výpočtu tlaku převedeného na hladinu moře, ale i následně kalkulovanou předpověď.

Soubor Tlak a Zambretti.html je z důvodu velikosti uložen na příloženém CD-ROM a dostupný z:

https://utbcz-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/l1_marik_utb_cz/ERYuJX1-wSFLiFWP5tMBLjwBL5qbqzVhBqkYt3v1Y1oB_w?e=T4ZJmu

Obrázek 2 HTML stránka pro ověření výpočtů. Obrázek autor

7.3 Predikce vývoje krizové situace a mimořádné události

V případě KS, či vzniku MU, je nutné stanovit její další vývoj. Pro tento účel slouží laboratorní cvičení, které má za úkol predikovat vývoj modelové situace při znalosti aktuálního stavu a krátkodobé předpovědi počasí.

Modelová situace A

Tato modelová KS slouží k ověření, zda je student schopen, i bez dostupnosti moderních technologií, vytvořit krátkodobou předpověď počasí, predikovat vývoj KS a navrhnout opatření k ochraně majetku a osob.

„Chatovou osadou XY situovanou na svahu v lese na Hané, nepřipojenou na elektrinu a bez dosahu mobilní sítě, protéká malý potok. Od 2. května již dva dny vytrvale prší a hladina potoka začíná nebezpečně stoupat.“

Zadání:

1. Na základě popisu situace a naměřených dat stanovte předpověď počasí na následujících 12 hodin (použijte formulář pro stanovení předpovědi počasí).

Tlak přepočtený na hladinu moře v 8:00	973 hPa
Tlak přepočtený na hladinu moře v 11:00	970 hPa
Směr větru	severní

2. Jaké další projevy může mít tento vývoj počasí na průběh KS?
3. Jak se zachováte při znalosti dalšího vývoje počasí?

Řešení:

1. Předpověď na dalších 12 hodin je: Bouřky, silné srážky.
2. Sesuvy půdy, pád stromů, eroze koryta, narušení statiky chaty a další.
3. Kontaktovat ostatní chataře, zabezpečit objekt, opustit objekt, informovat místně příslušné orgány.

Modelová situace B

Tato modelová situace slouží k ověření, zda je student schopen využít informace o aktuálním stavu, posoudit dopad změn povětrnostních podmínek na vývoj MU a stanovit možný scénář eskalace MU.

„Na vrcholu stoupání došlo na silnici k hromadné nehodě (MU) osmi vozidel 5 km na západ od města XY. Při této nehodě byla poškozena cisterna s nebezpečnou chemickou látkou (dále NCHL) a došlo k jejímu úniku, NCHL je těkavá a hořlavá. Celá nehoda se stala u vodní nádrže vzdálené cca 500m od místa nehody. Aktuálně je jasno, 32 °C a vane čerstvý východní vítr rychlostí 9,5 m.s⁻¹, předpověď počasí předpovídá bouřky a déšť během jedné hodiny. U nehody zasahují složky integrovaného záchranného systému.“

Zadání:

1. Odhadněte možnosti eskalací MU.
2. Odhadněte eskalaci MU v případě domino efektu.

Řešení:

1. Možné scénáře eskalace MU:

- V místě nehody, vzhledem k teplotě vzduchu dojde k odpařování a nasycení vzduchu výpary NCHL, účastníci nehody i zasahující osoby jí mohou být zasaženi.
- V místě nehody, vzhledem k teplotě, dojde k odpařování NCHL a nasycení vzduchu jejími výpary, následkem toho může dojít k výbuchu, požáru ostatních vozidel a zranění osob.

- Vzhledem k silnému větru dojde k odvanutí par této látky směrem k městu XY, obyvatelé města mohou být oblakem této látky zasaženi.
- S příchodem bouřky dojde bleskem (úderem do vrcholu kopce) k zažehnutí NCHL, následnému výbuchu a požáru ostatních vozidel.
- Déšť spláchne NCHL do okolí či až do přilehlé nádrže a způsobí ekologickou havárii.

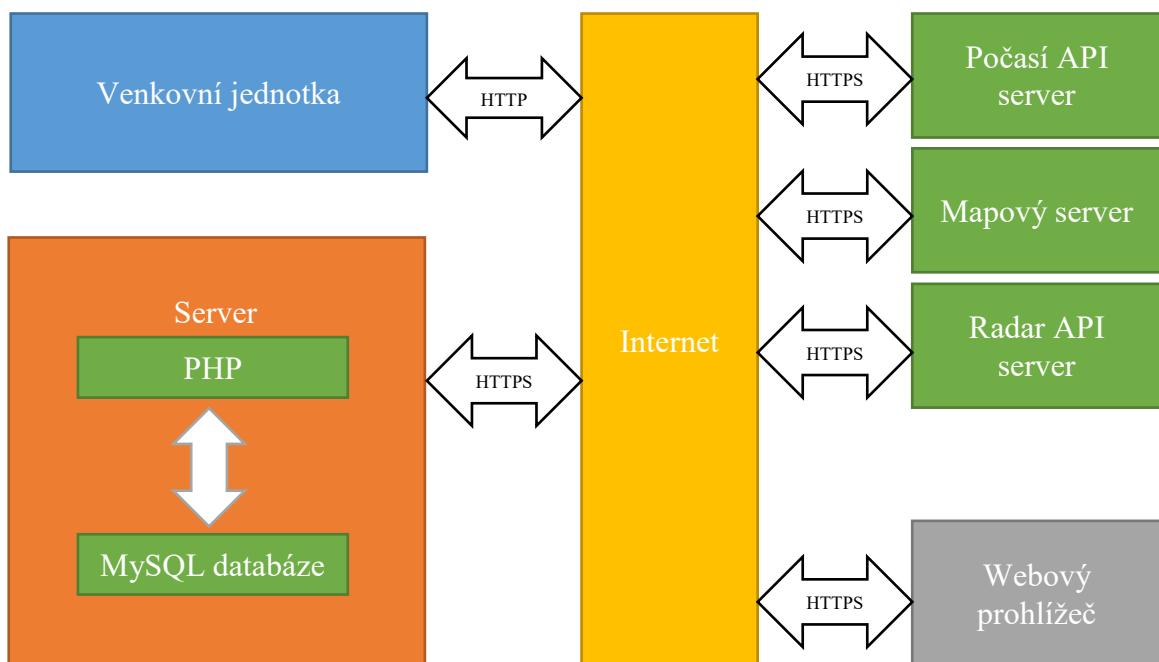
2. Možný domino efekt scénář MU:

Vzduch nasycený parami NCHL zasáhne některé účastníky nehody, část par je odvanuta do města XY kde zasáhne obyvatele, blesk z bouřky zasáhne cisternu, tato vybuchne, výbuch zraní účastníky nehody a způsobí požár ostatních vozidel, zbytek chemikálií je spláchnut deštěm do nádrže kde způsobí ekologickou havárii, obyvatelé města budou zasaženi spalinami požáru s následnými zdravotními následky.

8 KONSTRUKCE METEOROLOGICKÉ STANICE

Celá konstrukce stanice je navržena jako zařízení poskytující měření tří základních meteorologických veličin. Jsou jimi teplota vzduchu, atmosférický tlak a relativní vlhkost vzduchu. Tyto veličiny jsou zvoleny vzhledem k dostupnosti příslušného čidla, které umožňuje měřit všechny veličiny najednou. Mimo tyto veličiny využívá stanice data o stavu ovzduší a počasí z otevřených zdrojů a poskytuje informace získané z meteorologického radaru a satelitních snímků.

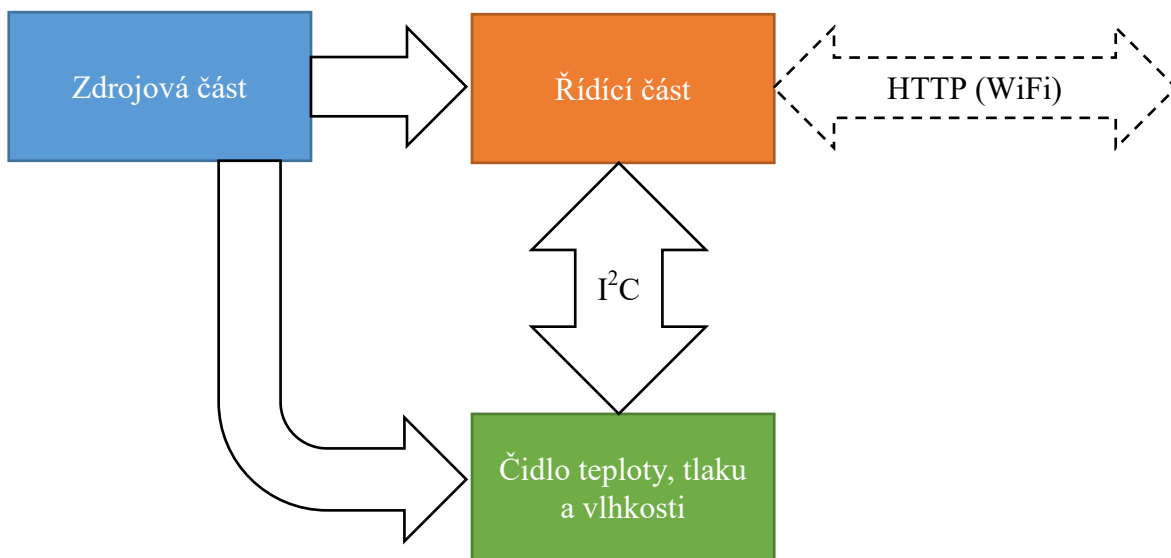
Funkční celek meteorologické stanice tvoří venkovní jednotka, server a uživatelské rozhraní. Data získaná venkovní jednotkou jsou ukládána na serveru do databáze MySQL. Pro zpracování požadovaných informací a generování uživatelského rozhraní je použito skriptovacího jazyka PHP, databáze MySQL, JavaScriptu a HTML. Pro koncové uživatele jsou data přístupná přes webovou stránku z libovolného prohlížeče.



Obrázek 3 Blokové schéma stanice. Obrázek autor

8.1 Venkovní jednotka

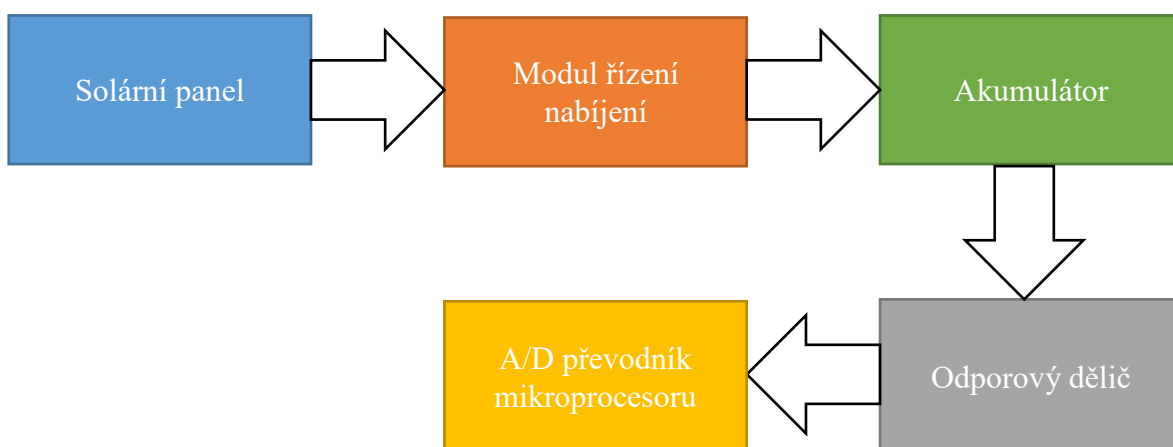
Venkovní jednotka je navržena jako kompaktní celek, který má vlastní napájení a komunikuje se serverem pomocí HTTP protokolu přes WiFi.



Obrázek 4 Blokové schéma venkovní jednotky. Obrázek autor

8.1.1 Zdrojová část

Venkovní jednotka je navržena jako nezávislá na externím napájení, tedy pro pokrytí své spotřeby používá solární napájení a pracuje v režimu spánek/provoz. To znamená, že zařízení je v aktivním stavu pouze v době kdy shromažďuje ze senzoru data a tato odesílá na server (spotřeba 185 mA), mimo tuto dobu je v takzvaném režimu hlubokého spánku (spotřeba 66 μ A). Kombinovaná spotřeba venkovní jednotky v režimu spánek/provoz (10 minut hluboký spánek/čtení dat + vysílání) činí celkem 9,3 mA.



Obrázek 5 Blokové schéma napájecí části. Obrázek autor

Solární panel je vybrán na základě požadované spotřeby, konkrétně typ s výstupním napětím 5 V a proudem 200 mA.

Modul řízení nabíjení akumulátoru, založený na integrovaném obvodu TP4056 a integrovaném obvodu ochrany baterie DW01, zajišťuje automatické řízení nabíjení akumulátoru a poskytuje nabíjecí proud až 1000 mA. Chrání také před přepětím a přepólováním akumulátoru.

Akumulátor Li-Ion typ o velikosti 18650 o kapacitě 1000 mAh má kompaktní rozměry a dostatečnou kapacitu pro pokrytí energetické spotřeby jednotky.

Pro **monitorování stavu baterie** je využit analogový vstupní pin mikroprocesoru, na něj je přes odporový dělič přiváděno napětí baterie. Hodnota napětí baterie je, po konverzi na číselnou hodnotu integrovaným analogově-digitálním převodníkem, odesílána spolu s daty ze senzoru na server.

8.1.2 Čidlo teploty, tlaku a vlhkosti

Čidlo teploty, tlaku a vlhkosti tvoří modul se senzorem BME280 firmy BOSCH. Tento sensor je kombinací digitálního teploměru, tlakoměru a vlhkoměru. Senzor je kalibrován ve výrobě. (BME280, © 2020)

Tabulka 13 Základní parametry senzoru BME280. (BME280, © 2020)

Parametr	Hodnota
Provozní napětí	1,7 – 3,6 V
Komunikační rozhraní	I ² C a SPI
Přesnost čidla teploty	±0,5 °C
Přesnost čidla tlaku	±0,25 %
Přesnost čidla vlhkosti	±3 %

8.1.3 Řídící část

Řídící část je tvořena modulem WEMOS D1 mini Pro, na tomto modulu je umístěn mikroprocesor ESP8266EX, paměť FLASH, převodník USB ⇔ UART a napěťový regulátor. (D1 mini Pro, © 2019)

Řídící část také zajišťuje komunikaci pomocí WiFi se serverem, pro zvýšení dosahu WiFi je k modulu připojena externí anténa.

Tabulka 14 Základní parametry mikroprocesoru ESP8266EX. (D1 mini Pro, © 2019)

Parametr	Hodnota
Architektura procesoru	32bitový RISC procesor
Provozní napětí	3,3 V
Digitální vstupně/výstupní piny	11
Analogové vstupní piny	1
Frekvence	80/160 MHz

Program mikroprocesoru je napsán v IDE (Integrated Development Environment) Arduino ve verzi 1.8.15 s použitím knihovny pro obsluhu senzoru BME280. (Hungerford, © 2021)

```

1  MeteoUTB | Arduino 1.8.15 (Windows Store 1.8.49.0)
2  Soubor Úpravy Projekt Nástroje nápověda
3
4  MeteoUTB $ PPTtoSleep.h
5
6  void setup() {
7    Serial.begin(115200);
8    // Serial.begin(9600); // use this if you get errors with the faster rate
9    Serial.println("\nStart of powerSaverPressureAndTemperatureAndHumidity sketch");
10
11    WiFi.begin(ssid, pass);
12
13    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
14    {
15      delay(500);
16      Serial.print(".");
17    }
18    Serial.println("");
19    Serial.println("WiFi connected");
20
21    baseEventTime = millis();
22    Serial.print (" Time waking up=");
23    Serial.print ((float)millis() / 1000, 3);
24    Serial.println (" Event elapsed Time=");
25    Serial.println((float)(millis() - baseEventTime) / 1000, 3);
26    Wire.begin(); // initialise I2C protocol
27    Wire.setClock(400000L); // usual speed is 100,000
28
29    eventCounter = recoverCounter(); // comment out if counter is not required
30    temperatureSamples = pow(2, osra_t - 1);
31    pressureSamples = pow(2, osra_p - 1);
32    humiditySamples = pow(2, osra_h - 1);
33    bme2.begin(osra_s, osra_p, 1, 0, 0, 0, osra_h);
34    timerMillis = 1 + 2 * (temperatureSamples + pressureSamples);
35    measurementEvent();
36    eventCounter++;
37    timerMillis = millis();
38    saveCounter(eventCounter); // this also puts bme0 to sleep
39    goToSleep();
40
41  }
42
43  }
44
45  LOLIN(WEMOS) D1 mini Pro, 80 MHz, Flash, Legacy (new can return multipt), All SSL ciphers (most compatible), 1M (FS:14MB OTA:~1019KB), v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 521600 nA, COM5

```

Obrázek 6 Snímek obrazovky IDE Arduino. Obrázek autor

V IDE byl program rovněž zkompilován a nahrán do paměti procesoru, vývojový diagram programu viz PŘÍLOHA P VI: VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU MIKROPROCESORU.

Zdrojový kód je z důvodu velikosti uložen na přiloženém CD-ROM a dostupný z: https://utbcz-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/l1_marik_utb_cz/ES7WRwTuvT9Hq9-PY_TfS3gBySEIAcb1BKMJZsj6CdNrqq?e=V1vfjg

8.1.4 Elektrické zapojení

Zapojení je realizováno na jedné dvouvrstvé desce plošných spojů. Na desce jsou umístěny moduly a součástky, solární panel a anténa jsou připojeny přes příslušné konektory, dále jsou vyvedeny piny procesoru na konektory, lze tak přidávat do budoucna různé další senzory (anemometr, směr větru, UV záření a další). Velikost desky je zvolena tak, aby ji bylo možno umístit uvnitř radiačního štítu na distanční sloupky. (Solar Powered WiFi Weather Station V2.0, © 2021)

8.1.5 Radiační štít

Úlohou radiačního štítu je:

- ochránit měřicí čidla před zdrojem tepla, deštěm či sněhem,
- zajistit dostatečný průtok vzduchu,
- umožnit instalaci celé elektrické konstrukce uvnitř štítu,
- poskytnout místo pro umístění solárního panelu
- tvořit kompaktní celek, který je možné jednoduše upevnit.

Radiační štít je vytisknut na 3D tiskárně z materiálu PETG, který je vhodný pro venkovní použití (Filaments for Outdoor Use, 2020).

Jako model byly použity STL soubory ze serveru Thingiverse (Stevenson Screen for Solar Weather Station V2, 2019).

8.1.6 Komunikace venkovní jednotky se serverem

Komunikační protokol používá k přenosu dat pevně stanovenou sekvenci dat, kde jsou jednotlivé hodnoty uvozené velkým písmenem a dvojtečkou, následované naměřenou hodnotou, jednotlivé části jsou oddělené čárkou.

V:x.xx,**T**:xxx.x,**P**:xxxx.x,**H**:xx.x

Kde: **V**:napětí akumulátoru,**T**:teplota vzduchu,**P**:atmosferický tlak,**H**:vlhkost vzduchu

Po odeslání dat z venkovní jednotky na server jsou tato data zpracována PHP skriptem a uložena do databáze.

8.2 Data třetích stran

Meteorologická data a hodnoty kvality ovzduší poskytuje server OpenWeather (<https://openweathermap.org/>), licence Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International licence (CC BY-SA 4.0), ve formátu JSON prostřednictvím API (Application Programming Interface). Pro jejich použití je nutný přístupový klíč, tento je vygenerován po registraci na stránkách poskytovatele. (OpenWeather, 2020)

Výstrahy poskytuje ČHMÚ ve formátu CAP, licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0 CZ). (Dokumentace k CAP v1.2 pro použití v ČHMÚ, 2018)

Mapové podklady poskytuje společnost CARTO (<https://carto.com>), ve vlastní komerční licenci, kde je po registraci na serveru společnosti, stejně jako v případě OpenWeather, poskytnut zdarma klíč pro přístup na mapový server. (CARTO, © 2021)

Data pro **srážkový radar** poskytuje prostřednictvím API server RainViewer, licence neuvedena. (RainViewer, © 2021)

Klíče pro API jsou použity při tvorbě URL dotazu pro získání dat, z důvodů jejich bezpečnosti jsou uloženy v jediném PHP souboru. Tento soubor je vkládán do dalších skriptů, je nedostupný z webu a klíče tedy nemůže získat jiný subjekt.

8.3 Server

Pro hosting je zvolen server ZIKUM, tento nabízí zdarma hostování stránek na serveru s podporou PHP a MySQL. (ZIKUM, © 2021)

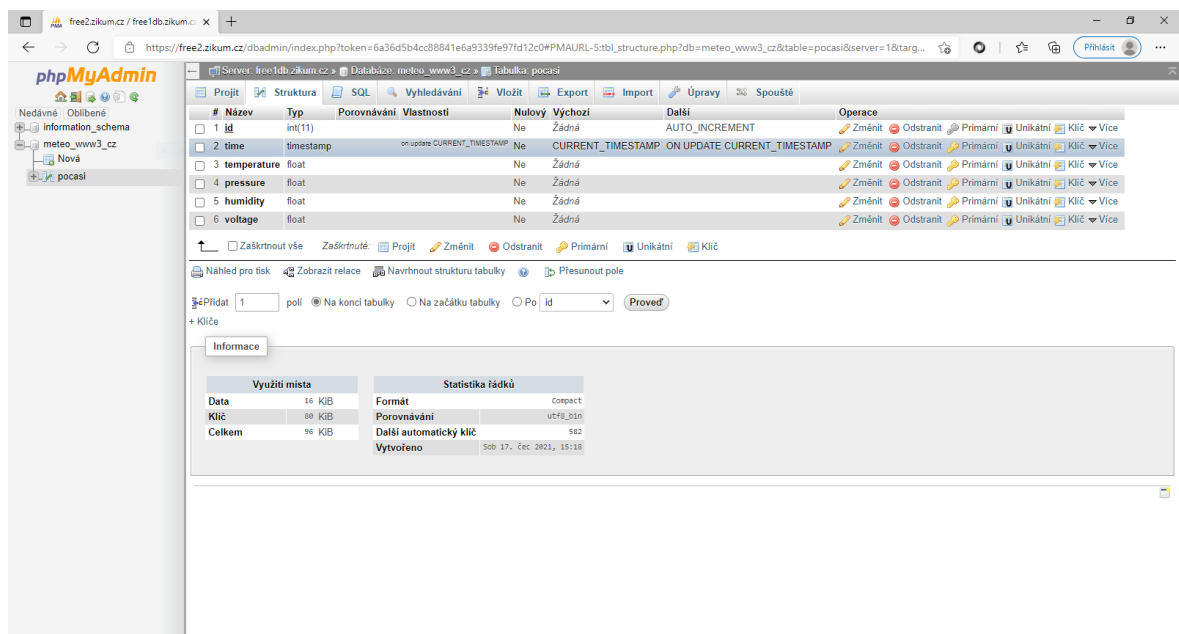
Základní parametry serveru:

Operační systém:	Linux Debian 3.16.59-1 (2018-10-03) x86_64
Server:	Apache 2.4.10
Verze PHP:	5.6.40
Verze MySQL:	5.5.62

Server umožňuje provoz na HTTP s vlastním důvěryhodným certifikátem poskytovaným zdarma certifikační autoritou Let's Encrypt. Let's Encrypt je nová a velmi ambiciózní certifikační autorita podporovaná technologickými giganty jako Mozilla, Cisco, Facebook

a dalšími. Cílem je ustanovení zabezpečeného protokolu HTTPS jakožto běžného standardu, za který se dosud považoval nešifrovaný protokol HTTP. Proto jsou certifikáty od Let's Encrypt vystavovány zcela zdarma. Certifikáty podepsané touto autoritou jsou zcela důvěryhodné v naprosté většině dnešních prohlížečů a podpora se stále rozšiřuje. (Let's Encrypt, 2021)

Jako **databáze** je použita MySQL, administrace databáze probíhá v phpMyAdmin, což je nástroj napsaný v jazyce PHP umožňující správu databáze prostřednictvím webového rozhraní. (PhpMyAdmin, © 2003 - 2021)



Obrázek 7 Okno phpMyAdmin s otevřenou databází. Obrázek autor

Pro vkládání a výběr dat z databáze slouží **SQL příkazy**, což jsou to příkazy pro získání dat z databáze a pro jejich úpravy. Označují se zkráceně DML – Data Manipulation Language. (SQL Server Basics, © 2021)

Data z venkovní jednotky jsou po přijetí serverem převedena pomocí PHP skriptu na SQL příkaz a po jeho provedení uložena do databáze. Po úspěšném uložení je informována venkovní jednotka zpětným odesláním HTTP stavového kódu 200 OK (standardní odpověď pro úspěšný HTTP požadavek). Z důvodu omezeného výpočetního výkonu použitého mikroprocesoru probíhá komunikace se serverem přes nešifrovaný HTTP protokol.

Data třetích stran jsou ukládána do dočasných souborů jako prevence zbytečnému datovému provozu neustálým stahováním stejných dat a taktéž z důvodu omezeného počtu poskytovaných denních požadavků na datové servery třetích stran.

Data pro uživatelské rozhraní jsou generována PHP skriptem jako HTML stránka, nebo jsou z databáze, a jednotlivých datových souborů třetích stran, sloučena do jednoho souboru JSON a poslána do prohlížeče. Komunikace serveru s uživatelským rozhraním probíhá v šifrovaném HTTPS protokolu.

8.4 Uživatelské rozhraní

Jako uživatelské rozhraní je zvoleno webové rozhraní, důvodem k tomu je především kompatibilita s různými zařízeními a na nich běžícími operačními systémy. Celé rozhraní je naprogramováno v HTML, CSS, JavaScript a PHP. Je jednostránkové, responsivní a pro načítání aktualizovaných dat používá asynchronní technologii AJAX (integrována v JavaScript), není tedy nutné obnovovat celou stránku, ale stránka sama posílá požadavek na server o aktuální data a přijatá data ze serveru jsou následně načtena do stránky. (Introduction to Ajax for Java Web Applications, © 2017-2020)

Font použitý pro uživatelské rozhraní je Open Sans, licence Apache License, Version 2.0. (Matteson, neuvedeno)

Ikony použité pro uživatelské rozhraní poskytl Freepik Company, licence vlastní. (Flaticon, © 2010-2021)

Vizuální styl je v souboru CSS, jeho úpravou lze jednoduše změnit rozložení jednotlivých elementů a barevné schéma stránky.

Fukce pro výpočty jsou uloženy v samostatném JavaScript souboru a mohou tak být použity i pro jiné projekty.

Uživatelské rozhraní je dostupné z internetu na doméně 3. řádu <https://meteo.www3.cz>.

Celé uživatelské rozhraní je členěno na logické části (panely), v nich se zobrazují příslušné informace.



Obrázek 8 Členění uživatelského rozhraní. Obrázek autor

V **hlavičce (A)** je uveden vlevo název stanice, vpravo je tlačítko sloužící pro zapnutí/vypnutí režimu celé obrazovky.

Na **informačním panelu (B)** je zobrazen piktogram aktuálního stavu počasí, den, datum a čas, časy východu a západu slunce pro daný den a, v případě vyhlášených výstrah, informace o jejich existenci. Po kliknutí na tuto informaci se otevře okno s detaily jednotlivých výstrah.

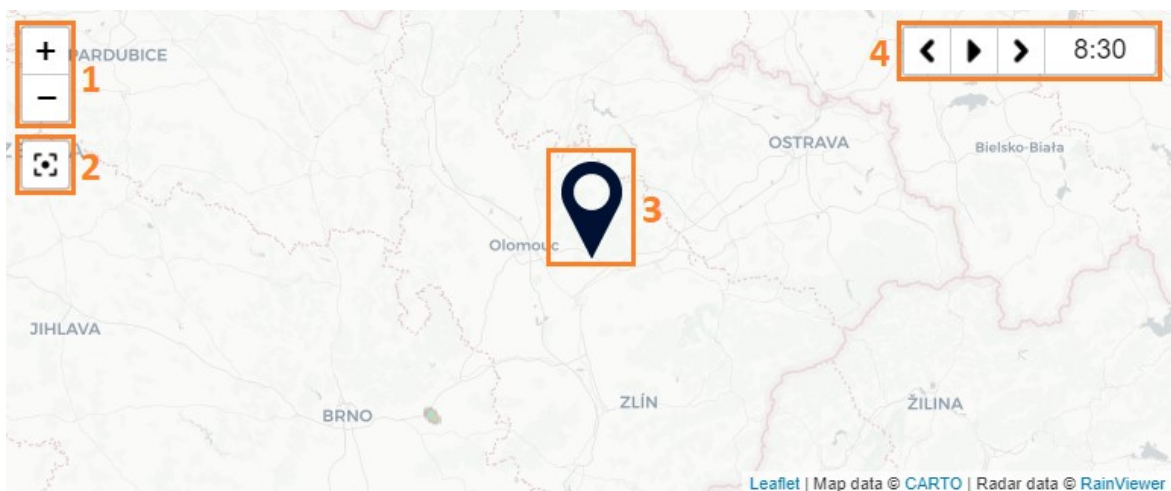
V dolní části panelu je zobrazena předpověď počasí na následujících sedm dní s piktogramem počasí a uvedením očekávaných maximálních a minimálních teplot.

Panel **aktuálních hodnot (C)** poskytuje přehled aktuálně naměřených hodnot venkovní jednotkou, tato jsou doplněna o data poskytnuta třetími stranami. Po kliknutí na teplotu, tlak nebo vlhkost v panelu aktuálních hodnot se přepne graf na zobrazení vybrané veličiny.

Panel **grafu (D)** poskytuje zobrazení vybraných hodnot pro zvolené období. Toto období lze zvolit kliknutím na příslušné období. Jsou dostupná zobrazení pro hodinu, dvanáct hodin, den a týden, vždy zpětně od aktuálního času. Pro generování grafu je použita knihovna CHARTIST.JS, která umožňuje generování grafu ve formátu SVG a zaručuje responsivní zobrazení. (CHARTIST.JS, © 2021)

Pro zobrazení **srážkového radaru (E)** je použita knihovna Leaflet (Agafonkin, © 2010–2021).

Použité mapové podklady a radarová data jsou asynchronně načítány pomocí tohoto skriptu přímo do panelu radaru. Data radaru jsou automaticky načítána, v případě jejich aktualizace, ze serveru poskytovatele. Pro ovládání krokování a animaci je vytvořen nový ovládací panel. Mapu lze posouvat podržením pravého tlačítka a posunutím myši (v případě desktopu), v případě dotykového displeje dotykem a posunutím.



Obrázek 9 Srážkový radar a jeho ovládací prvky. Obrázek autor

Zoom mapy (1) - přiblížení/oddálení mapy.

Centrování mapy (2) – kliknutím na tlačítko se mapa vycentruje na polohu stanice.

Označení polohy stanice (3) – značka polohy stanice na mapě.

Krokování radaru (4) – krokování po jednotlivých snímcích, nebo spuštění animace radaru, aktuální čas snímku je uveden vpravo.

Kalkulované hodnoty (F) jsou pomocí příslušných vzorců, za použití JavaScript, kalkulovány přímo v prohlížeči uživatele. Důvodem je snížení množství přenášených dat a uvolnění výpočetní kapacity serveru. Pro kalkulaci jsou použity vzorce (1) a (3).

Panel **Ovzduší (G)** zobrazuje aktuální stav koncentrace konkrétních plynů a polévatého prachu. V případě překročení imisního limitu vizuálně informuje o tomto stavu změnou barvy. Limity jsou nastaveny dle platného zákona. (Zákon č. 201/2012 Sb., zákon o ochraně ovzduší, 2012)

Panel indexů (H) zobrazuje aktuální hodnotu UV indexu, indexu kvality ovzduší (IKO), Apparent temperature (zdánlivou teplotu) a validní zjednodušené indexy. Pro indexy jsou dále uvedena hodnocení, případně doporučená opatření (kapitola 2.3 Vypočtené veličiny). Pro kalkulaci indexů jsou použity vzorce (4), (5), (6) a (7) z kapitoly 2.3 Vypočtené veličiny.

Zdrojový kód je z důvodu velikosti uložen na příloženém CD-ROM a dostupný z:

<https://utbcz->

my.sharepoint.com/:u:/g/personal/l1_marik_utb_cz/EQjY9qCdm9pKvX7eIbFK5cgBmMQOt3NX5osetgHAXXo-7w?e=7NwDa5

8.5 Instalace a provoz stanice

Venkovní jednotka je instalována na zahradě rodinného domu na nezastíněném místě vzdáleném od budovy cca 15 metrů ve výšce 2 metrů nad zemí. Toto umístění bylo zvoleno z následujících důvodů:

- dobrá přístupnost v případě potřeby,
- dostatečná kvalita připojení k WiFi síti,
- nezastíněné stanoviště z důvodu potřeby osvětlení solárního panelu,
- výška 2 m je standardní výškou pro umístění měřidla teploty,
- ochrana před vandaly.

Před uvedením stanice do provozu byly provedeny testy, které měli za úkol ověřit její funkčnost.

Pro **ověření přesnosti měření** byl umístěn na zastíněné straně venkovní jednotky kalibrovaný teploměr. Maximální rozdíl naměřených teplot teploměrem a venkovní jednotkou činil maximálně 0,1 °C, tato odchylka je v rámci přesnosti použitého senzoru.

Test dosahu WiFi byl proveden jednoduchým měřením se zapnutým kontinuálním připojením venkovní jednotky (vypnutý spánkový režim). Dosah činí ve volném prostoru cca 50 metrů, poté již dochází při zhoršení povětrnostních podmínek (mlha, déšť) k výpadkům spojení. Venkovní jednotka je koncipována pro umístění v blízkosti budovy (routeru) a dosah 50 metrů je proto dostatečný.

Provoz venkovní jednotky probíhá od března 2021, 10. 7. 2021 došlo k poškození venkovní jednotky silným větrem tím, že radiační štít se odlomil od nosné konzole z důvodu špatné fixace. Po úpravě uchycení jednotka bez problémů funguje dál. Bohužel nebylo možné z časových důvodů otestovat jednotku v zimním provozu, zde se projeví změna délky slunečního svitu a ovlivnění kapacity akumulátoru nízkými teplotami.



Obrázek 10 Umístění venkovní jednotky na stanovišti. Foto autor

Server byl odladěn na lokálním serveru, po odladění chyb a testovacím provozu byla data na webový server nahrána přes FTP webové rozhraní poskytovatele ZIKUM. Provoz na serveru je bez potíží, nedochází k výpadkům a data jsou dostupná od 17. 7. 2021.

Možnosti rozšíření stanice jsou především v doplnění dalších čidel k venkovní jednotce, tato je již koncipována jako rozšiřitelná. Dále je možné doplnit uživatelské rozhraní o různé typy předpovědi počasí, mapové podklady, analýzy dat a další.

ZÁVĚR

Zadáním této bakalářské práce byl monitoring ovzduší a povětrnostních podmínek v krizovém řízení.

Teoretická část práce se metodou literární rešerše zaměřila na shromáždění informací o způsobech monitoringu ovzduší a povětrnostních podmínek, které při extrémních buď samy způsobí MU, nebo ve vzájemné interakci s jinými faktory přispějí k její eskalaci. Pro monitoring povětrnostních podmínek a kvality ovzduší byly uvedeny způsoby, principy a metody získávání hodnot jednotlivých veličin popisujících stav počasí a ovzduší. V části věnující se vyhodnocení meteorologických dat byla uvedena stručná historie vývoje předpovědi počasí a popis v současnosti používaných metod s uvedením stavu v ČR. V poslední části byly popsány možné typy MU spojených s výkyvy počasí a kvalitou ovzduší s příklady možných vzájemných interakcí vedoucích k eskalaci MU. Pro ČR byl popsán současný stav systému vydávání výstrah.

V praktické části bylo zpracováno metodou experimentu laboratorní cvičení zaměřené na získání údajů o aktuálním stavu počasí, tyto byly využity pro zpracování krátkodobé předpovědi počasí bez použití výpočetní techniky. Simulovaná krizová situace a MU sloužily studentům jako výchozí stav pro zpracování výhledu jejich dalšího vývoje v souvislosti se změnou povětrnostních podmínek a stavem ovzduší s přihlédnutím na možnost jejich eskalace dalšími vlivy. Ve druhé části byla popsána praktická konstrukce meteorologické stanice, která shromažďuje naměřená data a tato poskytuje koncovému uživateli v rámci internetu. Při tvorbě vizuálního rozhraní bylo využito poznatků získaných v teoretické části, byly zde prakticky aplikovány výpočty a limity (předpisy stanovené) jednotlivých veličin.

Dalším rozšířením této práce by byl detailní rozbor konkrétní MU s definováním všech jejích příčin a přesným popisem mechanismu jejího vzniku. Zde by bylo možné popsat vzájemnou provázanost všech faktorů vedoucích k jejímu vzniku, příčin jejich projevu a následným návrhem nápravných a preventivních opatření. Dalším možné rozšíření je možné u meteorologické stanice, tato je koncipována jako rozšiřitelná a lze ji tedy doplnit o různá další čidla monitorující stav počasí a ovzduší.

Cíle stanovené pro teoretickou a praktickou část této práce považuji za naplněné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGAFONKIN, Vladimir, © 2010–2021. Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. *Leaflet* [online]. Vladimir Agafonkin [cit. 2021-7-22]. Dostupné z: <https://leafletjs.com/>

BOROVÍČKA, Pavel, 2014. 160 LET OD BALAKLAVSKÉ VICHŘICE. *INFOMET* [online]. Praha: Informační stránky Českého hydrometeorologického ústavu [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1415947816>

BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA, ed., 2015. *Historie počasí a podnebí v českých zemích XI: Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost* [online]. Turnov: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., Brno [cit. 2021-7-14]. ISBN 978-80-87902-11-0. Dostupné z: https://www.intersucho.cz/userfiles/file/Sucho_v_ceskych_zemich_SAZBA_web.pdf

BRZEZINA, Jáchym, 2019. Nový index kvality ovzduší. *ČHMÚ Brno* [online]. Brno: ČHMÚ Brno [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2019/11/21/novy-index-kvality-ovzdusi/>

HARRISON, R. Giles, 2015. *Meteorological measurements and instrumentation*. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN 9781118745809.

HUNGERFORD, Keith, © 2021. BMP280-library. *GitHub* [online]. GitHub [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://github.com/farmerkeith/BMP280-library>

KOPÁČEK, Jaroslav, Jan BEDNÁŘ a Michal ŽÁK, 2019. *Jak vzniká počasí*. Vydání druhé, rozšířené a upravené. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4423-3.

MADRY, Scott, 2015. *Space systems for disaster warning, response, and recovery*. New York: Springer. SpringerBriefs in space development. ISBN 978-1-4939-1513-2.

MATTESON, Steve, neuvedeno. Open Sans. *Google Fonts* [online]. Google Fonts [cit. 2021-7-22]. Dostupné z: <https://fonts.google.com/specimen/Open+Sans?query=open+sans#standard-styles>

MÖLDERS, Nicole a Gerhard KRAMM, 2014. *Lectures in Meteorology*. Imprint: Springer. Springer Atmospheric Sciences. ISBN 978-3-319-02144-7.

NAJMAN, Filip, 2019. Downburst, příčina silného větru v bouřkách. *Meteopress* [online]. Praha: Meteopress [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.meteopress.cz/vysvetleni/downburst-pricina-silneho-vetru-v-bourkach/>

ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, Hana STŘEDOVÁ a Tomáš STŘEDA, 2019. *Extrémy počasí a environmentální bezpečnost* [online]. Broumov [cit. 2021-6-30]. ISBN 978-80-87577-96-7. Dostupné z: <https://docplayer.cz/171959562-Extremy-pocasi-a-environmentalni-bezpecnost-weather-extremes-and-environmental-safety.html>

ŠPIČKA, Jindřich, 2014. *Nové ekonomické nástroje řízení rizika počasí*. V Praze: C. H. Beck. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-269-4.

TALICHOVÁ, Martina, 2018. Ochrana člověka za běžných rizik a mimořádných událostí – mimořádné události. *Metodický portál: Články* [online]. Metodický portál RVP.CZ, 2018 [cit. 2021-7-23]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/21576/OCHRANA-CLOVEKA-ZA-BEZNYCH-RIZIK-A-MIMORADNYCH-UDALOSTI---MIMORADNE-UDALOSTI.html/>

TRIVEDI, Shivam, 2018. What is the weather prediction algorithm?: How it works? What is the future? *Medium* [online]. Medium [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://medium.com/@shivamtrivedi25/what-is-the-weather-prediction-algorithm-how-it-works-what-is-the-future-a159040dd269>

TRNKA, Miroslav et al., 2016. Průvodce změnou klimatu. *Klimatická změna.cz* [online]. Brno: CzechGlobe [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/pruvodce-zmenou-klimatu/>

VYSOUDIL, Miroslav, 2013. *Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3892-4.

YU, Ming-Ho, Humio TSUNODA a Masashi TSUNODA, 2011. *Environmental toxicology: Biological and Health Effects of Pollutants*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4398-4038-2.

ZIRIN, Harold, 2012. Solar constant. *Encyclopedia Britannica* [online]. London: Encyclopedia Britannica [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/solar-constant>

Apparent temperature, 2013. *PlanetCalc* [online]. PlanetCalc [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <https://planetcalc.com/2089/>

Beteljuices Zambretti Algorithm Based Forecaster, 2008. *Compost Corner* [online]. [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <http://www.beteljuice.co.uk/zambretti/forecast.html>

BME280, © 2020. *Bosch Sensortec* [online]. Reutlingen: Bosch Sensortec [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>

CARTO [online], © 2021. Madrid: CARTO [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://carto.com/>

Conversion to sea-level pressure Calculator, 2021. *Keisan Online Calculator* [online]. © 2021 CASIO COMPUTER CO. [cit. 2021-6-9]. Dostupné z: <https://keisan.casio.com/exec/system/1224575267>

ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav [online], © 2021. Praha: Český hydrometeorologický ústav (CC BY-NC-ND 3.0 CZ) [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/>

Číselník obcí s rozšířenou působností (CISORP), 2021. *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/ciselnik_obci_s_rozsirenou_pusobnosti_-cisorp-

Čisté nebe [online], 2021. Ostrava: Čisté nebe [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/>

Dokumentace k CAP v1.2 pro použití v ČHMÚ, 2018. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/vystrahy/doc/Dokumentace_CAP.pdf

D1 mini Pro, © 2019. *WEMOS* [online]. Susteren: WEMOS [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: https://www.wemos.cc/en/latest/d1/d1_mini_pro.html

eMS: Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický [online], 2019. Praha: Česká meteorologická společnost [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>

Filaments for Outdoor Use, 2020. *Tractus3D* [online]. Waardenburg: Tractus3D [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://tractus3d.com/knowledge/learn-3d-printing/filaments-for-outdoor-use/>

Flaticon [online], © 2010-2021. Freepik Company S.L. [cit. 2021-7-22]. Dostupné z: <https://www.flaticon.com/>

Glossary Government of Canada, © 2020. *Government of Canada* [online]. Ottawa: Government of Canada [cit. 2021-1-27]. Dostupné z: https://climate.weather.gc.ca/glossary_e.html

CHARTIST.JS, © 2021. *GitHub* [online]. GitHub [cit. 2021-7-22]. Dostupné z: <https://gionkunz.github.io/chartist-js/>

Intersucho [online], 2021. Praha: Ústav výzkumu globální změny AV ČR [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz>

Introduction to Ajax for Java Web Applications, © 2017-2020. *Apache NetBeans* [online]. The Apache Software Foundation [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: <https://netbeans.apache.org/kb/docs/web/ajax-quickstart.html>

Klasifikace předpovědí, 2020. *Meteocentrum* [online]. Praha: Meteocentrum [cit. 2021-6-8]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/klasifikace-predpovedi-pocasi>

Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030, 2013. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky.

KONCEPCE OCHRANY OBYVATELSTVA do roku 2025 s výhledem do roku 2030, 2021. In: Praha: Česko, ročník 2021. Dostupné také z: <https://www.hzscr.cz/soubor/koncepce-oob-2025-2030-pdf.aspx>

Krizová legislativa, 2016. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-627-9.

KRIZPORT [online], 2020. Brno: Hasičský záchranný sbor JmK [cit. 2021-7-16]. Dostupné z: <https://www.krizport.cz/>

Kvalita ovzduší [online], © 2008–2020. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/>

Kvalita ovzduší, © 2021. *Státní zdravotní ústav* [online]. Praha: Státní zdravotní ústav [cit. 2021-7-30]. Dostupné z: <http://szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-ovzdusi>

Látky znečišťující ovzduší. *Arnika* [online]. Praha: Arnika [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://arnika.org/latky-znecistujici-ovzdusi>

Let's Encrypt [online], 2021. San Francisco: Internet Security Research Group (ISRG) [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://letsencrypt.org/>

Meteoalarm [online], 2021. neuvědno: EUMETNET [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://meteoalarm.org>

Meteorological Conversions and Calculations, 2007. *National Oceanic and Atmospheric Administration* [online]. Maryland: NOAA/ National Weather Service [cit. 2020-11-5]. Dostupné z: <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/dewrh.shtml>

Meteorologie a její historie, 2020. *Meteocentrum* [online]. Praha: Meteocentrum [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/meteorologie-a-jeji-historie>

Národní akční plán adaptace na změnu klimatu: Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015), 2015. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP_text_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_text_20170127.pdf)

Nebezpečí spojená s používáním plynů, 2020. *SIAD Czech spol. s r.o.* [online]. Praha: SIAD Czech spol. s r.o. [cit. 2021-6-8]. Dostupné z: <https://www.siad.com/cs/bezpecnost/bezpecnost-pri-pouzivani-plynu/nebezpeci-souvisejici-s-pouzivanim-plynu>

Negretti & Zambra. *Meteormetrics Limited* [online]. Kirkland: Meteormetrics Limited [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20110610213848/http://www.meteormetrics.com/zambretti.htm>

OpenWeather [online], 2020. London: OpenWeather [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://openweathermap.org/>

PhpMyAdmin: Bringing MySQL to the web, © 2003 - 2021. *PhpMyAdmin* [online]. phpMyAdmin contributors [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.phpmyadmin.net/>

Pocitová teplota, nespolehejte jen na teploměr, 2013. *IN-POČASÍ* [online]. Plzeň: InMeteo [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/pocitova-teplota/>

Pravidla pro vyhlášení smogové situace a regulace – zákon o ochraně ovzduší: VYBRANÉ ČÁSTI ZÁKONA Č. 201/2012 Sb., O OCHRANĚ OVZDUŠÍ, 2017. *Český*

hydrometeorologický ústav [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/smog/SVRS_pravidla-fungovani.pdf

Prívalové povodně, neuvedeno. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: © 2008–2020 Ministerstvo životního prostředí [cit. 2021-7-14]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/privalove_povodne

RainViewer [online], © 2021. Kyiv: Oleksii Schastlyvyi [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.rainviewer.com/>

Solar Powered WiFi Weather Station V2.0, © 2021. *INSTRUCTABLES* [online]. Autodesk [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Solar-Powered-WiFi-Weather-Station-V20/>

SQL Server Basics, © 2021. *SQLShack* [online]. Quest Software [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://www.sqlshack.com/sql-server-training/sql-server-basics/>

Stevenson Screen for Solar Weather Station V2, 2019. *Thingiverse* [online]. Brooklyn: MakerBot Industries [cit. 2021-6-8]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:3615016>

Systém integrované výstražné služby (SIVS) a související výstupy ČHMÚ, neuvedeno. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/informace-pro-vas/prezntace-a-vyuka/SIVS>

The Heat Index Equation, 2014. *National Weather Service* [online]. Maryland: National Weather Service [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml

Tornáda.cz: Vše o tornádech [online], © 1996 - 2021. Český hydrometeorologický ústav a Amatérská meteorologická společnost - o.s. [cit. 2021-7-16]. Dostupné z: <https://www.tornada-cz.cz/>

USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY ze dne 23. října 2013 č. 805 ke Koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030, 2013. In: Praha: Vláda ČR, ročník 2013, číslo 805.

UTCI Universal Thermal Climate Index [online], 2004. International Society of Biometeorology [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <http://www.utci.org/>

Weather forecast using Sager algorithm, 2008. *Weather-Above* [online]. Weather-Above [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://www.weather-above.com/Sager%20Algorithm.html>

Wind Direction and Degrees, 2017. *Regents of the University of Minnesota* [online]. © 2020 Regents of the University of Minnesota [cit. 2021-6-9]. Dostupné z: <http://snowfence.umn.edu/Components/winddirectionanddegrees.htm>

Wind Chill Temperature Index, 2017. *National Weather Service* [online]. Maryland: National Weather Service [cit. 2021-1-25]. Dostupné z: <https://www.weather.gov/media/owlie/wind-chill-brochure.pdf>

Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), 2000. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Sbírka zákonů České republiky: Česko, ročník 2000, číslo 240. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, 2001. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Sbírka zákonů České republiky: Česko, ročník 2001, číslo 254. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

Zákon č. 201/2012 Sb., zákon o ochraně ovzduší, 2012. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Sbírka zákonů České republiky: Česko, ročník 2012, číslo 201. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

Zambretti Algorithm for Weather Forecasting, 2020. *SAS Analytics for IoT: Discuss all things SAS and IoT*. [online]. Cary: © 2021 SAS Institute [cit. 2021-6-9]. Dostupné z: <https://communities.sas.com/t5/SAS-Analytics-for-IoT/Zambretti-Algorithm-for-Weather-Forecasting/td-p/679487>

ZIKUM, © 2021. *ZIKUM* [online]. Praha: ZIKUM [cit. 2021-7-21]. Dostupné z: <https://zikum.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ALADIN-CZ	Předpovědní model
CLIDATA	Klimatologická databáze
CSS	Kaskádové styly
ECMWF	Evropské centrum pro střednědobé předpovědi počasí
EUMETSAT	Evropská organizace pro výzkum meteorologickými satelity
HTTP	Internetový protokol určený pro komunikaci s WWW servery
HTTPS	Protokol umožňující zabezpečenou komunikaci v počítačové síti
JavaScript	Objektově orientovaný, událostmi řízený skriptovací jazyk
JSON	Datový formát určený pro přenos dat
MySQL	System řízení báze dat uplatňující relační databázový model
NOAA	Národní úřad pro oceán a atmosféru
PHP	Skriptovací programovací jazyk
WMO	Světová meteorologická organizace
XML	Značkovací jazyk pro přenos dat

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vyplněný formulář předpovědi počasí. Foto autor	46
Obrázek 2 HTML stránka pro ověření výpočtů. Obrázek autor	47
Obrázek 3 Blokové schéma stanice. Obrázek autor	50
Obrázek 4 Blokové schéma venkovní jednotky. Obrázek autor.....	51
Obrázek 5 Blokové schéma napájecí části. Obrázek autor	51
Obrázek 6 Snímek obrazovky IDE Arduino. Obrázek autor	53
Obrázek 7 Okno phpMyAdmin s otevřenou databází. Obrázek autor.....	56
Obrázek 8 Členění uživatelského rozhraní. Obrázek autor	58
Obrázek 9 Srážkový radar a jeho ovládací prvky. Obrázek autor	59
Obrázek 10 Umístění venkovní jednotky na stanovišti. Foto autor.....	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dělení srážek dle intenzity. (eMS, 2019)	17
Tabulka 2 Sluneční záření dle vlnové délky. (eMS, 2019).....	19
Tabulka 3 Hodnocení Heat Index. (The Heat Index Equation, 2014)	22
Tabulka 4 Hodnocení Wind Chill. (Glossary Government of Canada, © 2020).....	22
Tabulka 5 Hodnocení Humidex. (Glossary Government of Canada, © 2020).....	23
Tabulka 6 Hodnocení zdánlivé teploty. (UTCI Universal Thermal Climate Index, 2004) .	24
Tabulka 7 Vyhodnocení tlakové tendence. (eMS, 2019).....	25
Tabulka 8 Zdravotní rizika poléťavého prachu. (Kvalita ovzduší, © 2021).....	31
Tabulka 9 Index kvality ovzduší. (Čisté nebe, 2021)	33
Tabulka 10 Výstražné informace (srážky) vydávané ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021).....	38
Tabulka 11 Výstražné informace (vítr) vydávané ČHMÚ. (ČHMÚ, © 2021).....	39
Tabulka 12 Fujitova stupnice. (Tornáda.cz, © 2011 - 2021).....	40
Tabulka 14 Základní parametry senzoru BME280. (BME280, © 2020)	52
Tabulka 13 Základní parametry mikroprocesoru ESP8266EX. (D1 mini Pro, © 2019).....	53

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: SLOŽENÍ ZEMSKÉ ATMOSFÉRY

PŘÍLOHA P II: PSYCHROMETRICKÁ TABULKA

PŘÍLOHA P III: BEAUFORTOVA STUPNICE SÍLY VĚTRU

PŘÍLOHA P IV: UV INDEX A DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

PŘÍLOHA P V: DOPORUČENÍ SZÚ KE SNÍŽENÍ EXPOZICE ZNEČIŠŤUJÍCÍM
LÁTKÁM A OCHRANĚ ZDRAVÍ

PŘÍLOHA P VI: VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU MIKROPROCESORU

PŘÍLOHA P I: SLOŽENÍ ZEMSKÉ ATMOSFÉRY

Plyn	Chemická značka	% objemu
Dusík	N ₂	78,084
Kyslík	O ₂	20,948
Argon	Ar	0,934
oxid uhličitý	CO ₂	0,031
Neon	Ne	0,001 818
Hélium	He	0,000 524
Metan	CH ₄	0,000 200
Krypton	Kr	0,000 114
Vodík	H ₂	0,000 050
oxid dusný	N ₂ O	0,000 050
Xenon	Xe	0,000 009
oxid siřičitý	SO ₂	0 až 0,000 100
Ozón	O ₃	0 až 0,000 007
oxid dusičitý	NO ₂	0 až 0,000 002
Čpavek	NH ₃	stopy
oxid uhelnatý	CO	stopy
Jód	J ₂	stopy

Zdroj: ČHMÚ (ČHMÚ, © 2021)

PŘÍLOHA P II: PSYCHROMETRICKÁ TABULKA

Teplota vzduchu	Změřený rozdíl teplot na obou teploměrech (teplota vzduchu - teplota vlhkého teploměru)													
°C	1	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
0	80	60	51	41	32	22	13	4						
2	82	64	55	47	38	30	21	13	5					
4	84	67	59	51	44	36	29	21	14					
6	85	70	63	56	48	41	35	26	21	14	8			
8	86	72	66	59	53	46	40	34	27	21	15	6		
10	87	74	68	62	56	50	44	39	33	27	22	16	11	6
12	88	76	70	65	59	54	48	43	38	33	28	23	18	13
14	89	78	72	67	62	57	52	47	42	37	32	28	23	19
16	89	79	74	69	64	60	55	50	46	41	37	33	28	24
18	90	80	76	71	66	62	58	53	49	45	41	37	33	29
20	91	81	77	73	68	64	60	56	52	48	44	40	37	33
22	91	82	78	74	70	66	62	58	54	51	47	43	40	39
24	91	83	79	75	71	68	64	60	57	53	50	46	43	40
26	92	84	80	76	73	69	66	61	59	55	52	49	46	43
28	92	84	81	77	74	71	67	64	60	57	54	51	48	45
30	93	85	82	78	75	72	68	65	62	59	56	53	50	47
32			83	79	76	73	70	67	64	61	58	5	52	49
34							71	68	65	62	59	57	54	51

Zdroj: ČHMÚ (ČHMÚ, © 2021)

PŘÍLOHA P III: BEAUFORTOVA STUPNICE SÍLY VĚTRU

Stupeň	Označení	Rozpoznávací znaky na pevnině	Průměrná rychlost větru (m.s ⁻¹)
0	Bezvětří	Kouř stoupá kolmo vzhůru.	0,0 – 0,2
1	Vánek	Směr větru je poznatelný podle pohybu kouře, vítr však neúčinkuje na větrnou korouhev.	0,3 – 1,5
2	slabý vítr	Vítr je cítit ve tváři, listy stromů šelestí, větrná korouhev se pohybuje.	1,5 – 3,3
3	mírný vítr	Listy stromů a větvičky v trvalém pohybu, vítr napíná praporky.	3,3 – 5,4
4	dosti čerstvý vítr	Vítr zdvíhá prach a kousky papíru, pohybuje slabšími větvemi.	5,5 – 7,9
5	čerstvý vítr	Listnaté keře se začínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlny se zpěněnými hřebeny.	8,0 – 10,7
6	silný vítr	Vítr pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty sviští, používání deštníku se stává nesnadným	10,8 – 13,8
7	prudký vítr	Vítr pohybuje celými stromy, chůze proti větru je obtížná.	13,9 – 17,1
8	bouřlivý vítr	Vítr ulamuje větve, chůze proti větru je normálně nemožná.	17,2 – 20,7
9	Vichřice	Vítr způsobuje menší škody na stavbách (strhává komíny, tašky a břidlice se střech).	20,8 – 24,4
10	silná vichřice	Vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy, působí škody obydlím.	24,5 – 28,4
11	mohutná vichřice	Vyskytuje se velmi zřídka, působí rozsáhlá zrušení.	28,5 – 32,6
12	Orkán	Ničivé účinky.	32,7 a více

Zdroj: Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS, 2019)

PŘÍLOHA P IV: UV INDEX A DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

UV index	Slovní vyjádření	Doporučená ochrana
1 - 2	Nízký	Noste sluneční brýle. Pokud leží sníh na zemi, který odráží UV záření nebo máte-li obzvláště světlou pleť, používejte i ochranný krém.
3 – 5	Střední	Noste sluneční brýle a mějte pokrývku hlavy. Zůstaňte ve stínu v poledne, kdy je slunce nejsilnější.
6 – 7	Vysoký	Stejná opatření jako při nižších stupních, navíc použití opalovacího krému s UV faktorem 30+.
8 – 10	velmi vysoký	Používejte krém na opalování s ochranným faktorem 30+, noste trička, sluneční brýle a klobouk. Nezůstávejte na slunci příliš dlouho.
11+	Extrémní	Maximální preventivní opatření: Noste sluneční brýle a mažte se opalovacím krémem s ochranným faktorem 30+. Noste košili s dlouhým rukávem a kalhoty, hlavu pokryjte širokým kloboukem. Měli byste se vyhnout slunci v době tři hodiny před až tři hodiny po slunečním poledni.

Zdroj: ČHMÚ (ČHMÚ, © 2021)

PŘÍLOHA P V: DOPORUČENÍ SZÚ KE SNÍŽENÍ EXPOZICE ZNEČIŠŤUJÍCÍM LÁTKÁM A OCHRANĚ ZDRAVÍ

Kvalita ovzduší	Stupeň	Citlivé/ohrožené skupiny	Obecná populace
Velmi dobrá až dobrá	1A	Ideální podmínky pro pobyt venku	Ideální podmínky pro pobyt venku
	1B	Venkovní aktivity bez omezení	Venkovní aktivity bez omezení
Přijatelná	2A	Může představovat nepatrné riziko vzniku obtíží pro velmi malý počet lidí, kteří jsou mimořádně citliví na znečištění ovzduší. Není třeba měnit své obvyklé venkovní aktivity, pokud nezaznamenáte příznaky, jako je kašel a dráždění krku.	Venkovní aktivity bez omezení
	2B	Zvažte snížení nebo odložení/přesunutí namáhavých činností venku, zejména pokud se zhorší Váš zdravotní stav nebo se objeví příznaky, jako je kašel a dráždění v krku.	Není třeba měnit své obvyklé aktivity venku.
Zhoršená až špatná	3A	Omezte namáhavé činnosti zejména ve venkovním prostředí, zvláště pokud se zhorší Váš zdravotní stav nebo se objeví příznaky jako je kašel a podráždění krku. Astmatici a lidé s chronickým onemocněním mohou mít potřebu častějšího použití úlevového léku. Všichni starší lidé a děti by měli omezit fyzickou aktivitu.	Zvažte snížení nebo odložení/přesunutí namáhavé činnosti venku, pokud se objeví příznaky, jako je kašel a podráždění krku.
	3B	Zkraťte pobyt venku a vyhněte se při tom fyzické námaze. Astmatici a lidé s chronickým onemocněním mohou mít potřebu častějšího použití úlevového léku.	Omezte nebo odložte namáhavé činnosti venku, zvláště když zaznamenáte jakékoliv nepříjemné pocity a příznaky jako je dráždění v krku, pálení očí kašel apod.

Zdroj: ČHMÚ (ČHMÚ, © 2021)

PŘÍLOHA P VI: FORMULÁŘ PŘEDPOVĚDI POČASÍ - STRANA 1

Datum:	Čas:	Student:
---------------	-------------	-----------------

Tlak na hladinu moře (P)	Směr větru	Rozdíl tlaku za tři předchozí hodiny	
Rozsah barometru	Max*	Min*	Max – Min = R
Tlaková tendence (změna tlaku za tři předchozí hodiny)	>1,6 hPa		< -1,6 hPa
	rostoucí		klesající

* Pokud neznáte minimum a maximum tlaku, použijte minimum 950 hPa a maximum 1050 hPa.

R = rozsah barometru =

K = $R / 22$ = (zaokrouhlit na tři desetinná čísla)

P = tlak na hladinu moře =

Směr větru	Azimut (°)	A	
		Severní polokoule	Jižní polokoule
S	348.75 - 11.25	+ 0,06 * R	- 11 - 0,12 * R
SSV	11.25 - 33.75	+ 0,05 * R	- 0,1 * R
SV	33.75 - 56.25	+ 4 + 0,05 * R	- 0,06 * R
VSV	56.25 - 78.75	+ 0,02 * R	- 0,045 * R
V	78.75 - 101.25	- 0,005 * R	- 0,03 * R
VJV	101.25 - 123.75	- 3 - 0,02 * R	- 0,005 * R
JV	123.75 - 146.25	- 0,05 * R	+ 0,015 * R
JJV	146.25 - 168.75	- 0,085 * R	+ 0,03 * R
J	168.75 - 191.25	- 11 - 0,12 * R	+ 0,06 * R
JJZ	191.25 - 213.75	- 0,1 * R	+ 0,05 * R
JZ	213.75 - 236.25	- 0,06 * R	+ 4 + 0,05 * R
ZJZ	236.25 - 258.75	- 0,045 * R	+ 0,02 * R
Z	258.75 - 281.25	- 0,03 * R	- 0,005 * R
ZSZ	281.25 - 303.75	- 0,005 * R	- 3 - 0,02 * R
SZ	303.75 - 326.25	+ 0,015 * R	- 0,05 * R
SSZ	326.25 - 348.75	+ 0,03 * R	- 0,085 * R

P = **P** + **A** =

PŘÍLOHA P VII: FORMULÁŘ PŘEDPOVĚDI POČASÍ - STRANA 2

	A
Tlaková tendence	severní polokoule (duben – září), jižní polokoule (říjen – březen)
rostoucí	+ 0,007 * R
klesající	- 0,007 * R

$P = P + A$ = **pokud P > maximum barometru potom P = P - 1**

$Z = (P - \text{minimum tlaku}) / K$ = (zaokrouhlit dolů na celé číslo)

V tabulce níže vyhledejte, dle tlakové tendence Z, číslo předpovědi.

Z		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tlaková tendence	rostoucí	25	25	25	24	24	19	16	12	11	9	8
	setrvalý stav	25	25	25	25	25	25	23	23	22	18	15
	klesající	25	25	25	25	25	25	25	25	25	23	23
Z		11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	
Tlaková tendence	rostoucí	6	5	2	1	1	0	0	0	0	0	
	setrvalý stav	13	10	4	1	1	0	0	0	0	0	
	klesající	20	17	14	7	3	1	1	1	0	0	

	Předpověď'		Předpověď'		Předpověď'
0	Ustálené pěkné počasí (v zimě možnost inverze).	9	Proměnlivo s výhledem na zlepšení.	18	Nestálé počasí, občasné srážky.
1	Pěkné počasí.	10	Docela hezky, ale srážky pravděpodobné.	19	Převážně velmi proměnlivé počasí.
2	Docela hezké počasí.	11	Spíše nestálé počasí, možnost zlepšení až později.	20	Občasné srážky, zhoršování počasí.
3	Hezké počasí, ale méně ustálené.	12	Nestálé počasí s možností zlepšení.	21	Srážky, velmi proměnlivé počasí.
4	Hezké počasí, možnost přeháněk.	13	Trvalé srážky s možností krátkodobého občasného zlepšení.	22	Trvalé srážky.
5	Docela hezky s možností dalšího zlepšování.	14	Trvalé srážky, stále zhoršování.	23	Trvalé srážky, velmi nestálé počasí.
6	Docela hezky, ale brzy možnost přeháněk.	15	Proměnlivo, občasné srážky.	24	Bouřky, ale brzy možnost zlepšení.
7	Docela hezky, ale později srážky.	16	Nestálé počasí, občas krátkodobé zlepšení.	25	Bouřky, silné srážky.
8	Brzy přijdou srážky, ale pak možné zlepšení	17	Nestálé počasí, později srážky.		

PŘÍLOHA P VIII: VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROGRAMU MIKROPROCESORU

