

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA GEOMATIKY

**Metody zobrazení časoprostorových jevů na příkladu
agroklimatických faktorů**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Tomáš Andrš

Vedoucí práce:
Ing. Karel Jedlička, Ph.D.

Plzeň, 2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš ANDRŠ**
Osobní číslo: **A18B0058P**
Studijní program: **B3602 Geomatika**
Studijní obor: **Geomatika**
Téma práce: **Metody zobrazení časoprostorových jevů na příkladu agroklimatických faktorů**
Zadávající katedra: **Katedra geomatiky**

Zásady pro vypracování

1. Přehled a kategorizace agroklimatických faktorů.
2. Rešerše zobrazovacích metod vhodných pro agroklimatické faktory.
3. Návrh grafického uživatelského rozhraní a funkcionality aplikace informující o agroklimatických faktorech zájmového území.
4. Vytvoření ukázkové aplikace na vybrané oblasti zájmu.

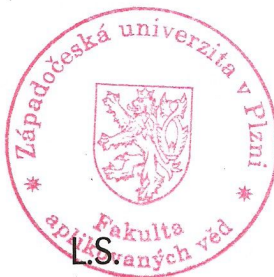
Rozsah bakalářské práce: **cca 20 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- VALEŠ, Jiří. Agro-klimatické faktory Plzeňského kraje. Plzeň, 2020. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. Vedoucí práce Ing. Karel JEDLIČKA, Ph.D.
- HÁJEK, Pavel. Virtuální 3D mapy z pohledu kartografie. Plzeň, 2018. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. Školitel Doc. Ing. Václav ČADA, CSc.
- Globální klimatické modely. Klimatická změna v České Republice [online]. Brno: Ústav výzkumu globální změny AV ČR v.v.i., 2020. [cit. 27.9.2020]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/metodika/globalni-klimaticke-modely/>
- JEDLIČKA, Karel; CHARVÁT, Karel. Visualisation of big data in agriculture and rural development. In: IST-Africa 2018, session 10-11th of May 2018. IST-Africa 2018 conference proceedings. [Dublin: IST-Africa Institute], 2018, [cit. 27.9.2020], s. [1-8]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29872/1/Jedlicka.pdf>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Karel Jedlička, PhD.**
Katedra geomatiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2021**



Radová

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka

Václav Čada

Doc. Ing. Václav Čada, CSc.
vedoucí katedry

Prohlášení

Předkládám k posouzení a obhajobě bakalářskou práci na téma „Metody zobrazení časoprostorových jevů na příkladu agroklimatických faktorů“, kterou jsem vypracoval na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a výhradně s využitím uvedených zdrojů.

V Plzni dne

.....

Tomáš Andrš

Poděkování

Chtěl bych velmi poděkovat vedoucímu práce Ing. Karlovi Jedličkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vytvořit návrh aplikace, na jehož základě by v budoucnu došlo k vytvoření aplikace užitečné pro zemědělce zabývající se rostlinnou výrobou. Výsledná aplikace s názvem Agroklimatický atlas by zemědělce měla informovat o průběhu agroklimatických faktorů v minulosti, na základě kterých by byl uživatel aplikace schopen plánovat a rozhodovat se v oblasti zemědělství. Návrh aplikace je v této práci vypracován pomocí interaktivních maket (mockups), které lze chápat jako model, jež ukazuje, jak by v budoucnu měla aplikace vypadat. Samotná funkcionality navrhované aplikace je pak popsána pomocí případů užití. Výsledkem bakalářské práce je tedy interaktivní návrh aplikace pro zemědělce, dostupný na webu, jež je užitečný hlavně z hlediska následného vývoje aplikace.

Klíčová slova

agroklimatický faktor, Agroklimatický atlas, zobrazovací metody, zemědělství, grafické uživatelské rozhraní, návrh aplikace, maketa

Abstract

This bachelor thesis aims to create an application design that will be useful for developing the final application called the Agroclimatic atlas. The future application focuses on agriculture. The application users (farmers) should manage crop production based on the information given through the application. The design is created with interactive mockups which show how the final application should look like. The functionality of the proposed application is then described using use cases. The final result of this bachelor thesis is an interactive design of an agricultural application available online. Developers can use this design to create the final app.

Keywords

agroclimatic factor, Agroclimatic atlas, visualization methods, agriculture, graphic user interface, application design, mockup

Obsah

Seznam zkratek	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	13
Úvod	14
1 Přehled a kategorizace agroklimatických faktorů	15
1.1 Přehled agroklimatických faktorů	15
1.1.1 Bezmrazové období (počet dní)	15
1.1.2 Poslední den teploty půdy nad 10 °C a 16 °C pro aplikaci dusíkatých hnojiv	15
1.1.3 Množství slunečního záření	15
1.1.4 Growing degree units (GDU), heat stress units (HSU), počet dní s dostatečnými a s optimálními teplotami pro správný růst plodin	16
1.1.5 Úhrn srážek	18
1.1.6 Evapotranspirace	19
1.1.7 Bilance vody	19
1.2 Kategorizace agroklimatických faktorů	19
1.2.1 Agroklimatické faktory vztahující se k místu	20
1.2.2 Agroklimatické faktory vztahující se k plodině	20
2 Rešerše zobrazovacích metod pro agroklimatické faktory	21
2.1 Zobrazování agroklimatických faktorů v mapě	21
2.1.1 Zobrazování za využití rastrových vrstev	21
2.1.2 Zobrazování za využití vektorových vrstev	25
2.1.3 Využití třetí dimenze	27
2.2 Zobrazování agroklimatických faktorů pomocí grafů	30
2.3 Speciální metody zobrazování agroklimatických faktorů	34
2.3.1 Zobrazování pomocí speciálních diagramů	34
2.3.2 Zobrazování pomocí matice	37
2.3.3 Zobrazování pomocí klima diagramu	38
2.4 Shrnutí rešerše	38
2.5 Metody zvolené pro zobrazování agroklimatických faktorů	39
2.5.1 Mapa	39

2.5.2	Časová osa	40
2.5.3	Týdenní a roční grafy	40
2.5.4	Matice	42
2.5.5	Graf úspěšnosti plodiny	42
2.5.6	Klima diagram	44
2.5.7	Semaforový systém	44
2.5.8	Nejistoty	45
3	Návrh aplikace a Případy užití	47
3.1	Základní rozvržení a funkcionalita GUI	47
3.2	Případy užití	49
3.2.1	Spuštění aplikace	49
3.2.2	Výběr agroklimatického faktoru pro zobrazení v mapě	50
3.2.3	Výběr místa pro zobrazení agroklimatických faktorů pomocí grafů.	51
3.2.4	Změna časového období	52
3.2.5	Zvětšení grafu	53
3.2.6	Změna záložky	54
3.2.7	Přepínání mezi týdenním a ročním zobrazením	54
3.2.8	Zobrazování nejistot	55
3.2.9	Používání šipky	56
3.2.10	Výběr plodiny, pro kterou mají být grafy zobrazeny	58
3.2.11	Zobrazení legendy pro grafy	59
3.2.12	Změna časového období pro porovnávání plodin	60
3.3	Uspořádání záložek	61
3.3.1	Záložka „Agro factor”	61
3.3.2	Záložka „Place overview”	62
3.3.3	Záložka „Crop overview”	63
3.3.4	Záložka „Water cycle”	64
3.3.5	Záložka „Temperature”	65
3.3.6	Záložka „Comparison”	66
3.4	Zpětná vazba	67
3.4.1	Informace z webináře	67

3.4.2	Diskuze s vývojovým týmem	69
4	Diskuze	70
5	Závěr	72
	Seznam použité literatury	73
	Příloha A – postup tvorby interaktivních maket	77
	Příloha B – postup tvorby grafů úspěšnosti a grafů nejistot	81

Seznam zkratek

ČR – Česká republika

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

GDD – Growing Degree Days

GDU – Growing Degree Units

GUI – Graphic User Interface

HSU – Heat Stress Units

NDVI – Normalized difference vegetation index

OLU – Open Land Use

Seznam obrázků

Obrázek 1: Růstový model pšenice	17
Obrázek 2: Množství vody potřebné pro růst plodiny za celou sezónu	19
Obrázek 3: Ukázka GUI aplikace pro rozhodování v oblasti zavlažování	22
Obrázek 4: Změna NDVI v Angole	23
Obrázek 5: Hodnoty GDD v USA ve dvou modelovaných případech	23
Obrázek 6: Mapa vodní bilance ČR	24
Obrázek 7: Příklad vizualizace v aplikaci Agroklimatická analýza	25
Obrázek 8: Mapa zobrazující průměrné srážky spolu s průměrným množstvím GDD	26
Obrázek 9: Vizualizace průměrného počtu dnů dostačujících pro růst C3 plodin	27
Obrázek 10: Graf znázorňující fotosynteticky aktivní záření	28
Obrázek 11: 3D vizualizace agroklimatických faktorů	29
Obrázek 12: Ukázka vizualizace 3D OLU mapy	30
Obrázek 13: Vizualizace výnosu plodin pomocí rastru na digitálním modelu reliéfu	30
Obrázek 14: Vizualizace pomocí grafů v aplikaci pro rozhodování v oblasti zavlažování	31
Obrázek 15: Graf průměrných ročních srážek s průměrným množstvím GDD	32
Obrázek 16: Graf předpovědi změny množství GDD v New Yorku	32
Obrázek 17: Graf znázorňující počet dní s minimální denní teplotou pod 0 °C	33
Obrázek 18: Sloupcový týdenní a kumulativní týdenní graf evapotranspirace	34
Obrázek 19: Roční graf evapotranspirace	34
Obrázek 20: Speciální diagram pro analýzu klimatických rizik	35
Obrázek 21: Množina speciálních diagramů	36
Obrázek 22: Diagram zobrazující sezónní vývoj jevu v různých časových obdobích	37
Obrázek 23: Matice odchylek NDVI pro ornou půdu v Benguele	37
Obrázek 24: Klima diagram pro oblast Brna	38
Obrázek 25: Jednotná legenda pro grafy	40
Obrázek 26: Stupnicový plošný graf množství GDU v jednotlivých týdnech	41
Obrázek 27: Kumulativní liniový graf nahromaděného množství GDU za celý rok	41
Obrázek 28: Roční sloupcový graf celkového množství GDU v jednotlivých letech	42
Obrázek 29: Matice zobrazující vodní bilanci v jednotlivých sezónách	42
Obrázek 30: Stupnicový týdenní graf úspěšnosti plodiny	43
Obrázek 31: Sloupcový roční graf úspěšnosti plodiny	44
Obrázek 32: Klima diagram	44
Obrázek 33: Týdenní vizualizace nejistot	45

Obrázek 34: Roční vizualizace nejistot	46
Obrázek 35: Návrh podoby GUI	49
Obrázek 36: Podoba navrhované aplikace po spuštění	50
Obrázek 37: Situace po výběru místa	52
Obrázek 38: Zvětšení jednoho z grafů	54
Obrázek 39: Znárodnění týdenního zobrazení pro záložku „Crop overview“	55
Obrázek 40: Situace po použití komponenty <i>Uncertainty</i>	56
Obrázek 41: Situace před použitím komponenty <i>Arrow</i>	57
Obrázek 42: Situace po použití komponenty <i>Arrow</i>	58
Obrázek 43: Situace po kliknutí na tlačítko informace	59
Obrázek 44: Situace po použití komponenty <i>Legend</i>	60
Obrázek 45: Ukázka porovnání jedné plodiny v různých časových obdobích	61
Obrázek 46: Uspořádání záložky „Factor“ pro bilanci vody	62
Obrázek 47: Uspořádání záložky „Place overview“ pro roční zobrazení grafů	63
Obrázek 48: Uspořádání záložky „Crop overview“ pro roční zobrazení grafů	64
Obrázek 49: Uspořádání záložky „Water cycle“ pro roční zobrazení grafů	65
Obrázek 50: Uspořádání záložky „Temperature“ pro roční zobrazení grafů	66
Obrázek 51: Uspořádání záložky „Comparison“ pro roční zobrazení grafů	67
Obrázek 52: Výsledky hlasování o využitelnosti agroklimatických faktorů	68
Obrázek 53: Výsledky hlasování tří základních skupin	68
Obrázek 54: Týdenní graf vodní bilance s druhou horizontální osou X ukazující měsíce	71

Seznam tabulek

Tabulka 1: Komponenty	48
Tabulka 2: Příklad užití popisující spuštění aplikace	50
Tabulka 3: Příklad užití popisující výběr agroklimatického faktoru	51
Tabulka 4: Příklad užití popisující výběr místa	51
Tabulka 5: Příklad užití popisující změny časového období pomocí časové osy	52
Tabulka 6: Příklad užití popisující změny časového období pomocí modrého obdélníku	53
Tabulka 7: Příklad užití popisující zvětšení libovolného grafu	53
Tabulka 8: Příklad užití popisující přepínání záložek	54
Tabulka 9: Příklad užití popisující přepínání mezi týdenním a ročním typem grafů	55
Tabulka 10: Příklad užití popisující zobrazení nejistot	56
Tabulka 11: Příklad užití popisující používání šipky	57
Tabulka 12: Příklad užití popisující výběr plodiny a kliknutí na tlačítko informace	59
Tabulka 13: Příklad užití popisující zobrazení legendy	60
Tabulka 14: Příklad užití popisující změny časového období pro porovnávání plodin	61

Úvod

Narůstající změny klimatu v posledních letech mají mimo jiné velký dopad na zemědělství. Z tohoto důvodu se mezi zemědělci rozšiřuje potřeba analýzy klimatických dat, jež napomáhá k správným rozhodnutím a plánováním v této oblasti. Pro zemědělce jsou důležité tzv. agroklimatické faktory a především jejich průběh v minulých letech. Agroklimatické faktory informují zemědělce o vlivu klimatu na růst jednotlivých plodin. Na základě znalosti těchto faktorů je zemědělec schopen rozhodovat, jaké plodiny bude na svém poli pěstovat a jaké kroky bude muset učinit, aby zajistil nejlepší podmínky pro růst plodin. Práce se věnuje způsobu, jak předat informace o hodnotách a časové dynamice agroklimatických faktorů co možná nejjednodušší a nejsrozumitelnější formou. Cílem práce je vytvoření návrhu aplikace (makety) pro zemědělce zabývající se rostlinnou výrobou, jež by se stal podkladem pro vytvoření aplikace.

První část práce stručně popisuje jednotlivé agroklimatické faktory, které v rámci diplomové práce vypočítával Jiří Valeš. [1] Následně jsou zde faktory s podobnými vlastnostmi rozříděny do dílčích skupin. Rozřídění je dále využito při tvorbě návrhu aplikace.

Druhá část práce se věnuje rešerši zobrazovacích metod použitých pro agroklimatické faktory a klimatická data. Tato část studuje vizualizační techniky využívané v aplikacích a studiích s podobným zaměřením, na jejichž základě byly odvozeny zobrazovací metody použité v této práci.

Praktická část práce popisuje samotný návrh grafické podoby a požadované funkcionality aplikace, který bude podkladem pro vývojáře při vytváření aplikace s názvem Agroklimatický atlas. Nejprve je zde uveden samotný návrh grafického uživatelského rozhraní (Graphic User Interface – GUI), následně jsou detailně popsány případy užití, díky nimž je srozumitelně popsána interakce uživatele s aplikací. Závěr této části se věnuje zpětné vazbě poskytnuté uživateli.

1 Přehled a kategorizace agroklimatických faktorů

Klimatické faktory lze definovat jako činitel podílející se na genezi klimatu. [2] Tyto faktory jsou stabilní nebo měnící se pouze v malém rozsahu. Agroklimatické faktory jsou potom klimatické faktory ovlivňující především zemědělství. Zemědělec jejich interpretací získává informaci o vlivu klimatu na růst plodin, mluvíme-li o zemědělci věnujícímu se rostlinné výrobě. Tato kapitola se věnuje přehledu a kategorizaci agroklimatických faktorů, které jsou v této práci využívány.

1.1 Přehled agroklimatických faktorů

Následující agroklimatické faktory ve své diplomové práci zpracovával Jiří Valeš. [1] Pro jejich výpočet je v jeho práci využito globálních klimatických dat. Jednotlivé faktory byly vybrány na základě souvisejících studií a prací týkajících se stejného tématu.

1.1.1 Bezmrazové období (počet dní)

Tento agroklimatický faktor umožňuje stanovit období, ve kterém teploty dosahují hodnot žádoucích pro růst plodin, a tím tak určit délku zemědělské sezóny. Konkrétně se tedy jedná o počet dní mezi posledním jarním mrazem a prvním podzimním mrazem. Mráz má na plodiny devastující účinky, a pokud nedosahuje teplota vzduchu kladných hodnot, plodiny nemohou růst. [3] Vliv mrazu na plodinu se může lišit podle druhu a podle růstové fáze plodiny. Z hlediska plánování zemědělství je tedy pro zemědělce důležité znát délku nemrzoucího období na jeho poli. Zároveň je také podstatné vědět, jaký je poslední den na jaře, kdy ještě mrzne, a jaký je první den na podzim, kdy opět mrznout začne. [4] Na základě těchto informací tak může zemědělec rozhodovat a plánovat činnosti, které v zemědělství vykoná, a zabránit tak devastaci plodin vlivem mrazu.

1.1.2 Poslední den teploty půdy nad 10 °C a 16 °C pro aplikaci dusíkatých hnojiv

Teplota půdy na podzim a v zimě je dalším důležitým agroklimatickým faktorem. Zemědělec ho může využít při plánování aplikace dusíkatých hnojiv. [1],[5] Pokud je teplota půdy vyšší než 10 °C, může docházet ke ztrátě dusíku z půdy. Faktor tedy ukazuje poslední podzimní dny, ve kterých je teplota půdy vyšší než 10 °C. Pomocnou informací jsou pak i záznamy o dnech, ve kterých teplota půdy přesahuje 16 °C, jelikož se v těchto dnech může začít s aplikací amoniaku ve spojení s inhibitory nitrifikace. [6]

1.1.3 Množství slunečního záření

Sluneční záření je nezbytné pro růst plodiny. Zemědělci mohou zvýšit potenciál plodin k zachycení slunečního záření na základě informace o množství dopadajícího slunečního záření v daném období. [1],[6] Faktor sděluje informaci o ročním souhrnu slunečního záření. Jednotkou slunečního záření jsou MJ/m².

1.1.4 Growing degree units (GDU), heat stress units (HSU), počet dní s dostačujícími a s optimálními teplotami pro správný růst plodin

Tyto agroklimatické faktory (jelikož se jedná o jednotky, jsou zde nazývány jednotkami) slouží k propojení průměrné denní teploty s růstem plodiny, která na daném místě roste. Pomocí těchto jednotek lze tedy přibližně určit, jestli se bude plodina na místě dařit. Pro jednotlivé plodiny jsou jednotky vypočítávány na základě čtyř dopředu stanovených prahových hodnot. Jedná se o absolutní, optimální minimum a absolutní, optimální maximum. Ve své diplomové práci vypočítával J. Valeš jednotky pro 2 skupiny plodin, pro tzv. C3 a C4 plodiny. [1] Při stanovení prahových hodnot, lze však vypočítat faktory pro libovolné plodiny.

Hlavní rozdíl mezi C3 a C4 plodinami je ve fixaci CO₂ při fotosyntéze. [7] C3 plodiny se většinou označují jako plodiny chladné sezóny nebo plodiny mírného pásu. Pěstují se převážně v chladných a vlhkých oblastech. Do této skupiny plodin se zařazují obilniny, jako jsou například pšenice, žito, oves, rýže, slunečnice atd. C4 plodiny se naopak označují jako plodiny teplé sezóny, pěstované převážně v suchých oblastech. Patří sem plodiny jako jsou např.: kukuřice, cukrová třtina, čirok atd.

„Growing degree units“ (GDU/GDD) jsou jednotky, jež se používají k propojení průměrné denní teploty s jednotlivými fázemi růstu plodiny. [6],[8] Jednotky jsou zaznamenávány, pokud průměrná denní teplota přesahuje absolutní minimum. Rozdíl těchto dvou hodnot, tedy průměrné denní teploty a absolutního minima, je potom počet jednotek za den. V jednotlivých fázích růstu potřebuje plodina pro správný růst určité množství těchto jednotek. Právě potřebné množství jednotek je stanoveno na základě růstového modelu plodiny, jenž udává množství jednotek v jednotlivých fázích. Příklad takového modelu je na obrázku 1.

Stage	Name	Description	GDD Required	Accumulated GDD
	Planting Date	Date crop was planted. Entered by User.	0	0
0.5	Emergence Date	Emergence is defined here as the date leaf 1 reaches half of its length (Stage 0.5). The GDD required from planting until emergence depends on planting depth, soil water, soil temperature, surface residue, and soil type. Predicting emergence is the most uncertain part of this model. Get more information on emergence dates	180	180
1.0	Leaf 1 fully extended	Leaf 1 is fully developed when the second leaf is visible in the rolled part of leaf 1.	72	252
2.0	Leaf 2 fully extended	Leaf 2 is fully developed when the third leaf is visible in the rolled part of leaf 2. This is the same concept for leaves 2 through 7. Get more information on fractional growth stages	143	395
3.0	Leaf 3 (Tillers Begin To Emerge)	Tillering begins at a Haun stage of 2.0 to 2.5, but tillers are not visible until Haun stage of 3.0-3.5	143	538
4.0	Leaf 4	Leaf 4 fully extended	143	681
5.0	Leaf 5 (Tillering ends)	Cool, moist weather, and abundant N fertilizer will extend tillering period	143	824
6.0	Leaf 6 (Tillering ends)	Cool, moist weather, and abundant N fertilizer will extend tillering period	143	967
7.0	Leaf 7 fully extended.	Severe drought stressed plants may pass directly to stage 9. Get more information on drought stress	143	1110
7.5	Flag Leaf Visible		71	1181
8.0	Flag Leaf Emerged	The flag leaf (Leaf 8) is fully developed when the flag leaf collar is visible	72	1255
9.0	Boot Swelling Begins	Flag leaf stem elongates elevating the flag leaf above the previous leaf. This usually ends with the first signs of boot swelling.	143	1396
10.0	Boot Completed	Complete when awns become visible at the flag leaf collar.	143	1539
10.2	Heading Begins	Heading begins when the head begins to emerge through the flag leaf collar.	28	1567
11.0	Headed (Head Extension Begins)	Heading is complete when the head has completely cleared the collar and head extension begins. Head extension refers to continued growth of the stem which raises the head about the flag leaf. Head extension is usually complete when flowering begins.	115	1682
11.4	Flowering Begins	Flowering or anthesis begins about in the middle of the head, and simultaneously progresses toward the top and the bottom of the head.	57	1739
11.6	Flowering Completed	Most tillers (T0, T1, T2 tillers) flower within a few days of the main stem. Later-emerging tillers flower later, and are the most common source of green "nuisance" heads at swathing time.	29	1768
12.0	Kernel Watery Ripe	During watery ripe stage the kernel length and width are established, but little dry matter is accumulated.	57	1825
13.0	Early Milk	A white, milk-like fluid can be squeezed from the kernel		
14.0	Early Dough	During the dough stages, kernel water content continues to decrease as more and more dry matter is accumulated.		
14.5	Soft Dough			
15.0	Hard Dough	By the end of the hard dough stage, the kernel reaches physiological maturity. Reductions in yield after this stage result from harvest losses and/or environmental injuries such as sprouting and hail.		
15.4	Swathing can begin			
15.6	Physiological Maturity	The kernel is hard, but can still be dented with a thumbnail. The plant is completely yellow. Swathing is still necessary.		
16.0	Ripe (Kernel Hard)	Kernel is dry, brittle, and hard. It can no longer be dented with thumbnail and, if crushed, it splits into pieces.		
16.4	Direct Combining	Water content is low enough for direct (straight) combining		

Obrázek 1: Růstový model pšenice. První dva sloupce obsahují růstové fáze, ve třetím sloupci jsou jednotlivé fáze popsány a poslední dva sloupce podávají informace o množství jednotek „Growing degree days“ (GDD) v °F. [9]

Na základě těchto dvou informací lze určit, jestli se bude plodina na místě dařit. Pokud budou jednotky GDD na daném místě přesahovat jednotky uvedené v růstovém modelu, plodina na místě pravděpodobně vyrostе, v opačném případě ne.

Kromě mrazu jsou pro plodiny ničivé i příliš vysoké teploty. [10] „Heat stress units“ (HSU) jsou jednotky, které určují množství tepelného stresu a tím odhalují pro plodiny nežádoucí vysoké teploty. [1],[6] Pokud je denní maximální teplota vyšší než stanovené absolutní maximum pro danou plodinu, rozdíl těchto teplot je denní HSU.

Posledními jednotkami jsou počet dní s dostatečnými a počet dní s optimálními teplotami pro růst plodin. Jednotkou jsou zde přímo dny, v nichž může plodina růst. V případě počtu dní s dostatečnými teplotami pro růst se jedná o dny, ve kterých průměrná denní teplota dosahuje hodnot mezi absolutním minimem a maximem dané plodiny. V případě počtu dní s optimálními teplotami pro růst jde o dny, ve kterých je teplota v rozmezí optimálního maxima a minima. [1]

1.1.5 Úhrn srážek

Dalším důležitým agroklimatickým faktorem je úhrn srážek. Především je klíčové znát množství a načasování spadlých srážek, dále ale také intenzitu a jejich druh (déšť, sníh). V zimě jsou srážky méně efektivnější, při roztávání sněhu je půda zmrzlá a voda tak odtéká pryč, místo toho aby se v půdě zachovala. Potřeba vody se liší v závislosti na fázi růstu plodiny. Například v období klíčení semen je pro rostlinu škodlivé jak nadměrné, tak malé množství srážek. Příliš velké množství srážek může vést ke zničení semena, naopak malé množství vede ke slábnutí plodiny v dalších růstových fázích. Právě z tohoto hlediska je pro zemědělce informace o srážkách na daném poli důležitá. [1],[6]

Vedle již zmiňovaného růstového modelu plodiny existuje i tzv. vodní model. Opět je rozdělen na jednotlivé fáze růstu plodiny, k nimž je uvedeno množství vody, které v daných fázích plodina potřebuje. Stejně jako v minulém případě by se na základě porovnání vodního modelu a úhrnu srážek na daném místě dalo určit, zdali se bude plodina dařit. Pro některé plodiny není model k dispozici, je pouze známo kolik vody potřebuje plodina v součtu za celou sezónu. Takový model lze vidět na obrázku 2.

Crop	Crop water need (mm/total growing period)
Alfalfa	800-1600
Banana	1200-2200
Barley/Oats/Wheat	450-650
Bean	300-500
Cabbage	350-500
Citrus	900-1200
Cotton	700-1300
Maize	500-800
Melon	400-600
Onion	350-550
Peanut	500-700
Pea	350-500
Pepper	600-900
Potato	500-700
Rice (paddy)	450-700
Sorghum/Millet	450-650
Soybean	450-700
Sugarbeet	550-750
Sugarcane	1500-2500
Sunflower	600-1000
Tomato	400-800

Obrázek 2: Množství vody potřebné pro růst plodiny za celou sezónu. V levém sloupci jsou vyjmenované plodiny, v pravém pak celosezónní potřeba vody v mm. [11]

1.1.6 Evapotranspirace

Evapotranspirace je agroklimatický faktor týkající se odpařování vody. Jedná se o jev, při němž se voda dostává z půdy do atmosféry. Skládá se ze dvou jevů, evaporace a transpirace. Evaporace je proces, při kterém dochází ke srážení vody z půdy nezakryté vegetací. Transpirace je výdej vody přímo z vegetace. [12] Evapotranspirace vysušuje půdu a spolu se srážkami poskytuje informaci o dostatečné či nedostatečné vlhkosti půdy.

1.1.7 Bilance vody

Bilance vody je rozdíl srážkového úhrnu s veškerým výparem a odtokem z daného území. Faktor slouží pro detekci změn v zásobách vody na daném území, zejména potom k odhalení vodního deficitu. Voda je jedním z nejdůležitějších faktorů pro růst plodiny. Malé, či naopak velké množství vody v půdě může mít devastující účinky vzhledem k plodinám. Z toho důvodu je pro zemědělce informace o bilanci vody důležitá. [1],[6],[13]

1.2 Kategorizace agroklimatických faktorů

Pro snadné předání informace zemědělci ohledně agroklimatických faktorů na jeho poli jsou v následující kapitole roztrženy zmiňované faktory na dvě skupiny: faktory vztahující se k místu a faktory vztahující se k plodině.

1.2.1 Agroklimatické faktory vztahující se k místu

Tato skupina obsahuje všechny agroklimatické faktory, vztahující se k danému místu. Pokud by si tedy například zemědělec zvolil fixně místo, kde se nachází jeho pole, faktory patřící do této skupiny by se neměnily. Zemědělec by byl schopen zjistit, jestli je zvolené místo vhodné pro pěstování plodiny na základě podmínek, které se na místě vyskytovaly v minulosti.

Do této skupiny faktorů lze zařadit:

- Nemrznoucí období, mrznoucí dny
- Teplota půdy
- Sluneční záření
- Srážky
- Evapotranspirace
- Vodní bilance

Vyjmenované agroklimatické faktory lze následně roztrždit do dvou dalších podkategorií. Jednou z nich je skupina s faktory vztahujícími se k teplotě:

- Nemrznoucí období, mrznoucí dny
- Teplota půdy
- Sluneční záření

Druhou je skupina s faktory vztahujícími se k vodnímu cyklu:

- Srážky
- Evapotranspirace
- Vodní bilance

1.2.2 Agroklimatické faktory vztahující se k plodině

Do druhé skupiny patří faktory týkající se plodiny. Jde tedy o faktory, které jsou vypočítávány na základě stanovených prahových hodnot. Pomocí těchto faktorů může zemědělec určit, jakou plodinu bude na svém poli pěstovat.

Do této skupiny faktorů lze zařadit:

- GDU/GDD
- HSU
- Počet dní s dostatečnými teplotami pro správný růst plodin
- Počet dní s optimálními teplotami pro správný růst plodin

2 Rešerše zobrazovacích metod pro agroklimatické faktory

Informace o průběhu agroklimatických faktorů je potřeba vhodně předat zemědělci srozumitelnou formou. Proto se následující kapitola věnuje rešerši zobrazovacích metod, které jsou využívány pro agroklimatické faktory či klimatická data ve studiích a projektech s podobným účelem. Jelikož je cílem této práce navržení grafického uživatelského rozhraní (GUI) a funkcionality aplikace, vedle zobrazovacích metod je zde i stručně popsána funkcionality některých webových aplikací.

Agroklimatické faktory jsou příkladem jevu, který se mění v prostoru a v čase. Právě z tohoto důvodu vzniká problém při předávání informace skrze 2D obrazovku počítače. Uživatelé nemohou být jednoduše předávány informace měnící se v prostoru a v čase najednou. Při vizualizaci je proto obvyklé jednu, buď prostorovou nebo časovou variabilitu potlačit a zaměřit se na tu druhou. K tomu je potřeba použití jednotlivých zobrazovacích metod, pomocí kterých je možné vyzdvihnout právě jednu ze složek.

Chceme-li se soustředit na změnu hodnot agroklimatických faktorů v závislosti na místě, na kterém jsou měřeny a vypočítávány, je pro předání této informace možné pevně zvolit časové období, v němž chceme faktory sledovat a zkoumat. K takové reprezentaci je vhodná především mapa.

Chceme-li se soustředit na změnu hodnot agroklimatických faktorů v čase, ve kterém jsou měřeny a vypočítávány, je pro předání této informace možné pevně zvolit místo, pro které chceme faktory sledovat. Zde je případ složitější, jelikož můžeme změnu faktorů sledovat v různých dlouhých časových intervalech. Konkrétně v rámci jednoho roku (například po týdnech, či po měsících), nebo v rámci více let najednou. Jednou z vhodných metod pro předávání informace měnící se v čase jsou např. grafy.

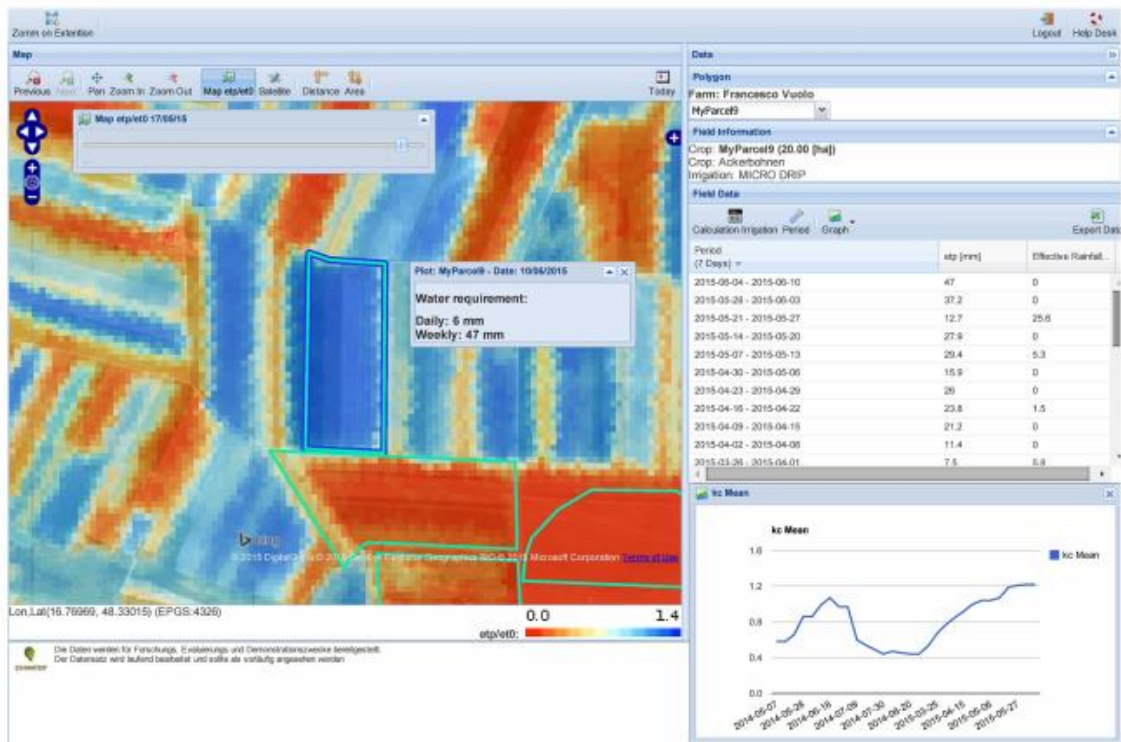
2.1 Zobrazování agroklimatických faktorů v mapě

Jednou z nejčastějších metod vizualizace agroklimatických či klimatických dat je mapa. Ta je v různých aplikacích prezentována formou rastrových nebo vektorových vrstev. Častěji je využíváno rastrových vrstev. V některých projektech se ovšem můžeme setkat i s kombinací obou druhů vrstev. Následující kapitola popisuje jednotlivé příklady zobrazení agroklimatických a klimatických dat pomocí mapy.

2.1.1 Zobrazování za využití rastrových vrstev

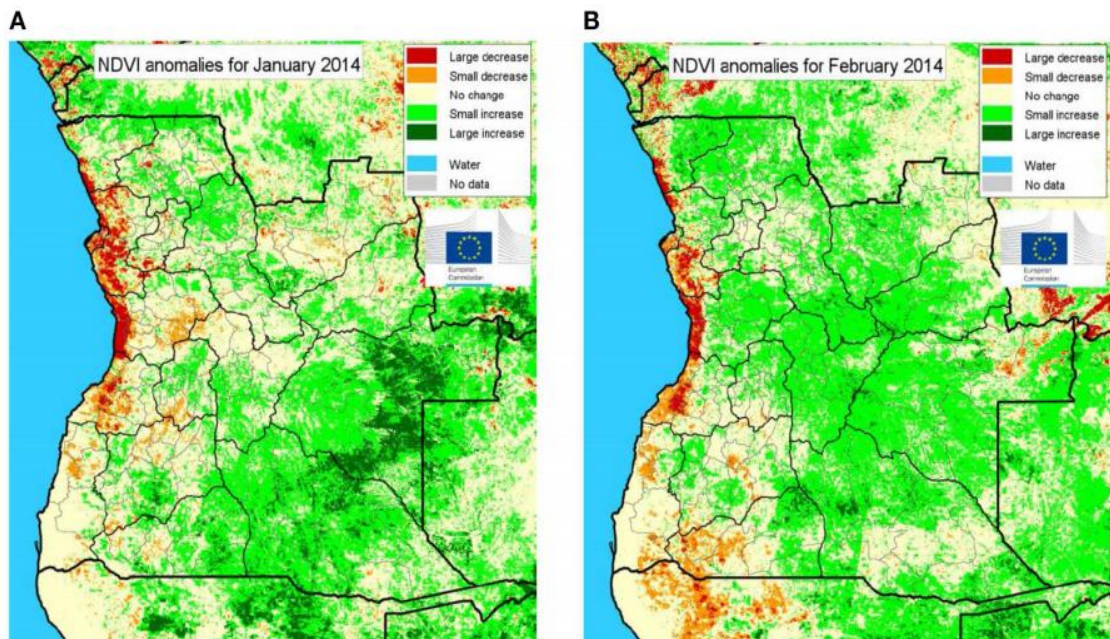
Rastrové vrstvy ve své studii využila rakouská aplikace, která slouží jako nástroj při rozhodování v oblasti zavlažování. [14] Využívala při tom informace získané od zemědělců spolu s geoprostorovými daty. Výsledek studie pak poukazuje na to, že rakouští zemědělci zavlažují svá pole nadměrně. Pro výpočet evapotranspirace byla využita data dálkového průzkumu země (DPZ) a pro předání informace bylo využito grafického uživatelského rozhraní (GUI) aplikace webGIS, které je možné vidět na obrázku číslo 3. WebGIS je technologie sloužící pro prezentaci a analýzu prostorových dat prostřednictvím internetu. [15] GUI je rozděleno na dvě části. Levá

strana obsahuje interaktivní rastrovou mapu, ve které může zemědělec vymezovat hranice pro výpočet zavlažování.



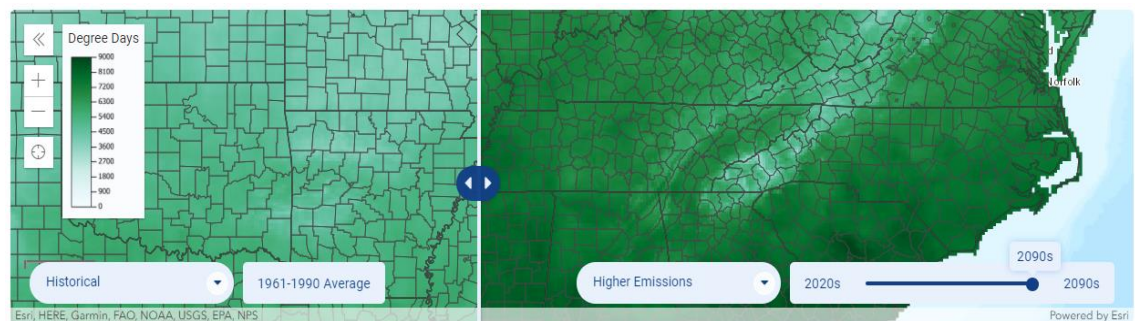
Obrázek 3: Ukázka GUI aplikace pro rozhodování v oblasti zavlažování. Levá strana obsahuje rastrovou mapu sloužící pro výběr místa, pro které má být zavlažování vypočítáno. Pravá strana zobrazuje informace o detailech pozemku (typ plodiny, zavlažovací metoda). [14]

Podobný druh vizualizace pomocí rastrové mapy využívá i africká aplikace z roku 2014 s názvem „SPIRITS” (The Software for the Processing and Interpretation of Remotely sensed Image Time Series) [16]. Ta se věnuje předávání informace ohledně vegetačního statusu, které dále slouží analytikům rostlinné výroby při rozhodování v oblasti zemědělství a při monitorování plodin. Software sleduje vegetační status pomocí časových satelitních snímků se střední až nízkou kvalitou a výsledky prezentuje formou map a grafů. Hlavním pozorovaným indexem je Normalizovaný rozdílový vegetační index (NDVI), který posuzuje, zda sledovaná oblast obsahuje živou zelenou vegetaci. [17] Jedním z výsledků, které software poskytuje, je rastrová mapa odchylek NDVI. Zobrazuje změny vegetace v lednu a únoru roku 2014 na území Angoly, zobrazené na obrázku 4. Lze zde pozorovat, že vývoj vegetace je pro většinu území nadprůměrný, ale některé části, např. pobřeží, jsou ovlivněné suchem.



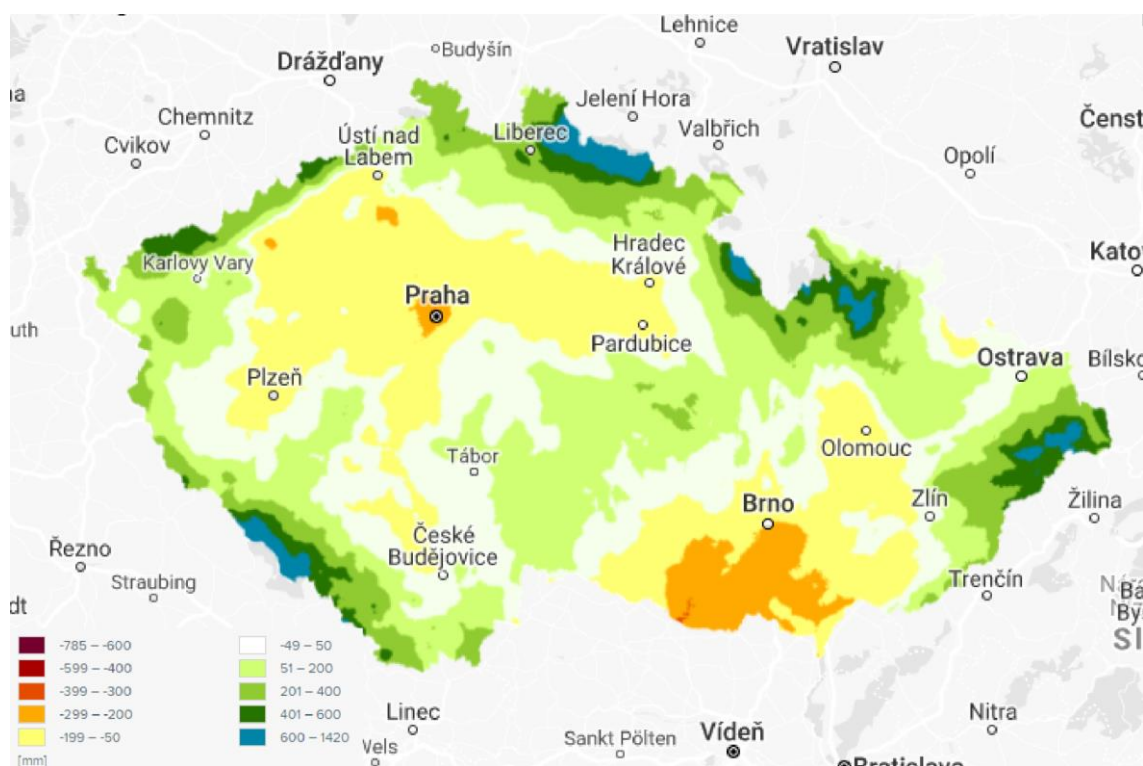
Obrázek 4: Změna NDVI v Angole v lednu (A) a v únoru (B). Červenou barvou jsou označeny oblasti, ve kterých došlo ke snížení indexu. Zelené oblasti ukazují zvýšení indexu. [16]

Další aplikací používající mapu v podobě rastrových vrstev je „Climate Explorer” (Klimatický průzkumník) [18]. Aplikace daty pokrývá celé území Spojených Států Amerických (USA). Hlavním cílem aplikace je poukázat na změnu klimatu formou dvou modelovaných událostí: jednou, ve které lidstvo snižuje a stabilizuje globální emise, a druhou, ve které lidstvo pokračuje s navyšováním emisí až do konce 21. století. Mimo maximální a minimální teploty lze v aplikaci zobrazit i srážky nebo např. GDD. Tyto informace odvozené z globálního klimatického modelu jsou předávány jak formou rastrových map, tak pomocí grafů (viz kapitola 2.2). Mapa se zobrazuje pro konkrétní vybraný agroklimatický faktor a je rozdělena na dvě části, jejichž velikost lze volně upravovat pomocí posuvníku. První část obsahuje průměrné hodnoty z minulých let, druhá představuje, jak se budou hodnoty zvyšovat ve dvou zmiňovaných případech. Příklad vizualizace je zobrazen na obrázku 5.



Obrázek 5: Na obrázku jsou zobrazeny hodnoty GDD ve dvou případech. Na levé straně jsou zobrazeny historické hodnoty, na pravé straně hodnoty, jakých bude faktor nabývat, pokud lidstvo nebude v budoucnu snižovat emise. Sytost barvy ukazuje množství GDD. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v legendě. [18]

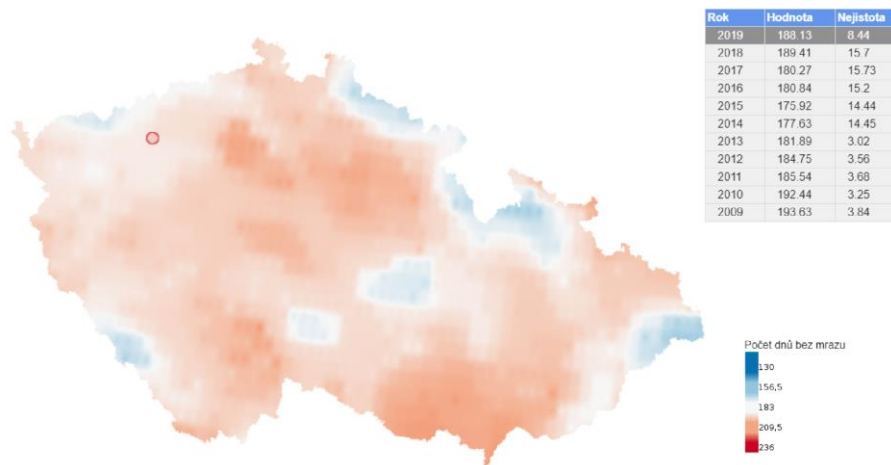
Podobnou aplikací zabývající se predikcí změny klimatu je na území ČR webový portál Klimatická změna. [19] Hlavním cílem projektu bylo vytvořit rozsáhlou on-line databázi shrnující informace o dopadech změny klimatu, rizicích a adaptačních opatření pro celou ČR. Projekt lze adaptovat na rozsáhlé množství oborů (oblastí), kterými jsou např.: zemědělství, lesnictví, hydrologie, energetika atd. Pro výpočet pravděpodobných budoucích klimatických podmínek bylo v projektu využíváno tzv. počítačových globálních a regionálních klimatických modelů. (Z celkem čtyřiceti klimatických modelů, bylo pro potřeby webového portálu využito pěti modelů.) Změna klimatu je na portále vizualizována opět formou rastrových map a grafů. Obdobně jako v minulém případě si uživatel může vybrat časové období, pro které chce informace (data) zobrazit. Zároveň lze v aplikaci nastavit, jak se bude v budoucnu lidstvo vypořádávat s množstvím emisí CO₂. Uživatel si může vybrat mezi velkým množstvím mapových vrstev, které jsou uspořádány do přehledných kategorií a důkladně vysvětleny. Pro oblast zemědělství se zde vyskytují vrstvy, jako jsou např.: délka vegetační sezóny, riziko mrazového poškození, vodní bilance v krajině. Příklad vizualizace jednoho z agroklimatických faktorů je na obrázku 6, kde je znázorněna vodní bilance pro časové období mezi lety 1981–2010. Další funkcí portálu je sledování aktuálního vývoje jevů (např. intenzita sucha, dopad sucha na zemědělství) na mapě pomocí animace. Zde lze pozorovat, jak se jev měnil v průběhu určitého časového období (např. čtyř týdnů).



Obrázek 6: Na obrázku znázorňuje mapa rozdíl mezi srážkami a evapotranspirací za celý rok (vodní bilance). Mapa zobrazuje hodnoty faktoru pro časové období 1981–2010. legenda se nachází v levém dolním rohu. [19]

Posledním projektem, který vizualizuje agroklimatické faktory pomocí map za využití rastrových vrstev, je aplikace Agroklimatická analýza. [20] Jedná se o webovou mapovou aplikaci, která zobrazuje agroklimatické faktory pro roky 2009–2019. Faktory jsou vypočítané

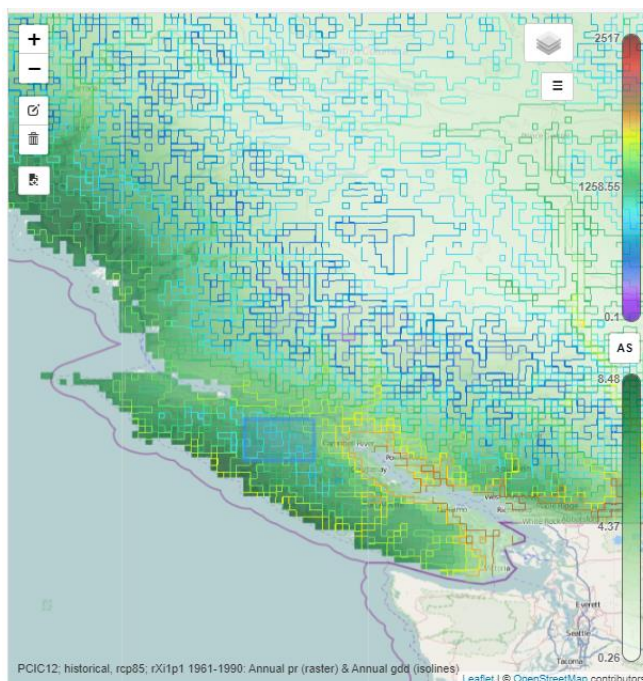
jako klouzavé průměry z posledních pěti let. K jednotlivým agroklimatickým faktorům lze zobrazit i odhad jejich neurčitosti. Pro výpočet je využito globálních klimatických dat ERA5 Land. [21] Metoda zpracování a výpočtu dat je popsána v článku Výpočet agroklimatických faktorů z globálních klimatických dat. [22] Vizualizace je zde řešena formou rastrových map s doplňkovými tabulkami, které slouží k uvádění konkrétních hodnot. Jsou zde vizualizovány agroklimatické faktory, jako např.: bezmrazové období, bilance vody, úhrn srážek. U každého faktoru lze zobrazit vizualizaci nejistot. Pro přepínání časového období využívá aplikace posuvnou časovou osu. Příklad vizualizace je možné vidět na obrázku 7.



Obrázek 7: Příklad vizualizace pomocí rastrové mapy v aplikaci Agroklimatická analýza. Pomocí mapy je znázorněno bezmrazové období. V tabulce je možné vidět průměrné hodnoty faktoru v jednotlivých letech spolu s jejich nejistotou. [20]

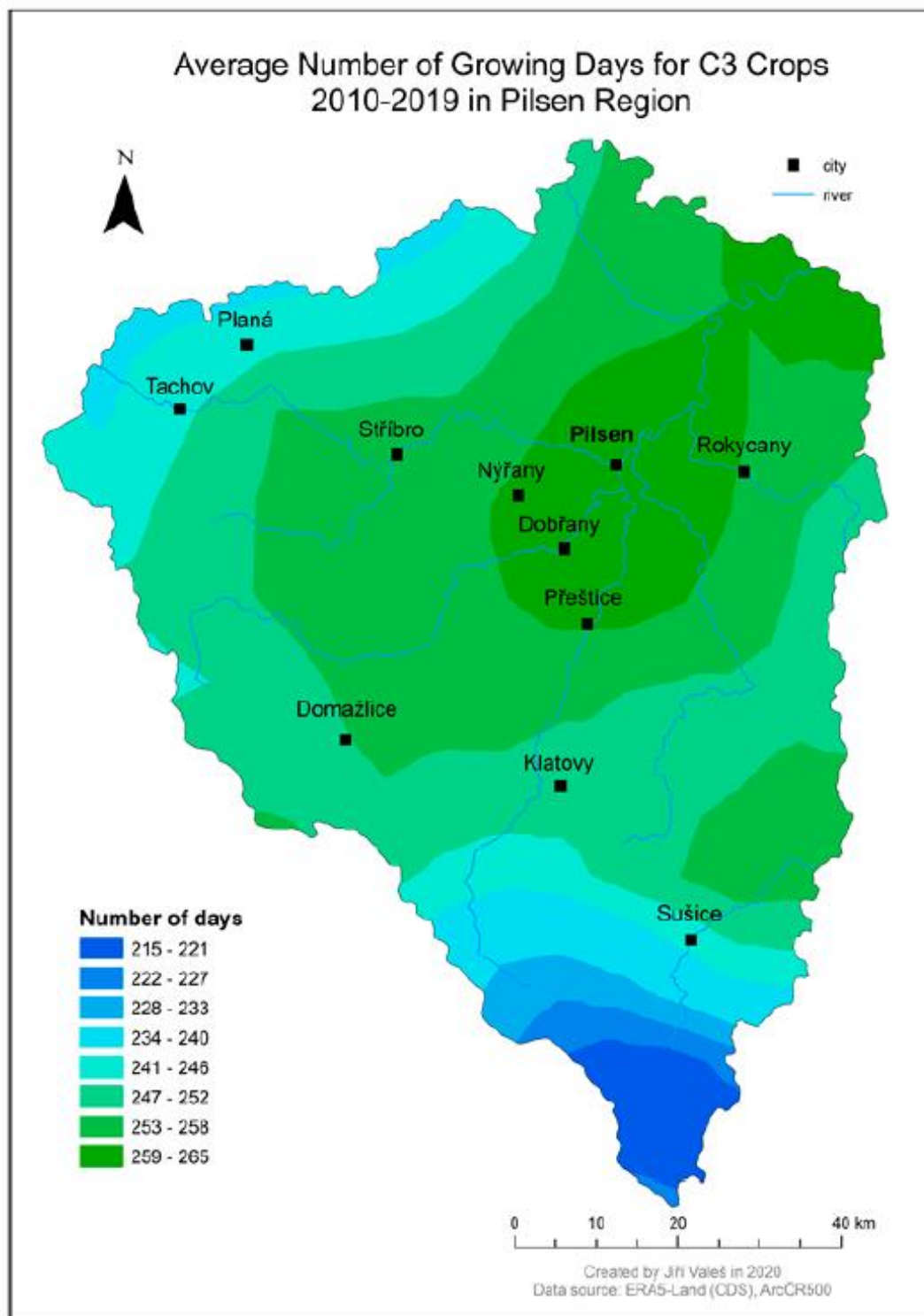
2.1.2 Zobrazování za využití vektorových vrstev

Vizualizaci pomocí vektorových vrstev využívá kanadský klimatický průzkumník. [23] Jde o nástroj pro lokalizaci a vizualizaci dat, týkajících se předpovědi budoucích klimatických podmínek. Nástroj má mnoho funkcí. Umožňuje například výběr dat z mnoha proměnných (teploty, globální klimatické modely, srážky atd.), výběr časového období, pro které lze data napočítat, dále porovnávání dvou jevů. Data jsou vizualizována pomocí mapy za současného využití rastrových a vektorových vrstev, dále také pomocí grafů (viz kapitola 2.2). Pokud jsou porovnávány dvě proměnné formou mapy, jedna je zobrazena pomocí rastrové vrstvy, druhá pomocí vektorové vrstvy za využití izoliní (viz obrázek 8). Tato data využívá pro svou aplikaci i Klimatický atlas Kanady [24], který obsahuje interaktivní mapu pro sledování agroklimatických faktorů. Zahrnuje faktory jako jsou např. nemrzoucí období, mrznoucí dny, srážky, GDD.



Obrázek 8: Mapa zobrazující průměrné roční srážky (rastrová vrstva) spolu s průměrným počtem GDD (vektorová vrstva, izolinie). Pro oba jevy jsou napravo uvedeny stupnice. Na obrázku se nachází i modrý obdélník, sloužící pro výběr území. [23]

Vektorové vrstvy využíval ve své diplomové práci pro vizualizaci i J. Valeš [1]. Většina agroklimatických faktorů popsaných v kapitole 1.1 je zobrazována pomocí izopleť. Příklad takové vizualizace je uveden na obrázku 9.



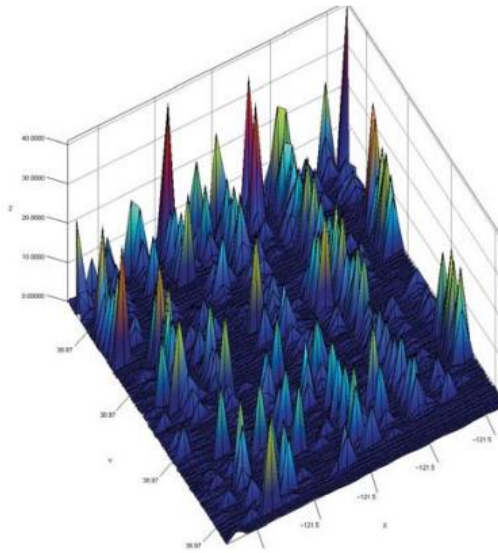
Obrázek 9: Vizualizace průměrného počtu dnů dostačujících pro růst C3 plodin pro Plzeňský kraj. Faktor je vizualizován pomocí izopleť, jejichž barva představuje danou hodnotu popsanou v legendě. [1]

2.1.3 Využití třetí dimenze

Vektorové i rastrové vrstvy lze zobrazit nejen ve 2D mapě, ale použít jejich hodnotu jako třetí souřadnici a výsledek zobrazovat v perspektivním náhledu na 3D data. Následují kapitola

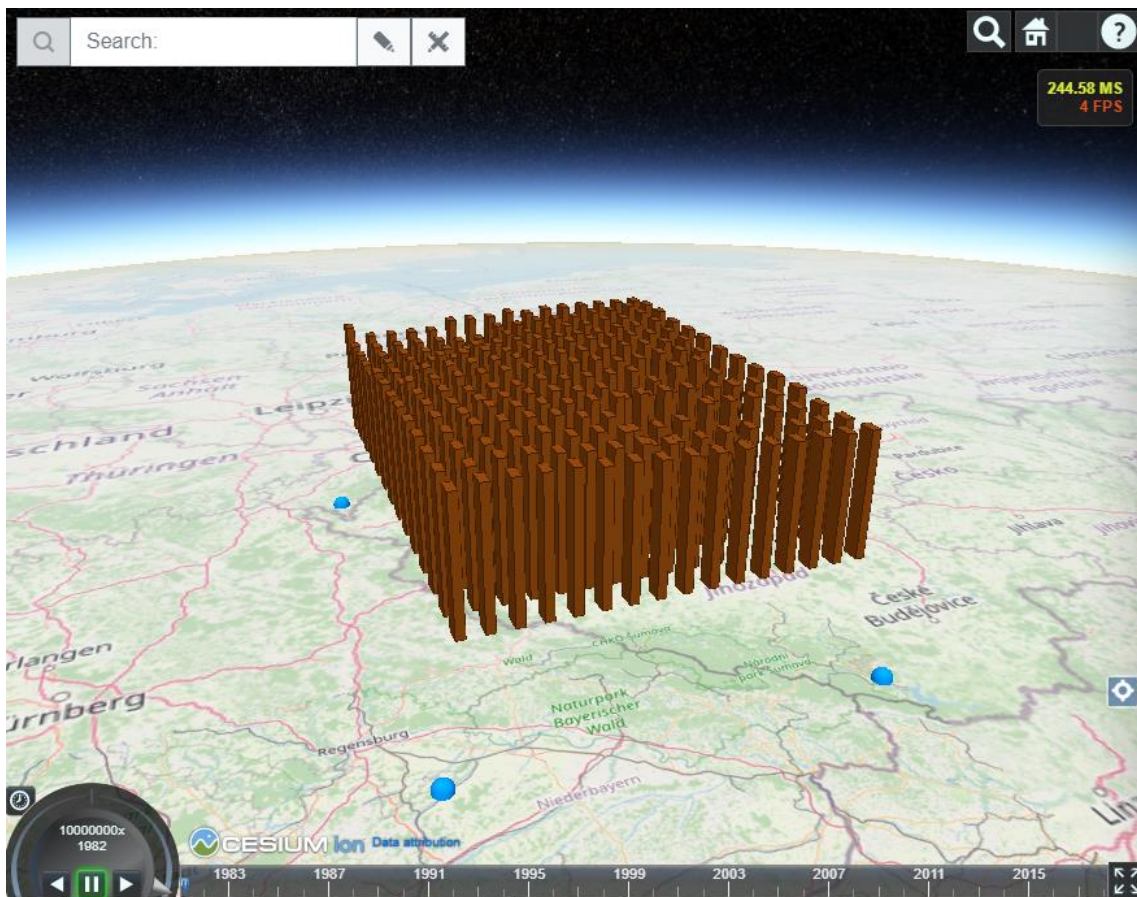
popisuje zobrazovací metody využívající třetí dimenzi. Porovnání vhodnosti 3D a 2D metod pro dílčí úlohy je řešeno v práci Virtuální 3D mapy z pohledu kartografie. [25]

Jedním z příkladů 3D vizualizace je Softwarová architektura pro analýzu a vizualizaci dat v přesném zemědělství. [26] Přesné zemědělství se zabývá měřením a analýzou kvality pole a jeho prostředí pro plánování zemědělství. Využívá přitom pokročilých technologií, jimiž jsou např. letecké laserové skenování (LLS), senzory pro určení vlhkosti půdy. Tato Softwarová architektura z Washingtonské univerzity využívá pro vizualizaci dat kromě rastrové mapy také vizualizaci ve 3D. Tato forma vizualizace dat umožňuje přenášet více informací najednou. Data obsahující více proměnných lze vizualizovat jak pomocí barev, tak hodnotou na ose Z, jak je vidět na obrázku 10.



Obrázek 10: Graf znázorňující fotosyntetický aktivní záření. Osy X a Y udávají souřadnice, osa Z udává hodnotu jevu. [26]

Dalším projektem využívajícím 3D zobrazovací metody je aplikace s názvem „3D visualisation of agroclimatic factors” (3D vizualizace agroklimatických faktorů). [27] Aplikace vizualizuje agroklimatické faktory jako jsou např. nemrznoucí období, bilanci vody, solárního záření. Nad zájmovým územím jsou pro jednotlivé faktory zobrazeny barevné sloupce s výškou ukazující hodnotu daného faktoru (viz obrázek 11). Při kliknutí na sloupec se uživateli zobrazí přesná hodnota. Je zde řešena i časová osa, pomocí které si uživatel může zvolit, pro jaký rok chce faktor zobrazit. Aplikace umožňuje i zobrazení více faktorů najednou.



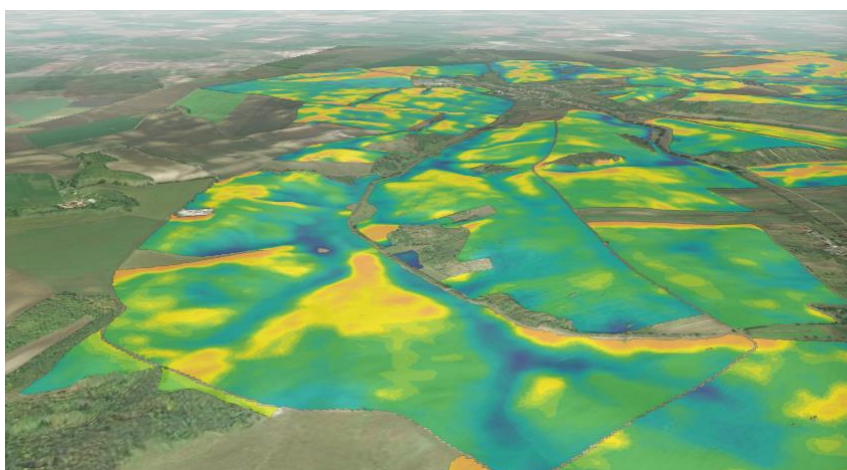
Obrázek 11: 3D vizualizace agroklimatických faktorů. Na obrázku lze vidět vizualizaci agroklimatického faktoru bezmrazové období pro území Plzeňského kraje. Výška jednotlivých sloupců ukazuje počet dní. Ve spodní části se nachází časová osa. [27]

3D vizualizace „Open Land Use“ (OLU) mapy [28] je aplikace, jež vizualizuje OLU mapu za současného využití EU-DEM terénního modelu. OLU mapa je volně dostupná mapa využití půdy, která vznikla na základě projektu Plan4business, jehož hlavním cílem bylo vytvořit celosvětovou mapu využití půdy využitelnou zejména v oblastech územního plánování, dopravě a životního prostředí. [29] EU-DEM model je digitální výškový model pokrývající celou Evropu. [30] Aplikace vznikla spojením těchto dvou prvků. Pomocí digitálního výškového modelu umožňuje aplikaci zobrazovat data ve 3D, a tak poskytovat informace přirozenějším způsobem než standardní 2D mapa. Příklad vizualizace OLU mapy na prostorových datech je vidět na obrázku 12.



Obrázek 12: Ukázka 3D vizualizace OLU mapy. Barvami je rozlišeno využití půdy. [31]

Podobnou vizualizaci využívá pro území Rostěnic i aplikace sloužící k odhadnutí výnosu. [28] Satelitní snímky umožňují výpočet výnosu plodin. Oproti předchozí aplikaci je zde možnost přepínat mezi EU-DEM modelem, digitálním modelem reliéfu páté generace a digitálním modelem povrchu první generace vydávaném ČÚZK. [32] V aplikaci je také možné zobrazit více vrstev, např.: NDVI, orientaci svahu, sklon svahu, které mohou sloužit uživateli pro plánování zemědělství. Lze například odhadnout odtok vody. Aplikace pak pro vizualizaci jednotlivých vrstev používá rastr přiléhající na terén (obrázek 13).



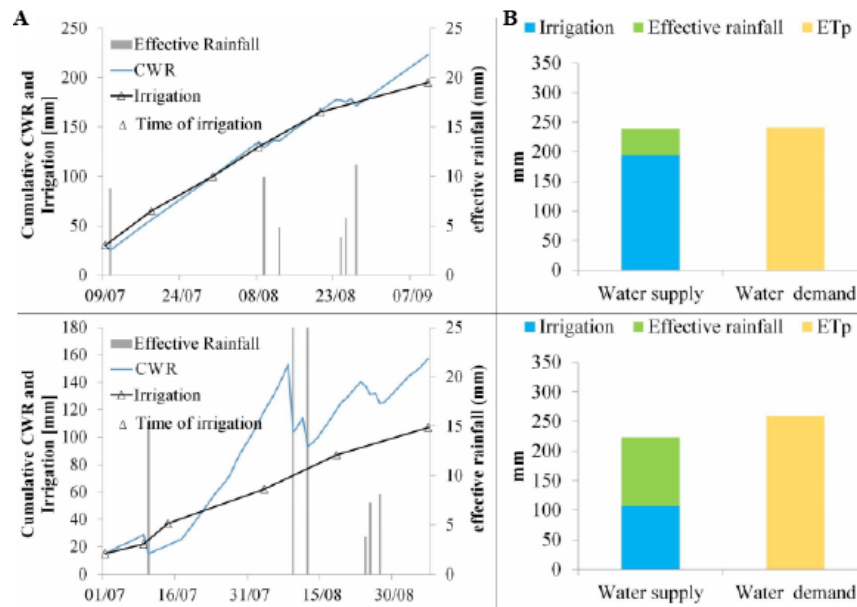
Obrázek 13: Vizualizace výnosu plodin pomocí rastru na digitálním modelu reliéfu. [33]

2.2 Zobrazování agroklimatických faktorů pomocí grafů

Většina již zmíněných studií v kapitole 2.1 využívá kromě rastrových, či vektorových vrstev také grafy. Následující kapitola popisuje vizualizace agroklimatických faktorů pomocí grafů.

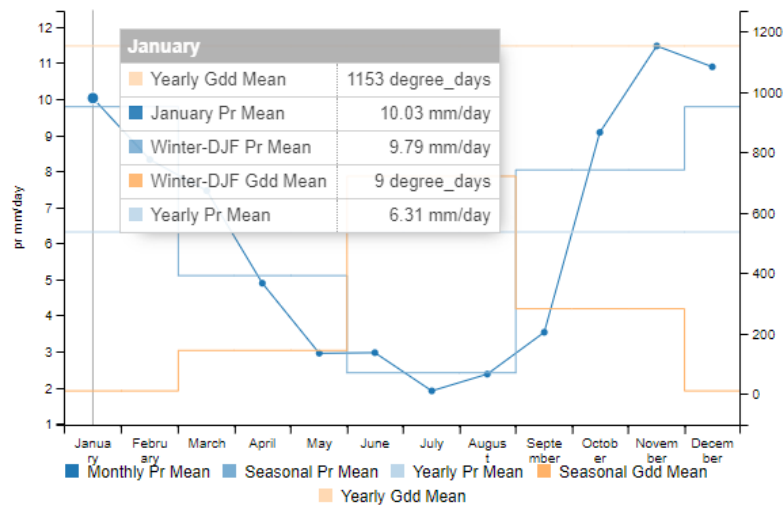
Rakouská studie [14], která se věnuje zavlažování, je popsána v kapitole 2.1.1. Mimo rastrové mapy používá navíc vizualizaci pomocí grafů. Pravá strana GUI zobrazeného na obrázku 14 A slouží k zobrazení detailů o pozemku (typ plodiny, zavlažovací metoda), zároveň ale obsahuje

informace o evapotranspiraci, srážkách a požadovaném zavlažování, formou grafů, jež je možné vidět na obrázku 14 B.



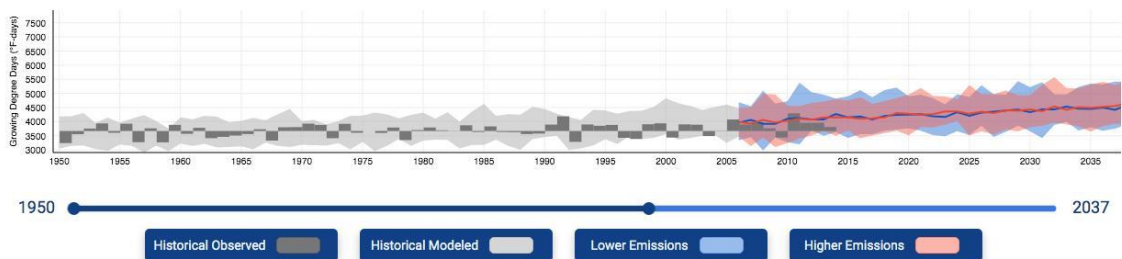
Obrázek 14: Vizualizace pomocí grafů v aplikaci pro rozhodování v oblasti zavlažování. Graf A poskytuje informaci o čase, množství vody potřebné pro růst plodiny („CWR“), množství vody dodané zavlažováním („Irrigation“) spolu s časem, kdy se zavlažovalo, a efektivních srážkách („Effective Rainfall“). Graf B ukazuje celkové množství dodané vody (srážky + zavlažování) a potřebu vody („Etp“). [14]

Další studií, která pro zobrazování dat využívá grafy, je Kanadský klimatický průzkumník. [23] Vyskytují se zde např. grafy pro porovnávání ročního, sezónního a měsíčního průměru daného jevu, dále pak grafy pro porovnávání dvou různých faktorů, viz obrázek 15. Grafy se nezobrazují pouze pro celé území, v mapové části si uživatel může obdélníkem vyznačit, pro jak velké území chce grafy zobrazit.



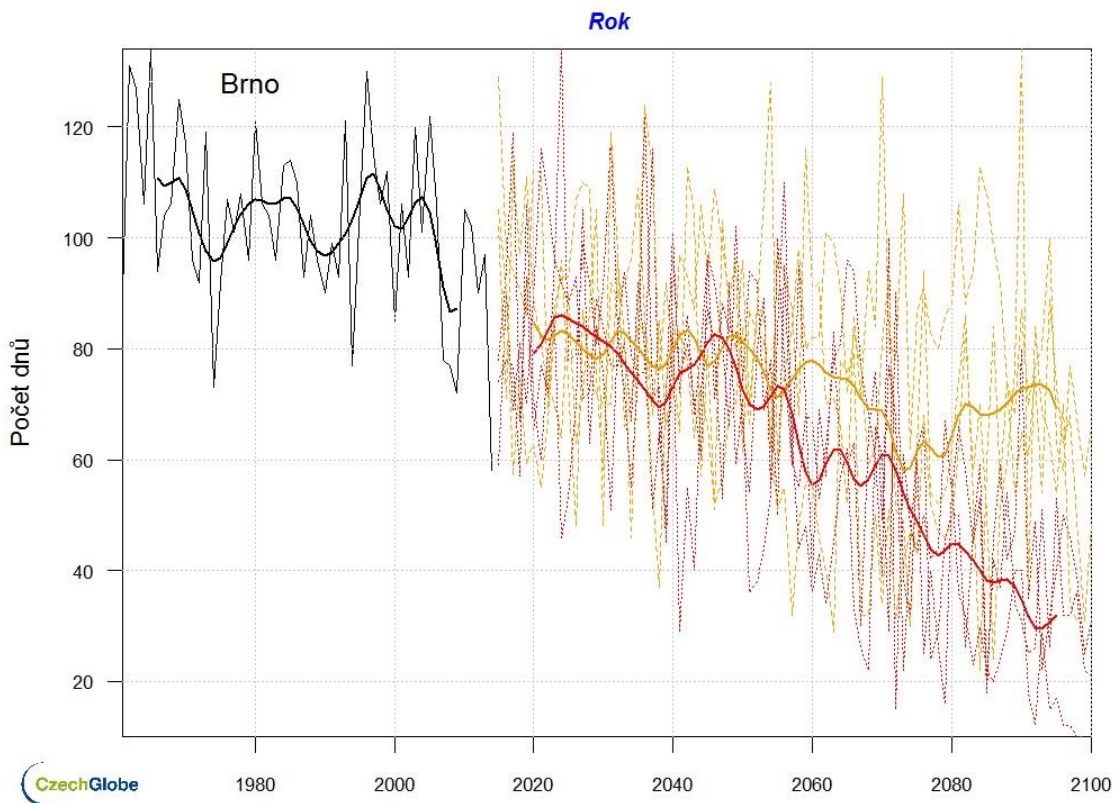
Obrázek 15: Graf porovnává průměrné roční srážky s průměrným množstvím GDD pro území vyznačené obdélníkem na obrázku 8. Pravá osa ukazuje množství GDD, levá zobrazuje množství srážek (mm za den). Na ose X se nacházejí měsíce. [23]

Klimatický průzkumník USA [18] poukazující na zhoršení klimatu využívá mimo vizualizace formou rastrových map, popsaných v kapitole 2.1.1, také grafy. Grafy podávají stejnou informaci jako mapy, jsou ale vztaženy pouze k velkému zájmovému území (např. pro celé území New Yorku). V grafech jsou zobrazeny hodnoty, jakých faktor nabýval v minulosti, spolu s predikcí, jak se budou hodnoty měnit v budoucnosti (viz obrázek 16). Vyskytuje se zde i časová osa, která uživateli umožní měnit osu X na grafu.



Obrázek 16: Graf ukazující předpověď změny množství GDD v New Yorku. Šedou barvou jsou zobrazena historická data, modrá barva znázorňuje predikci jevu při snížení emisí, červená barva znázorňuje predikci jevu při zvyšování emisí. [18]

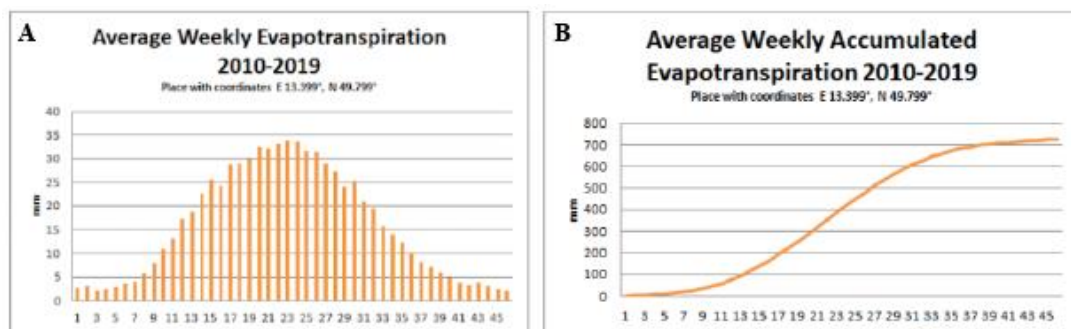
Také webový portál Klimatická změna [19] využívá pro vizualizaci grafy. Pomocí grafů jsou na portále vizualizovány jevy pro menší územní celky (Praha, Brno). Grafy mají podobnou strukturu jako grafy v Klimatickém průzkumníku. [18] Ukazují tedy, jak se jev bude v průběhu století měnit. Jeden z grafů je vidět na obrázku 17.



Obrázek 17: Graf znázorňující počet dní s minimální denní teplotou pod 0 °C, pro lokalitu Brno Tuřany v letech 1961–2100. Černou čarou je v grafu znázorněno přístrojové měření. Data pro budoucí klima (výhled 2015–2100) vychází z regionálních klimatických modelů. Oranžová čárkovaná čára znázorňuje pravděpodobný budoucí počet mrazových dnů při nízkých emisích oxidu uhličitého. Červená tečkovaná čára znázorňuje pravděpodobný budoucí počet mrazových dnů při vysokých emisích oxidu uhličitého. [19]

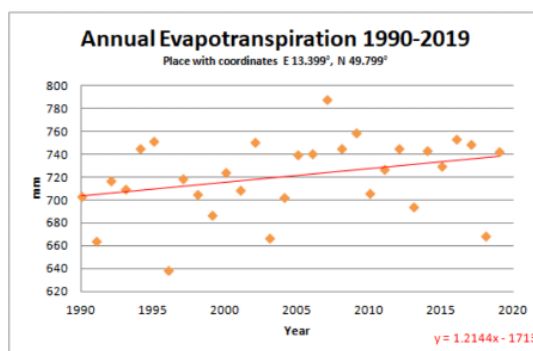
Také v diplomové práci J. Valeše [1] je pro zobrazování agroklimatických faktorů využíváno grafů. Nejčastěji se zde vyskytují grafy sloupcové, bodové a v některých případech i liniové. Tyto grafy se pak dělí do dvou dalších skupin. Konkrétně na grafy, jenž sledují hodnoty daného faktoru v průběhu jednoho roku, tzv. týdenní grafy. A na grafy, sledující hodnoty daného faktoru v průběhu několika let, tzv. roční grafy.

V případě týdenních grafů se jedná převážně o sloupcové grafy, na jejichž ose X se nachází jednotlivé týdny, a na ose Y hodnoty, kterých faktor nabývá (viz obrázek 18 A). Vedle sloupcových grafů se využívá i grafů liniových, jež podávají informaci o nahromaděné hodnotě faktoru za celý rok (viz obrázek 18 B). Nemrznoucí období, mrznoucí dny a teplota půdy nelze touto metodou vizualizovat, jedná se totiž o jevy, které se vyskytují jednou za rok (poslední jarní den, kdy teploty dosahují 0 °C), nebo jsou vyjádřeny celkovou hodnotou za celý rok (Počet nemrznoucích dní v roce).



Obrázek 18: (A) Sloupcový týdenní graf zobrazuje průměrné týdenní množství evapotranspirace. Na ose X se nachází jednotlivé týdny, na ose Y množství evapotranspirované vody v mm. (B) Liniový týdenní graf zobrazuje nasčítané množství evapotranspirace za celý rok. Osy grafu jsou stejné jako v případě (A). [1]

Druhou možností vizualizace faktorů, jsou tzv. roční grafy, na jejichž ose X se nachází jednotlivé roky a na ose Y se nachází průměrná hodnota faktoru za celý rok. Graf tedy předává uživateli informaci o tom, jakých celkových hodnot dosahoval agroklimatický faktor v jednotlivých letech. Ukázkou této vizualizace je možné vidět na obrázku 19.



Obrázek 19: Roční graf průměrného celkového množství evapotranspirované vody v jednotlivých letech. Na ose X se nacházejí roky, na ose Y množství evapotranspirované vody z půdy v mm. [1]

2.3 Speciální metody zobrazování agroklimatických faktorů

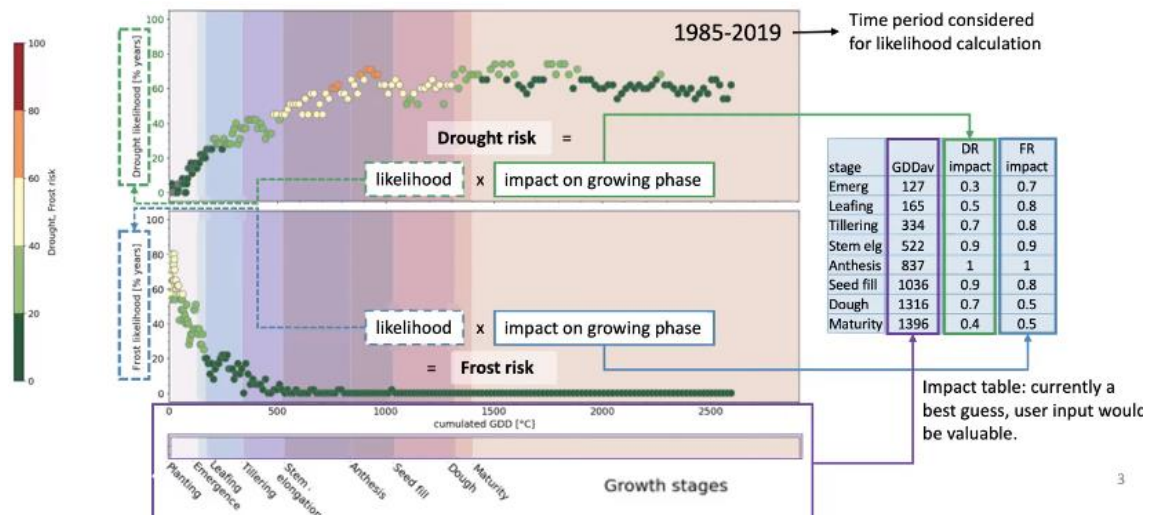
Některé aplikace využívají mimo zobrazování pomocí map a grafů další speciální druh vizualizace, který poskytuje jiné formy analýz. Následující kapitola se těmto speciálním vizualizacím věnuje.

2.3.1 Zobrazování pomocí speciálních diagramů

Místní analýza klimatických rizik pro plodinu, monitorování a predikce, je jedním z experimentů v rámci EUXDAT e-infrastruktury. [34] EUXDAT navrhuje e-infrastrukturu zaměřenou na zemědělství, monitorování půdy a energetické účinnosti pro udržitelný rozvoj. Poskytuje pokročilé rozhraní, na kterém mohou uživatelé vyvíjet aplikace. [35] Právě jednou z takových aplikací je Místní analýza klimatických rizik pro plodinu, monitorování a predikce. Hlavním účelem experimentu je zjišťovat a analyzovat klimatická rizika pro plodinu, a tím

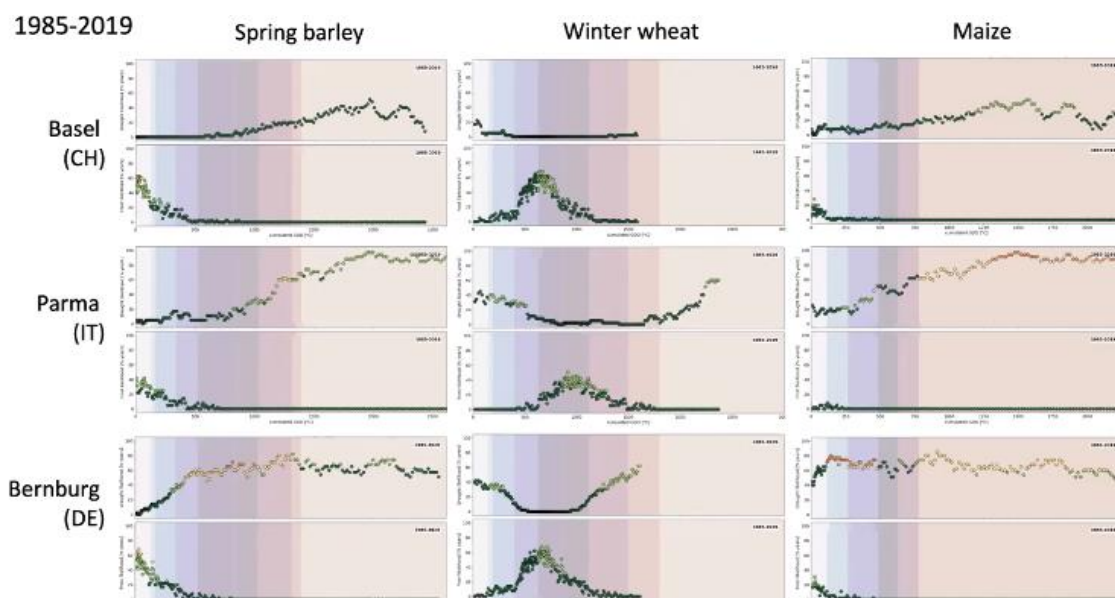
umožnit sezónní monitorování počasí a předvídání rizik. Konkrétně se zabývá sledováním rizik sucha a mrazu a jejich dopadu na určitou plodinu.

Vizualizace rizik je zde řešena inovativní formou pomocí speciálních diagramů. Tyto diagramy se skládají z více prvků a najednou předávají informaci o růstových fázích plodiny, množství GDD, pravděpodobnosti výskytu nežádoucího jevu (sucha a mrazu) a velikosti rizika nežádoucího jevu v jednotlivých růstových fázích. Právě jeden z grafů je možné vidět na obrázku 20.



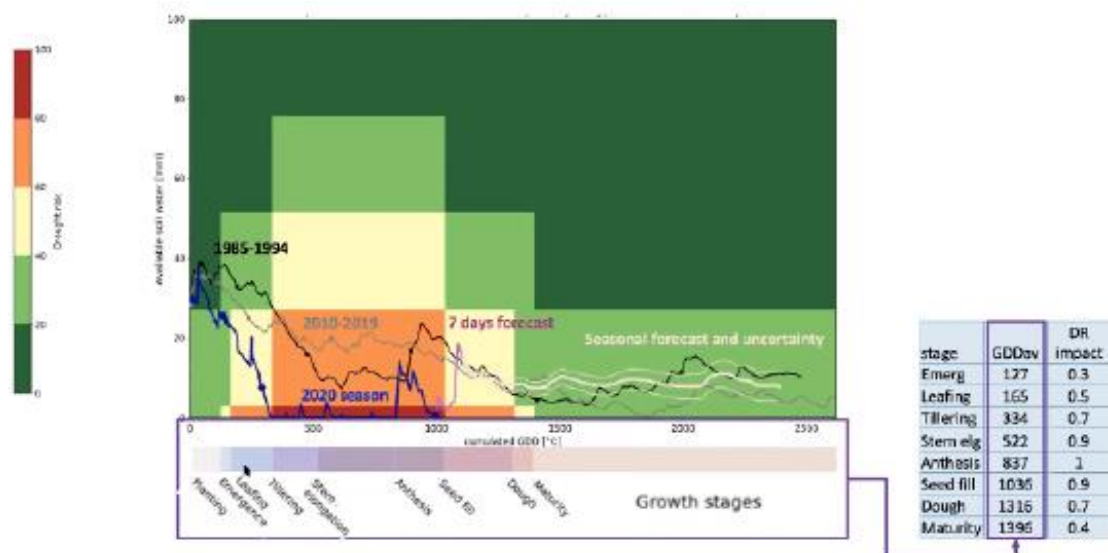
Obrázek 20: Obrázek speciálního diagramu pro analýzu klimatických rizik. Na ose X se nachází součet jednotek GDD. Na ose Y je uvedena pravděpodobnost nežádoucího jevu (nahore je zobrazeno riziko sucha, dole riziko mrazu). Barevné pruhy za diagramem znázorňují jednotlivé fáze růstu plodiny. Stupnice je uvedena vedle diagramu. Barva jednotlivých teček ukazuje, jak moc je nežádoucí jev škodlivý v dané růstové fázi. Stupnice je opět znázorněna vedle diagramu. [34]

Výhodou této metody je, že pokud je již uživatel s diagramem seznámen a je si vědom, jak ho používat, je pro něj snadné provádět různé analýzy, na základě kterých může plánovat zemědělství. Na obrázku 21 lze vidět více diagramů najednou vztahujících se k různým místům a plodinám, z nichž lze velice rychle odvodit, jaké místo je pro plodinu vhodné, nebo opačně, jaká plodina je vhodná pro konkrétní místo.



Obrázek 21: Množina diagramů vhodná pro analýzu dat. Data jsou vypočítána z časového rozmezí 1985–2019. Sloupce grafů poukazují na jednotlivé plodiny (zleva: ječmen, pšenice ozimá, kukuřice). Řádky poukazují na daná místa (shora: Basilej, Parma, Bernburg). [34]

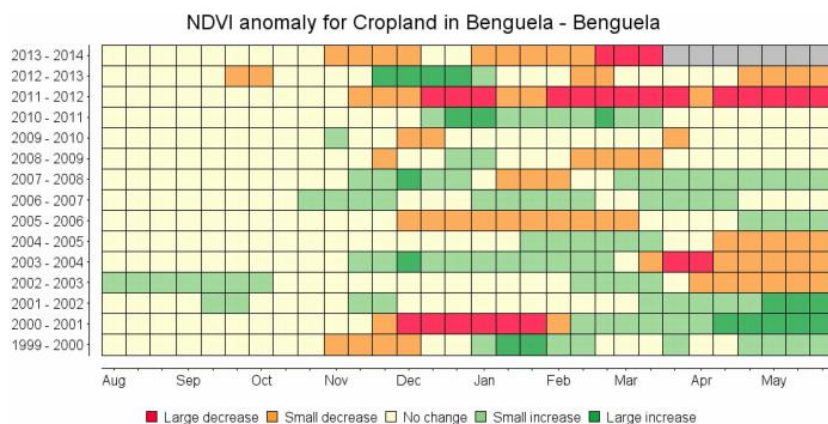
Druhým typem vizualizace je speciální diagram, který slouží především pro předpověď rizik v průběhu sezóny. Diagram je vidět na obrázku 22. Umožňuje zobrazení dat napočítaných z různých časových období spolu se sezónní predikcí. Jinou formou jsou zde vyjádřeny růstové fáze a rizika v jednotlivých fázích. Zároveň se na ose Y již nenachází pravděpodobnost nežádoucího jevu, ale např. pro sucho je zde uvedeno množství dostupné vody v půdě. Díky tomu je možné sledovat, jak se v průběhu sezóny mění množství vody v půdě, a porovnat, jak se množství liší od průměrných dat. Dále diagram varuje uživatele v případě, že je třeba zasáhnout (např. zavlažováním).



Obrázek 22: Diagram zobrazující sezónní vývoj jevu spolu s předchozími průměry napočítanými z různých časových období. Diagram zobrazuje rizika sucha pro ječmen na jižní Moravě. Na ose X jsou zobrazeny nasčítané jednotky GDD (v °C), na ose Y je v procentech vyjádřeno množství dostupné vody v půdě. Růstové fáze jsou vyjádřeny pomocí délek obdélníků. Legenda je vedle diagramu. Riziko v jednotlivých fázích je vyjádřeno pomocí zbarvení obdélníku. Stupnice je opět uvedena vedle diagramu. [34]

2.3.2 Zobrazování pomocí matice

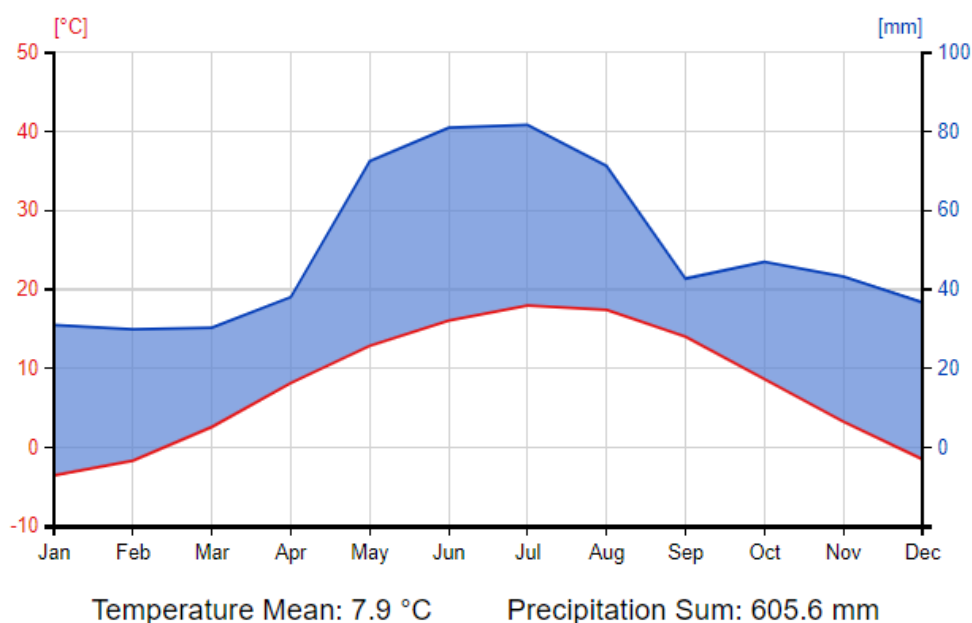
Další zajímavou formou vizualizace dat je matice, která slouží pro porovnání časových vzorců v průběhu několika let. Takovou vizualizaci využívá ve své aplikaci software „SPIRITS“ [16] popsány v kapitole 2.1.1. Řádky matice představují jednotlivé sezóny, sloupce představují třetinu měsíce v sezóně. Jedna buňka tedy předává informaci o velikosti odchylky NDVI pomocí barvy. Z matice lze například vyčíst, že sezóna 2013–2014 byla podobně suchá jako sezóna 2011–2012, zatímco sezóna 2012–2013 by se z hlediska sucha dala považovat za normální. Matice je zobrazena na obrázku 23.



Obrázek 23: Matice odchylek NDVI pro ornou půdu v Benguele. Legendou je divergentní symetrická stupnice, červený tón znázorňuje snížení indexu, zelený zvýšení. [16]

2.3.3 Zobrazování pomocí klima diagramu

Klima diagram je speciální druh grafu, jenž podává informace o poměru teploty a úhrnu srážek na daném území, čímž poskytuje informace o srážkovém deficitu a potencionálnímu výskytu sucha. Jak je vidět na obrázku 24 v grafu se vyskytují dvě linie. Pokud se modrá linie znázorňující průměrné množství úhrnu srážek, protne s červenou linií znázorňující průměrné teploty, lze na daném místě očekávat srážkový deficit. [36] U diagramu bývá pak často uvedena průměrná teplota a suma srážek. Klima diagram využívá i aplikace s názvem „ClimateCharts.net“ [37], v níž lze zobrazit diagramy pro vybraná místa a vybraná časová období a vzájemně je porovnávat. Jeden z grafů, který aplikace poskytuje, je uveden na obrázku 24. Kromě liniového grafu je zde i možnost vizualizovat množství srážek pomocí sloupcového grafu.



Obrázek 24: Klima diagram pro oblast Brna pro časové období 1922–1967. Na ose X jsou zobrazeny měsíce, na levé ose Y teplota [°C] a na pravé ose Y úhrn srážek [mm]. Pod svislými osami se vyskytují průměrné hodnoty za celé období. [36],[37]

2.4 Shrnutí rešerše

Většina zmíněných aplikací a studií používá pro zobrazování agroklimatických nebo klimatických dat především mapy potlačující časovou složku a grafy zaměřené na konkrétní místo.

Zajímavou formou grafové vizualizace je pak vizualizace pomocí speciálních diagramů zmíněná v kapitole 2.3.1. Hlavní výhodou této vizualizace je možnost snadné a rychlé analýzy z hlediska plánování v oblasti zemědělství. Zároveň je prostřednictvím speciálního diagramu možné předat více informací najednou, např. pravděpodobnost nežádoucího jevu spolu s jeho rizikem v jednotlivých fázích růstu plodiny.

Dále stojí za zmínku vizualizace pomocí matice viz kapitola 2.3.2, jež také usnadňuje provádění analýz. Matice umožňuje zkoumání jevů v rámci dvou časových intervalů. Jedním z nich je variabilita jevu v sezóně a druhým variabilita v jednotlivých letech.

V rešerši jsou dále popsány zobrazovací metody podávající informace o změně faktoru v prostoru. Jedná se především o mapy. Některé aplikace využívají spolu s mapou i časovou osu, která umožňuje do určité míry pozorovat změnu faktoru v čase i v prostoru. Jednou z takových aplikací je Agroklimatická analýza popsána v kapitole 2.1.1.

Časová osa je využívána i v aplikaci 3D vizualizace agroklimatických faktorů popsána v kapitole 2.1.3. Kromě osy je zde zajímavou formou řešena vizualizace samotných hodnot agroklimatických faktorů. Ty jsou předávány pomocí výšky jednotlivých sloupců, které jsou zobrazeny nad mapou. Tato zobrazovací metoda umožňuje sledování prostorové variability u více faktorů najednou.

Jak je již zmíněno výše, předávání vícerozměrné informace skrze 2D obrazovku počítače není jednoduché. Většina aplikací přistupuje k vizualizaci potlačováním jednoho z rozměrů. Informace jsou tak předávány zvlášť. Pomocí správných zobrazovacích metod je následně možné zachovat a v ideálním případě i zvýraznit pro uživatele důležitou informaci. Na základě rešerše je v této práci vizualizace agroklimatických faktorů využito map s rastrovými vrstvami a grafů.

2.5 Metody zvolené pro zobrazování agroklimatických faktorů

Následující podkapitola popisuje zobrazovací metody, jež jsou následně využity při návrhu makety aplikace. Význam zobrazovacích metod je především v jejich vzájemné interakci, jelikož je potřeba uživateli předat informace o změně jevu v prostoru a v čase. Cílem je předat tyto informace zemědělcům srozumitelnou formou, umožňující jasnou interpretaci. Tomu byl přizpůsoben výběr jednotlivých rešeršovaných metod do vlastního návrhu aplikace. Jednotlivé zobrazovací metody jsou nejprve v této podkapitole vysvětleny samostatně. Jejich vzájemná interakce je následně popsána v kapitole 3.1.

2.5.1 Mapa

První vybranou zobrazovací metodou je mapa. Většina studií a projektů uvedených v rešerši využívá pro zobrazování klimatických dat právě mapu. Vrstvy v mapě mohou být vektorové nebo rastrové a nejčastěji jsou pak využívány izolinie nebo izoplety. Pro porovnání dvou jevů v jedné mapě je v klimatickém průzkumníku [23] uvedeném v kapitole 2.1.2 využito zároveň rastrových a vektorových vrstev. Tato metoda do mapy zavádí velké množství grafických prvků, a na uživatele tak nemusí působit názorně. V rámci aplikace Agroklimatická analýza [20] je pro vizualizaci faktorů využíváno rastrových vrstev (viz 2.1.1). Stejný způsob vizualizace pomocí mapy je využíván i v této práci. Příklad vizualizace je možné vidět na obrázku 7. Pro jednotlivé agroklimatické faktory je vždy definována legenda, která umožňuje uživateli čtení hodnot přímo z mapy.

2.5.2 Časová osa

Hodnoty agroklimatických faktorů se v průběhu času mění. Aby bylo možné procházet různá časová období, je zapotřebí zavedení časové osy. Funkcionalita osy je jednoduchá a obdobná jako v aplikaci Agroklimatická analýza (viz rešerše 2.1.1). [20] Zemědělec je díky ní schopen nastavit časové období, pro které chce agroklimatické faktory ve formě map a grafů zobrazit. V průběhu fungování aplikace je osa neustále k dispozici, uživatel s ní může libovolně manipulovat a procházet tak různá časová období.

2.5.3 Týdenní a roční grafy

Jak je vidět i na základě rešerše, grafy jsou jednou z nejrozšířenějších metod pro zobrazování velkých dat. J. Valeš ve své diplomové práci [1] využívá pro zobrazování agroklimatických faktorů tzv. týdenní a roční grafy. Podobných grafů je využíváno i v této práci, pro jejich tvorbu byla využita data poskytnuta od J. Valeše. Vyskytují se zde převážně sloupcové, stupnicové plošné, či liniové grafy a v některých případech se využívá i jejich kombinace. Grafy mají jednotnou podobu. Jejich barevná složka je navržena tak, aby byly grafy co možná nejvíce názorné a zároveň aby nedocházelo k velkému grafickému zatížení při zavádění dalších datových řad (viz kapitola 2.5.5).

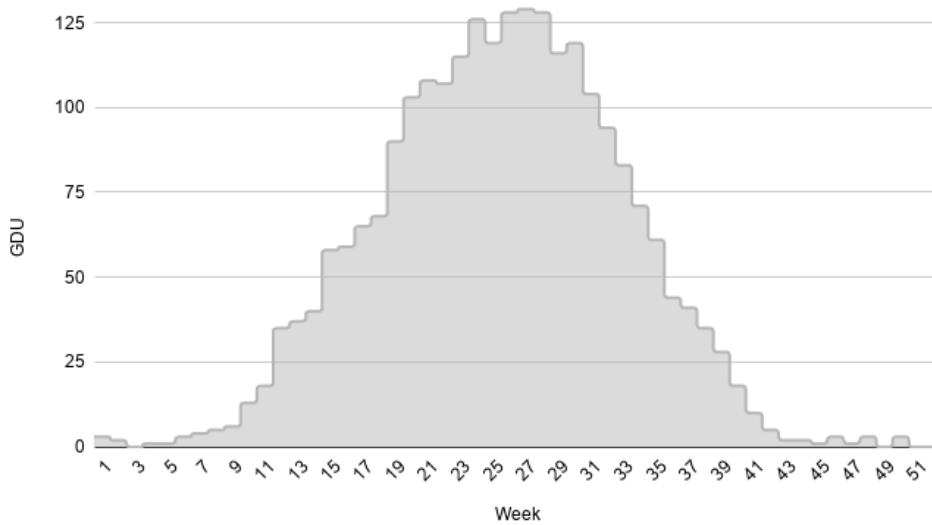
Díky jednotné podobě grafů je také možné zobrazovat společnou legendu pro všechny grafy najednou. Při opakovaném používání aplikace je uživatel s legendou již seznámen. Není ji tedy potřeba zobrazovat u každého grafu zvlášť. Podoba společné legendy je uvedena na obrázku 25. Legenda i grafy jsou v práci z důvodu budoucího vývoje aplikace tvořeny v anglickém jazyce. Pro vytváření všech grafů bylo v práci využito webového softwaru Tabulky Google. [38]

Legend:

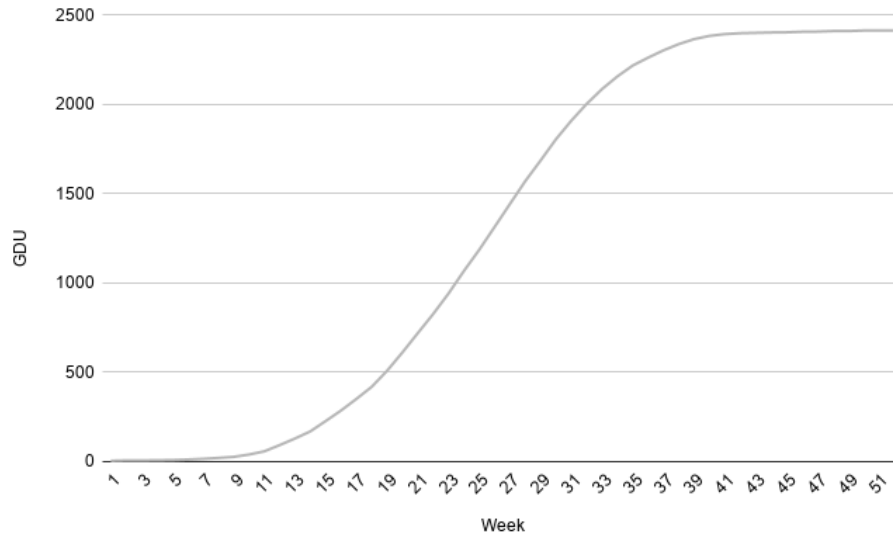
Values for selected place	■	■	—
Sufficient values for selected crop	■	■	—
Middle values for selected crop	■	■	—
Insufficient values for selected crop	■	■	—
Uncertainties	■		
Temperature	—		
Precipitation	—		
Time period	□		
Selected crop was successful (chart background)	■		
Selected crop could have been successful (chart background)	■		
Selected crop wasn't successful (chart background)	■		

Obrázek 25: Jednotná legenda pro všechny grafy. Shora: hodnoty pro vybrané místo, dostatečné hodnoty pro vybranou plodinu, prostřední hodnoty pro vybranou plodinu, nedostatečné hodnoty pro vybranou plodinu, hodnoty nejistot, teplota, srážky, časové období, vybraná plodina byla úspěšná/neúspěšná.

Týdenní grafy tedy podávají informaci o hodnotách agroklimatických faktorů v průběhu sezóny. Dále se dělí na stupnicové plošné a liniové. Stupnicové plošné grafy poskytují průměrné hodnoty faktorů v jednotlivých týdnech (viz obrázek 26). Liniové poskytují nahromaděné hodnoty za celý rok (viz obrázek 27).

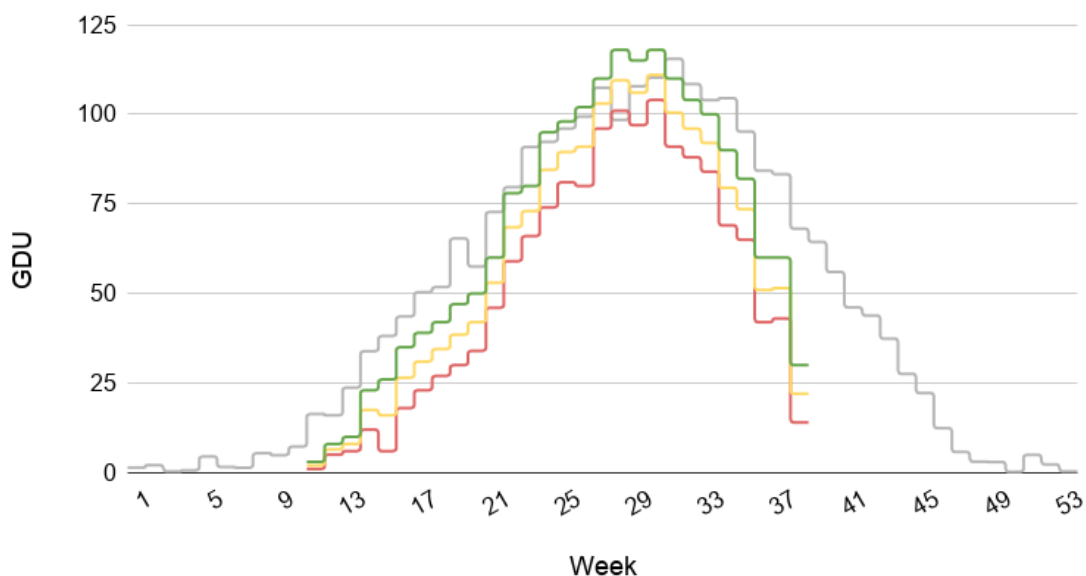


Obrázek 26: Stupnicový plošný graf popisující množství GDU v jednotlivých týdnech. Na ose X se nachází týdny, na ose Y průměrné hodnoty GDU.



Obrázek 27: Kumulativní liniový graf popisující nahromaděné GDU za celý rok. Na ose X se vyskytují týdny, na ose Y nahromaděné hodnoty GDU.

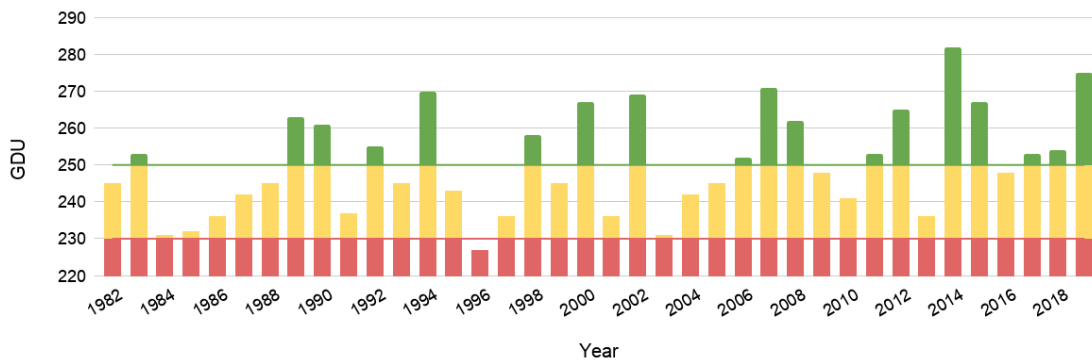
Roční grafy předávají informaci o celkových ročních hodnotách, kterých agroklimatické faktory v minulosti nabývaly a slouží k porovnání hodnot faktorů v jednotlivých letech. Jedná se vždy o sloupcové grafy. Příklad vizualizace je uveden na obrázku 28.



Obrázek 30: Stupnicový týdenní graf úspěšnosti plodiny popisující množství GDU pro C3 plodiny. Na ose X se nachází jednotlivé týdny, na ose Y množství GDU. Šedou barvou jsou vyjádřeny hodnoty faktoru na daném místě. Zelenou barvou optimální hodnoty pro správný růst. Červenou barvou jsou vyjádřeny hodnoty nedostačující pro růst plodiny. Žlutou barvou průměrné hodnoty mezi zelenou a červenou řadou.

Pro vytvoření grafu je nutné znát potřebné informace o plodině, jako jsou např.: růstový model plodiny, který lze vidět na obrázku 1, nebo vodní model plodiny. Spolu s růstovým modelem je potřeba určit jednotlivé délky růstových fází plodiny, což není jednoduchý úkol. Jednou z možností jak délky určit, by mohlo být jejich odhadnutí na základě dat z minulých let.

V některých případech však nejsou růstové modely dostupné, nebo jsou dostupné pouze ve formě potřebné hodnoty za celý rok, jak je zobrazeno na obrázku 2. Díky této informaci lze zjistit, že faktor za celý rok na daném místě sice dosahuje požadovaných hodnot pro správný růst, nelze však určit, zdali těchto hodnot dosahuje v požadované růstové fázi plodiny. Na základě informace o množství jednotek za celý rok se tedy nedá jednoznačně určit, jestli byla plodina úspěšná, avšak v některých případech může tato informace přijít vhod. Příklad vizualizace potřebné hodnoty jednotek za celý rok je uveden na obrázku 31. Jedná se o sloupcový graf, v němž jednotlivé linie a zbarvení sloupců rozlišují, zdali bylo množství jednotek za celý rok pro plodinu dostačující. Význam barev je totožný jako v obrázku 30.

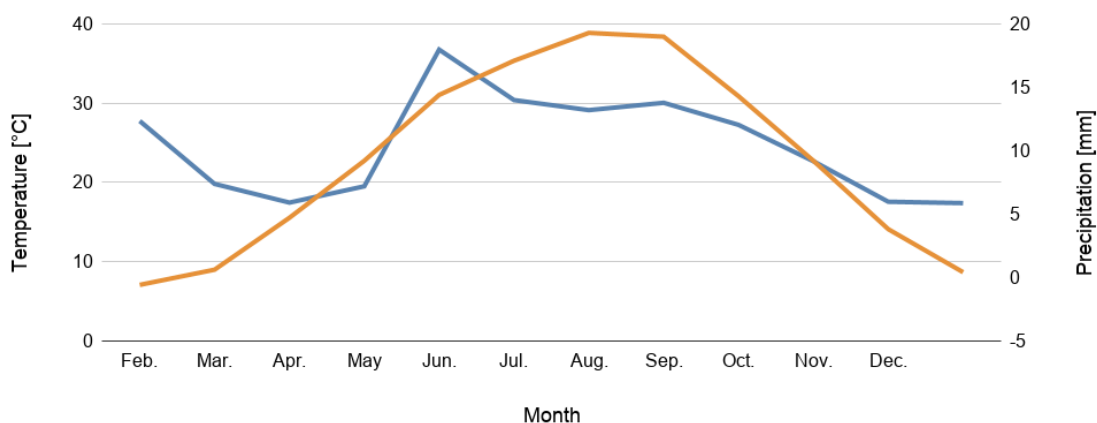


Obrázek 31: Sloupcový graf úspěšnosti plodiny ukazující počet GDU pro C3 plodiny za celý rok. Na ose Y se vyskytuje suma jednotek za celý rok. Na ose X se vyskytují jednotlivé roky. Červená linie ukazuje prahovou hodnotu, pod kterou je množství GDU pro C3 plodiny nedostačující. Zelená linie ukazuje prahovou hodnotu, nad níž je množství GDU pro C3 plodiny optimální.

Pokud by o plodině byly dostupné další informace, například množství HSU škodlivých pro plodinu nebo množství slunečního záření potřebného pro růst plodiny, dala by se vizualizace doplnit i k těmto faktorům a tím tak zemědělci poskytnout více informací.

2.5.6 Klima diagram

V práci je také využíváno klima diagramu, jenž je popsán v kapitole 2.3.3. Tato zobrazovací metoda slouží převážně pro odhalování srážkového deficitu v jednotlivých měsících a skládá se ze dvou datových řad, z průměrných měsíčních teplot a z průměrných srážek. Příklad diagramu je uveden na obrázku 32.



Obrázek 32: Klima diagram. Modrá linie ukazuje v diagramu průměrné srážky (pravá osa Y). Oranžová linie ukazuje průměrné teploty (levá osa Y). Na ose X se nacházejí měsíce.

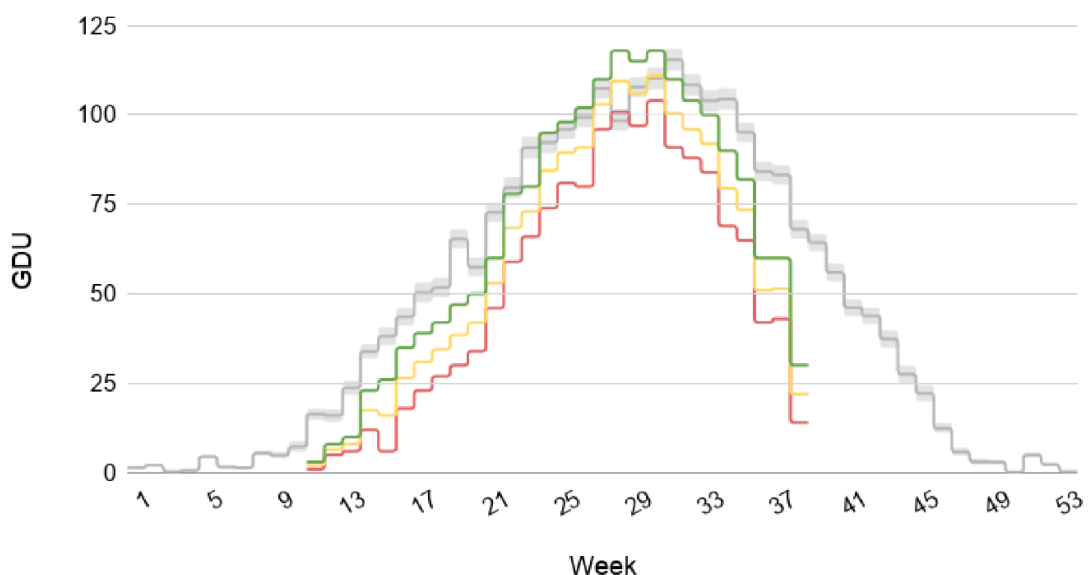
2.5.7 Semaforový systém

Informace by uživateli měly být předávány co možná nejsrozumitelnější a nejjednodušší formou, což zajišťuje právě semaforový systém. Tato zobrazovací metoda navazuje na sloupcový graf úspěšnosti uvedený v předchozí podkapitole. Pokud hodnoty faktoru na daném místě

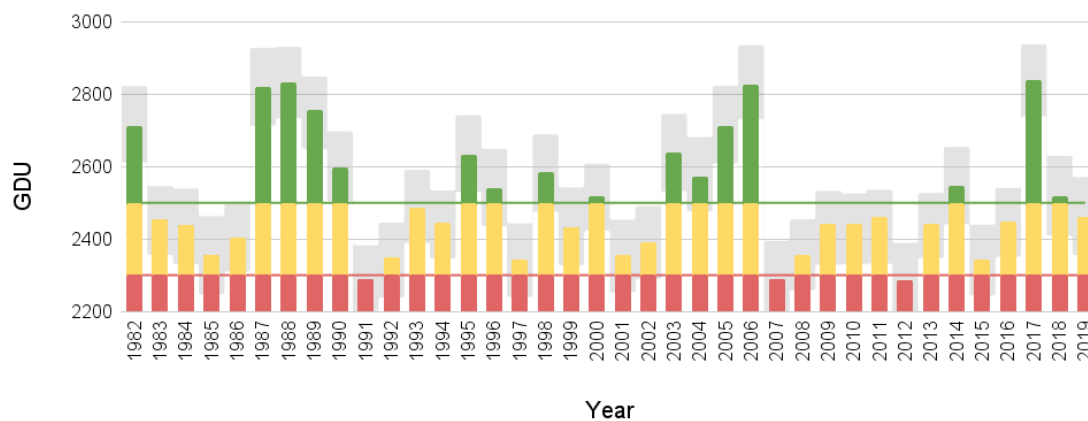
převyšují hodnoty potřebné pro správný růst plodiny, je pozadí grafu obarveno zelenou barvou, a uživateli je tak předána informace, že plodině se v minulosti na místě dařilo. Pokud hodnoty faktoru nedosahují požadovaných hodnot, pozadí grafu je červené, a pokud jsou hodnoty na daném místě mezi těmito dvěma hodnotami, je zobrazeno podbarvení žluté. Opět se díky této vizualizaci může uživatel rozhodnout, jakou plodinu bude na poli pěstovat. Jedná se tedy pouze o zjednodušení grafu úspěšnosti. Podle semaforu nelze zjišťovat konkrétní hodnoty. V případě potřeby však může uživatel kdykoliv nahlédnout do grafu úspěšnosti a zjistit přesnější informace.

2.5.8 Nejistoty

K hodnotám agroklimatických faktorů jsou dostupné i nejistoty. Postup jejich výpočtu je popsán v článku Výpočet agroklimatických faktorů z globálních klimatických dat. [22] Pro jejich zobrazování je v práci využíváno kombinovaných grafů, jež jsou podobné s grafy používanými v Klimatickém průzkumníku [18] popsaném v kapitole 2.2 a zobrazeném na obrázku 16. Nejistoty jsou do grafu zanášeny pomocí plochy, která svým rozměrem ukazuje velikost dané nejistoty. Tímto způsobem je tedy umožněno zobrazování nejistot spolu s jednotlivými hodnotami faktorů. Graf je také možné kombinovat s růstovým modelem plodiny jako v kapitole 2.5.5 a poskytovat tak další informace. Stejně jako v kapitole 2.5.3 jsou grafy rozděleny na týdenní (viz obrázek 33) a roční (viz obrázek 34). Na obrázcích se nachází konečná podoba grafů, již předcházela proces tvorby návrhu (viz příloha B – postup tvorby grafů úspěšnosti a grafů nejistot).



Obrázek 33: Týdenní vizualizace nejistot k hodnotám GDU pro C3 plodiny spolu s daty z růstového modelu. [8] Světle šedou barvou (plocha) je zobrazena míra nejistoty v jednotlivých týdnech. Šedou linií jsou vyjádřeny konkrétní hodnoty faktoru GDU. Zelenou, žlutou a červenou linií jsou vyjádřena data z růstového modelu plodiny (viz kapitola 2.5.5).



Obrázek 34: Vizualizace nejistot GDU pro C3 plodiny v jednotlivých letech (roční graf). Výška sloupce ukazuje konkrétní hodnotu faktoru v jednotlivých letech. Barvy sloupců vyjadřují úspěšnost plodiny v daném roce. Světle šedou barvou (plocha) jsou vyjádřeny nejistoty. Zelenou a žlutou linií jsou vyjádřeny potřebné hodnoty pro růst (viz kapitola 2.5.5).

3 Návrh aplikace a Případy užití

Na základě rešerše provedené v minulé kapitole byly navrženy vizualizační metody vhodné pro agroklimatické faktory. Pomocí těchto vizualizací je možné zemědělcům předat informaci o průběhu faktorů na jeho poli. Aby mohl zemědělec přistupovat ke všem faktorům a různým metodám vizualizace najednou, je zapotřebí vytvoření webové aplikace, jež by měla uživatele informovat o agroklimatických faktorech v zájmovém území. Proces vytváření aplikace je složitý a skládá se z mnoha kroků. Jednou z raných fází vývoje je návrh grafického uživatelského rozhraní (GUI) a celkové funkcionality aplikace, což je také cílem této práce. [39] Kapitola se tedy nejprve věnuje návrhu GUI, především jednotlivým případům užití, díky nimž je vysvětlena funkcionality navrhované aplikace. Termínem případ užití se rozumí posloupnost činností odehrávající se mezi uživatelem a aplikací k zjištění požadovaných informací. [40],[41]

3.1 Základní rozvržení a funkcionality GUI

Pro porozumění zmiňovaných případů užití se tato podkapitola věnuje samostatnému návrhu GUI. Návrh aplikace je v práci zpracován formou tzv. maket (mockups). Maketu lze chápat jako model či design doposud nevytvořené aplikace, který v plné velikosti ukazuje, jak by měla v budoucnu hotová aplikace vypadat a fungovat. [42] Existence takového návrhu je užitečná hlavně pro vývojáře, kteří na jeho základě mohou vytvořit výslednou aplikaci.

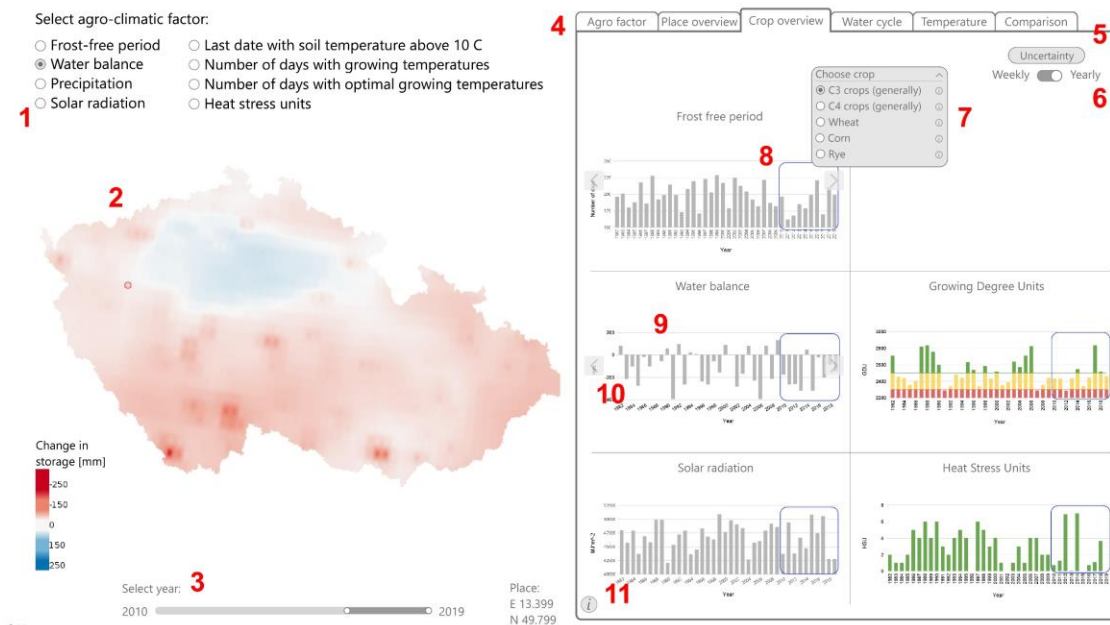
Návrh GUI je zpracován pomocí softwaru Adobe XD. [43] Tento software umožňuje vytvoření interaktivních maket, které fungují podobně jako výsledná aplikace. To znamená, že při stisknutí vytvořených tlačítek dojde k určité akci (např. po kliknutí na obrázek se obrázek zvětší). Další výhodou softwaru je možnost následného nahrání celé makety na internet. Výsledné makety navrhované aplikace jsou dostupné na URL adrese (případně na přiloženém CD). [44] Z důvodu budoucího vývoje aplikace, jež nebude zaměřena pouze na Českou republiku, je návrh tvořen v anglickém jazyce. V kapitole je popisován finální návrh aplikace, jemuž předcházelo množství jiných verzí (viz příloha A – postup tvorby interaktivních maket).

Navrhnuté GUI je rozděleno na levou a pravou část. Hlavním ovládacím prvkem (komponentou) v levé části je interaktivní mapa, jež slouží k výběru místa, pro které mají být faktory zobrazeny. Faktory jsou zde vizualizovány pomocí mapy popsané v kapitole 2.5.1. V pravé části jsou hlavní komponentou záložky, na kterých jsou faktory vizualizovány pomocí různých grafů. Záložky jsou seřazeny podle důležitosti jednotlivých informací, které jsou uživateli předávány. Funkcionality karet je obdobná jako ve webovém prohlížeči. Samostatné rozvržení jednotlivých karet je uvedeno v kapitole 3.3.

Jednotlivé komponenty slouží pro interakci mezi uživatelem a systémem. Zároveň je pomocí komponent zajištěna interakce zobrazovacích metod, pomocí níž je možné sledovat změny faktorů v čase a prostoru. Komponenty jsou uvedeny v tabulce 1. V prvním sloupci tabulky se nachází ID jednotlivých komponent. ID je v následující kapitole využíváno k popsání funkcionality aplikace. V druhém sloupci se nachází název komponenty spolu s číslem, které slouží k propojení tabulky 1 s obrázkem 35, na němž se nachází samotný návrh GUI. Ve třetím sloupci je stručně popsána funkcionality jednotlivých komponent.

ID	Ovládací prvek	Funkce
<i>MainMenu</i>	Výběrové menu pro agroklimatický faktor (1)	Po kliknutí na požadovanou vrstvu dojde k překreslení mapy a zobrazení faktorů pomocí grafů. Je možné vybrat pouze jeden faktor.
<i>Map</i>	Mapa (2)	Slouží pro výběr místa, pro které mají být faktory zobrazeny.
<i>TimeAxis</i>	Časová osa (3)	Slouží pro výběr časového období, z něhož mají být faktory vypočítány a zobrazeny. (Osa je omezena intervaly 5, 10, 15 let.)
<i>Bookmarks</i>	Záložky (4)	Slouží k přepínání jednotlivých karet.
<i>Uncertainty</i>	Nejistoty (5)	Slouží k zapínání nejistot v grafech na záložce.
<i>W/Y</i>	Tlačítko týdenního a ročního zobrazení (6)	Slouží k přepínání mezi týdenním a ročním zobrazením grafů.
<i>DropDownMenu</i>	Rozvinutelné menu a tlačítko Informace (7)	Slouží k výběru konkrétní plodiny a k zajištění informací ohledně plodiny.
<i>BlueSquare</i>	Modrý obdélník (8)	Slouží pro zobrazení časového období na ročním grafu. Zároveň lze jeho posunem časové období měnit.
<i>Graph</i>	Graf (9)	Po kliknutí na graf dochází k jeho zvětšení.
<i>Arrow</i>	Tlačítko s šipkou (10)	Umožňuje přepínání mezi agroklimatickými faktory.
<i>Legend</i>	Legenda (11)	Tlačítko pro zobrazování legendy.

Tabulka 1: Komponenty. Tabulka obsahuje jednotlivé komponenty, které zajišťují interakci uživatele s aplikací. První sloupec obsahuje ID jednotlivých komponent. Druhý sloupec nese názvy jednotlivých komponent spolu s čísly, která jsou následně uvedena na obrázku 35. Třetí sloupec obsahuje stručnou funkcionalitu jednotlivých komponent.



Obrázek 35: Návrh podoby GUI. Červená čísla slouží k propojení obrázku s tabulkou 1.

3.2 Případy užití

Tato podkapitola se věnuje jednotlivým případům užití odehrávajících se v navrhované aplikaci. Případ užití lze chápat jako posloupnost činností, které vykonává systém nebo aplikace za současné interakce s uživatelem. [40], [41] Dále případy užití slouží k popisu funkcionality navrhované aplikace a lze je využít v dalších fázích vývoje aplikace. V případech užití je také popsána interakce jednotlivých komponent a zobrazovacích metod. Pro každý případ užití je vytvořena samostatná tabulka, kde je případ užití popsán. V každé tabulce se nachází specifikace daného případu užití, hlavní aktér, tedy kdo aplikaci ovládá. Vstupní podmínky, jež musí platit, aby se případ užití odehrál. A hlavní scénář, odehrávající se mezi uživatelem a aplikací. Případy užití jsou psány z pohledu uživatele aplikace, který vždy daný případ užití zahajuje. V tabulkách je odkázáno na jednotlivé komponenty pomocí ID uvedeného v tabulce 1. K některým případům užití je uveden i obrázek pro přesnější vysvětlení. Celý návrh aplikace je dostupný na již zmiňované URL adrese. [44]

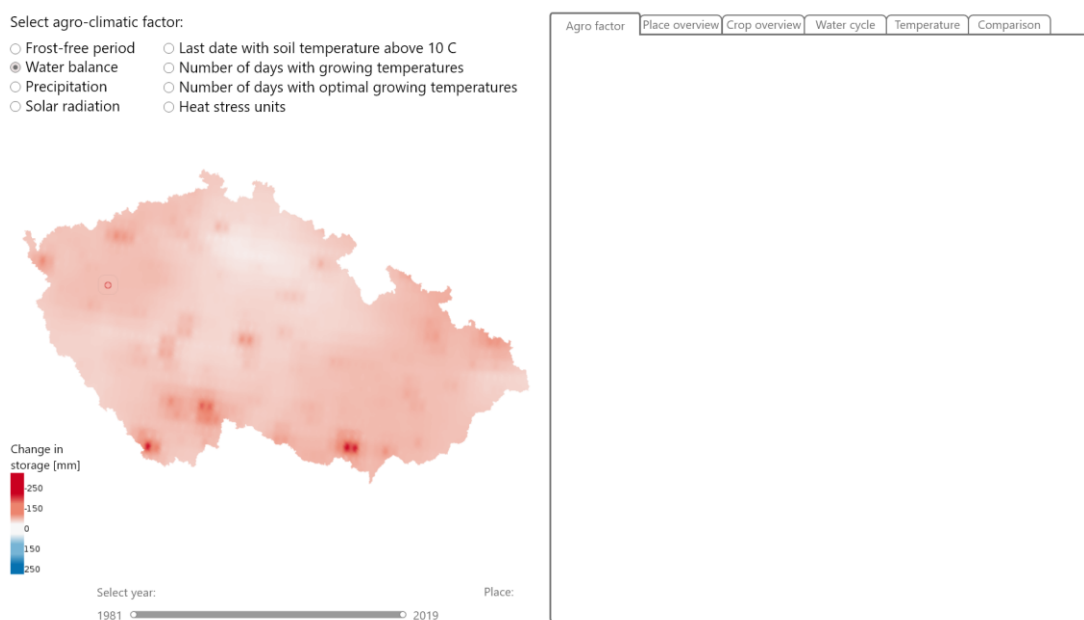
3.2.1 Spuštění aplikace

Po spuštění aplikace se uživateli zobrazí téměř prázdné GUI, jak je vidět na obrázku 36. V mapě je při spuštění zobrazen faktor vodní bilance. Pro další činnost aplikace je potřeba zásahu uživatele. Celý případ užití je uveden v následující tabulce 2.

Specifikace případu užití	Uživatel spustí aplikaci.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).

Vstupní podmínky	Fungující doména, na které se aplikace nachází.
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel si v prohlížeči otevře URL adresu webové aplikace. 2. Prohlížeč zobrazí aplikaci. Levá strana aplikace je téměř prázdná, obsahuje pouze komponenty <i>MainMenu</i>, <i>TimeAxis</i> a <i>Map</i>. Pravá strana obsahuje prázdnou záložku s názvem „Agro factor“. V mapě je zobrazen vybraný faktor (při spuštění je zobrazena vodní bilance, jak je vidět na obrázku 36).

Tabulka 2: Příklad užití popisující spuštění aplikace.



Obrázek 36: Podoba navrhované aplikace po spuštění. Lze vidět, že po načtení aplikace je zobrazen agroklimatický faktor bilance vody.

3.2.2 Výběr agroklimatického faktoru pro zobrazení v mapě

Jak je již výše uvedeno, pro zobrazení dalších informací je potřeba činnosti uživatele. Pomocí výběrového menu (komponenta *MainMenu*) si uživatel vybere agroklimatický faktor, který chce v mapě zobrazit a aplikace ho následně zobrazí. Aplikace zobrazí mapu pro časové období, které je nastaveno na časové ose. Při zapnutí aplikace je osa nastavena na období 1981–2019. Pro tento případ užití se předpokládá, že uživatel s osou předem nehýbe. Příklad užití je uveden v tabulce 3.

Specifikace případu užití	Uživatel vybral agroklimatický faktor, který má být zobrazen na mapě.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).

Vstupní podmínky	Otevřená aplikace v prohlížeči. Faktory, které je možné v menu vybrat, jsou vypočteny a zobrazeny v mapě.
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel si pomocí komponenty <i>MainMenu</i> vybere jeden agroklimatický faktor, který chce na mapě zobrazit. 2. Aplikace zobrazí vybraný agroklimatický faktor pro rok, který je zvolen na časové ose (pomocí komponenty <i>TimeAxis</i>).

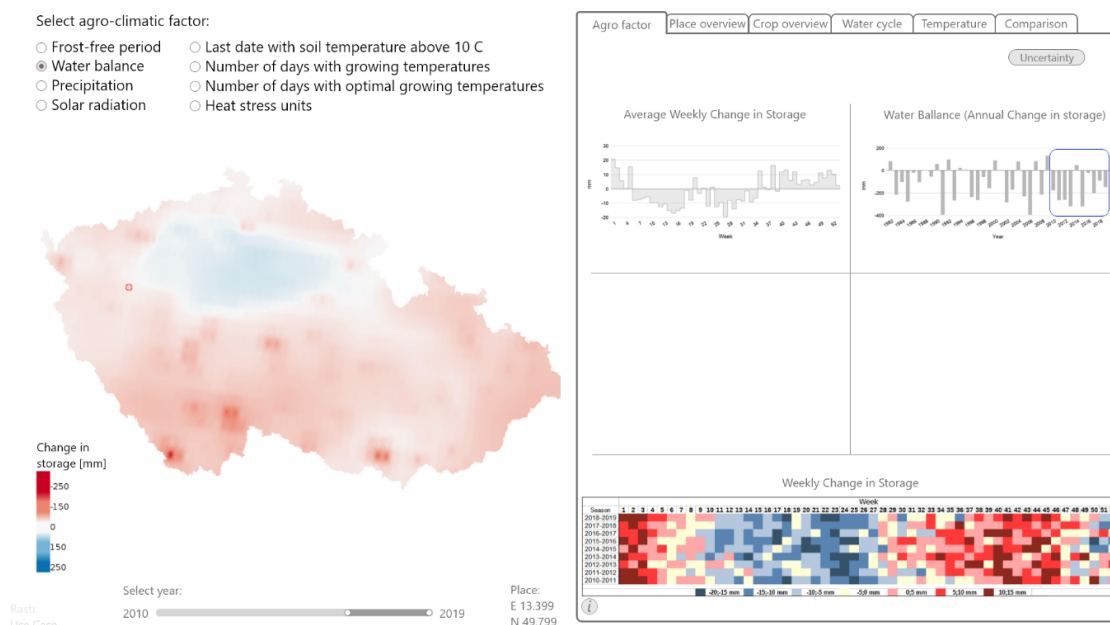
Tabulka 3: Příklad užití popisující výběr agroklimatického faktoru.

3.2.3 Výběr místa pro zobrazení agroklimatických faktorů pomocí grafů.

K zobrazení grafů je potřeba nejprve vybrat místo, pro které si uživatel přeje grafy zobrazit. Místo si zvolí jednoduše kliknutím do mapy. Pro všechny následující případy užití zůstává vybrané místo stejné. Při reálném používání aplikace může uživatel místo kdykoliv změnit. Při změně místa dojde k překreslení mapy i grafů. Celý případ užití je uveden v tabulce 4.

Specifikace případu užití	Uživatel si v mapě vybere místo, pro které chce agroklimatické faktory vypočítat.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný a zároveň pomocí mapy zobrazený agroklimatický faktor z <i>MainMenu</i> .
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na libovolné místo v mapě (využije přitom komponentu <i>Map</i>). 2. Aplikace na pravé straně na záložce „Agro Factor“ zobrazí agroklimatický faktor pro zvolené místo pomocí ročních a týdenních grafů a pomocí maticového (viz 2.5.4). Souřadnice zvoleného místa jsou zobrazeny v pravém rohu pod mapou. Na ročních grafech dojde k zobrazení modrého obdélníku, který vymezuje stejné časové období vybrané na časové ose. Vzhled aplikace po proběhnutí případu užití je vidět na obrázku 37.

Tabulka 4: Příklad užití popisující výběr místa.



Obrázek 37: Situace po výběru místa.

3.2.4 Změna časového období

Jak je již výše uvedeno, časové období je při spuštění aplikace nastaveno na rozmezí 1981–2019. Pokud by chtěl uživatel časové období změnit, má dvě možnosti. Může využít buď časovou osu, nebo modrý obdélník v ročním grafu. Oba případy užití jsou popsány pomocí následujících dvou tabulek (tabulka 5, tabulka 6).

Specifikace případu užití	Uživatel pohne s časovou osou.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>).
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> Uživatel pomocí komponenty <i>TimeAxis</i> změní časové období, pro které chce agroklimatický faktor zobrazit. Aplikace překreslí mapu. Týdenní grafy (viz kapitola 2.5.3) se přepočítají, budou ukazovat jiné hodnoty. U ročních grafů dojde k přesunutí, zvětšení nebo zmenšení modrého obdélníku.

Tabulka 5: Příklad užití popisující změny časového období pomocí časové osy.

Specifikace případu užití	Uživatel pohne s obdélníkem v ročním grafu.
---------------------------	---

Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>).
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel pohne s komponentou <i>BlueSquare</i> na ročním grafu. 2. Aplikace překreslí mapu. Týdenní grafy se přepočítají, budou ukazovat jiné hodnoty. Zároveň dojde k posunutí časové osy.

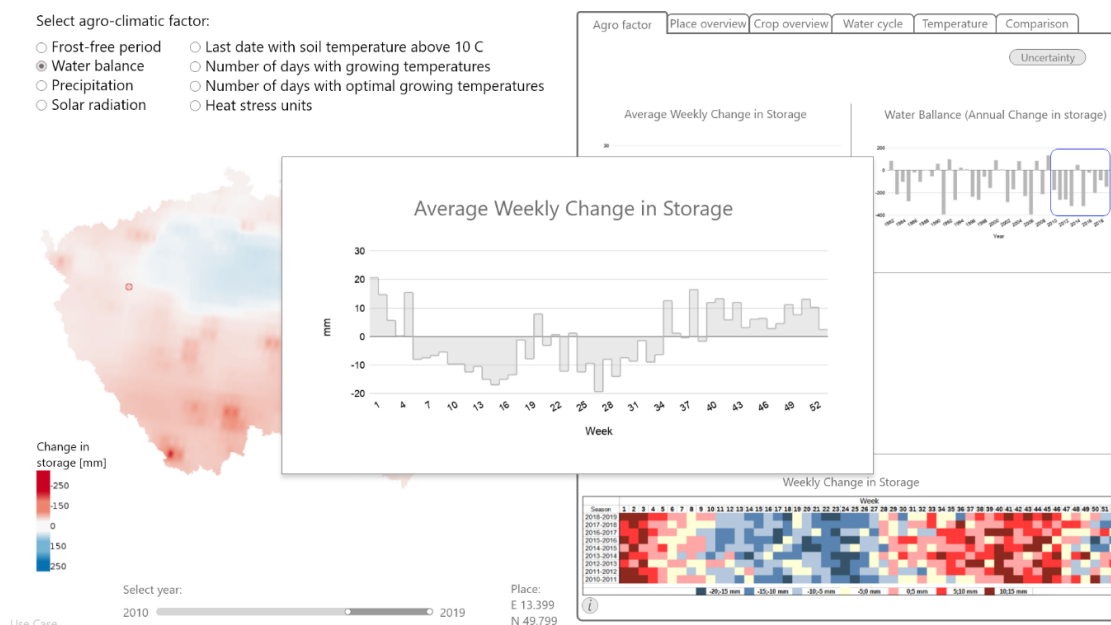
Tabulka 6: Příklad užití popisující změny časového období pomocí modrého obdélníku.

3.2.5 Zvětšení grafu

Jelikož velkou část aplikace zabírá mapa a faktory, je potřeba vizualizovat i pomocí grafů. Všechny grafy je možné v aplikaci zvětšit. Zvětšení grafu na téměř celou obrazovku poskytuje uživateli lepší čitelnost a odečítání na grafu, což umožňuje provádění přesnějších a rozsáhlejších analýz. Příklad užití je popsán v tabulce 7.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na libovolný graf.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Zobrazené agroklimatické faktory pomocí grafů.
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na komponentu <i>Graph</i>. 2. Aplikace zvětší vybraný graf na celou obrazovku, umožní tak uživateli důkladnější čtení a odečítání na grafech. Situace je znázorněna na obrázku 38. 3. Uživatel klikne na zvětšený graf. 4. Aplikace graf zmenší do původní podoby.

Tabulka 7: Příklad užití popisující zvětšení libovolného grafu.



Obrázek 38: Zvětšení jednoho z grafů (týdenní graf pro vodní bilanci).

3.2.6 Změna záložky

K zajištění přehlednosti sdělovaných informací je aplikace rozdělena na jednotlivé záložky, jejichž uspořádání je popsáno v kapitole 3.3. Pomocí prohlížení záložek je zemědělcům předávána informace o agroklimatických faktorech. V průběhu používání aplikace si uživatel může mezi záložkami volně přepínat. Přepínání záložek je vysvětleno v následující tabulce 8.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na kteroukoliv ze záložek.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>).
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> Uživatel si kliknutím na komponentu <i>Bookmarks</i> vybere jednu z možných záložek. Aplikace zobrazí obsah vybrané záložky.

Tabulka 8: Příklad užití popisující přepínání záložek.

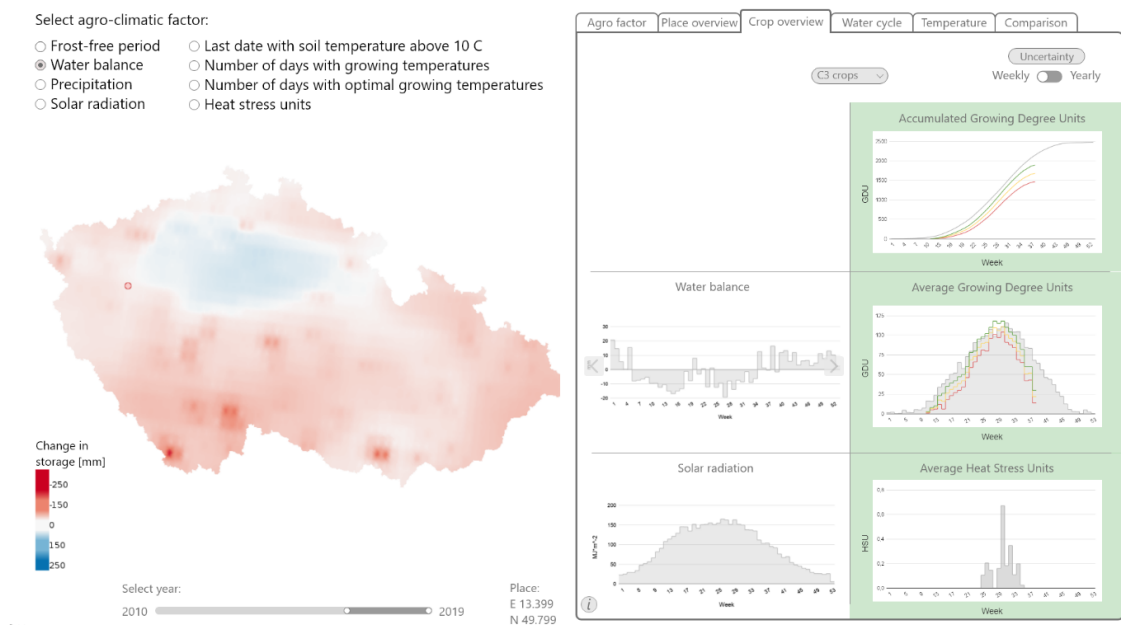
3.2.7 Přepínání mezi týdenním a ročním zobrazením

Možnost přepínání mezi týdenním a ročním typem grafů pomocí komponenty *W/Y* je dostupná na všech záložkách kromě záložek „Agro factor“ a „Temperature“. Při přepnutí záložky pomocí komponenty *Bookmarks*, jak je uvedeno v tabulce 8, jsou uživatelům vždy zobrazeny grafy ročního typu. Pro přepnutí je tedy nutné použít komponentu *W/Y*, jejíž případ užití je popsán

v následující tabulce 9. Komponenta funguje i opačným způsobem, tj. přepnutím z týdenního na roční zobrazení. Na obrázku 39 je zvolen týdenní typ grafů před použitím komponenty *W/Y* a na obrázku 35 je zobrazena stejná záložka po použití komponenty.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na přepínač mezi ročním a týdenním zobrazením grafů.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>).
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> Uživatel klikne na komponentu <i>W/Y</i>. Aplikace zobrazí jiný typ grafů (pokud je nejprve zvoleno roční zobrazení, dojde k překreslení grafů na týdenní a obráceně). Grafy, pro něž nemá týdenní zobrazení smysl, zmizí.

Tabulka 9: Příklad užití popisující přepínání mezi týdenním a ročním typem grafů.



Obrázek 39: Znárodnění týdenního zobrazení pro záložku „Crop overview“. Na obrázku je vidět zelené podbarvení grafů. Jedná se o semaforový systém popsany v kapitole 2.5.7.

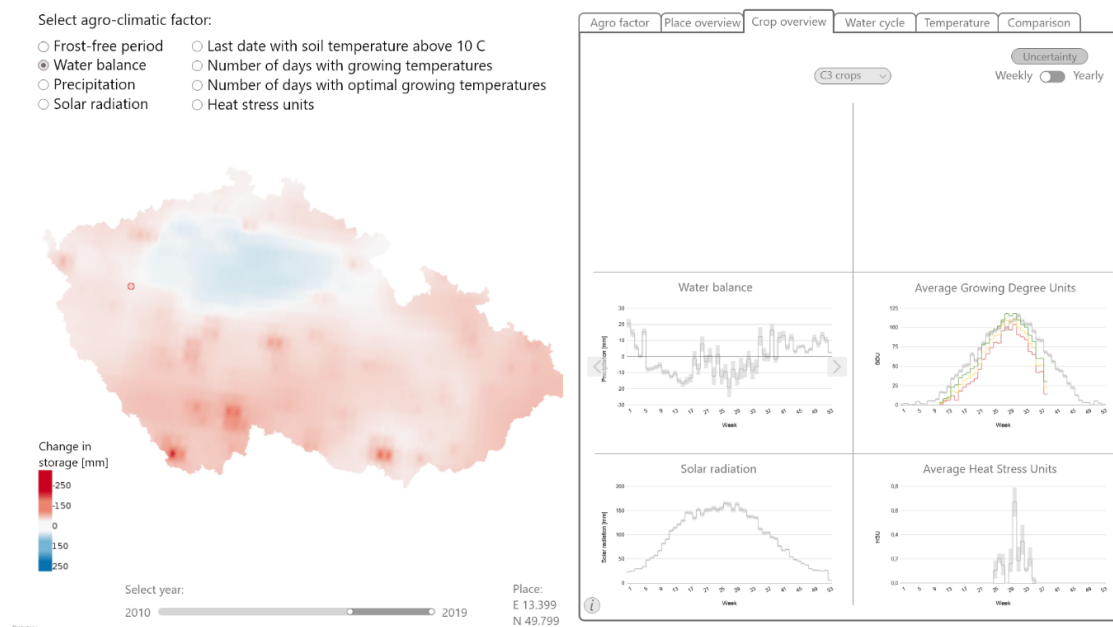
3.2.8 Zobrazování nejistot

Pro zobrazení grafů s nejistotami je potřeba stisknutí komponenty *Uncertainty*, jež se nachází na každé záložce. Po jejím stisknutí dojde najednou u všech grafů vyskytujících se na dané záložce k zobrazení nejistot. Nově zobrazené grafy mají stejnou podobu jako před stisknutím tlačítka, což

znamená, že pokud je vybráno týdenní zobrazení, jsou zobrazeny týdenní grafy nejistot. V opačném případě dojde k zobrazení ročních grafů nejistot. Příklad užití je popsán v tabulce 10.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na komponentu <i>Uncertainty</i> .
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>). Pro faktory jsou vypočítané nejistoty.
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na komponentu <i>Uncertainty</i>. 2. Aplikace zobrazí pro celou záložku grafy nejistot (viz obrázek 40). 3. Uživatel znovu klikne na komponentu. 4. Na straně aplikace dojde k zobrazení grafů v podobě, jež měly před případem užití (viz obrázek 39).

Tabulka 10: Příklad užití popisující zobrazení nejistot.



Obrázek 40: Situace po použití komponenty *Uncertainty*.

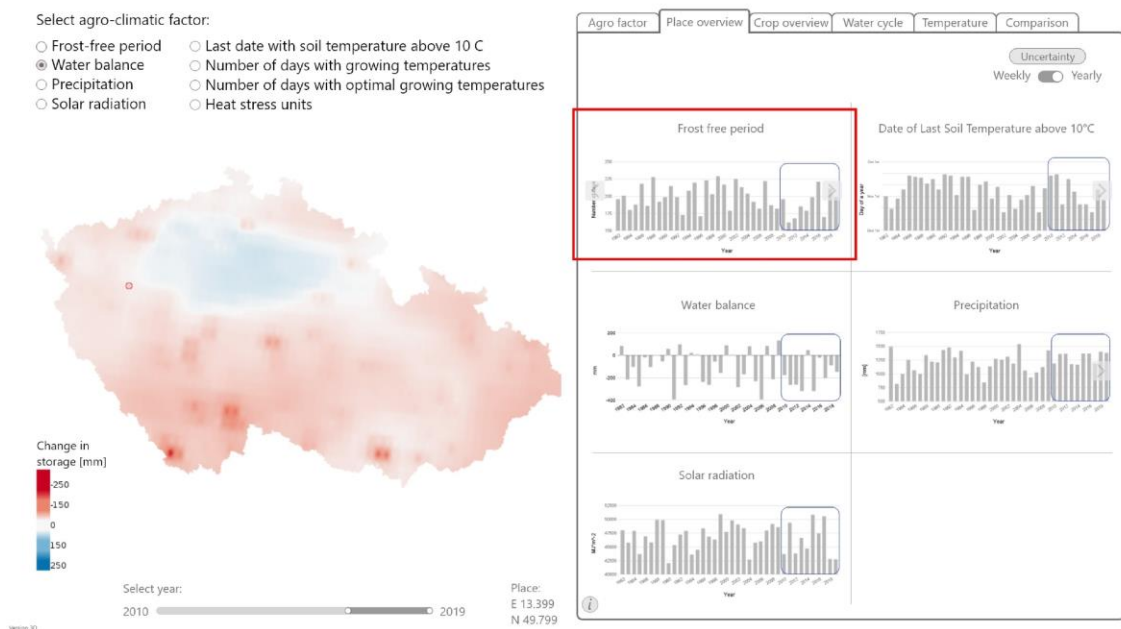
3.2.9 Používání šipky

Pomocí šipky může uživatel přepínat mezi jednotlivými agroklimatickými faktory. Například na záložce „Place overview” se po kliknutí na pravou šipku u grafu „Frost free period” (bezmrazové období) zobrazí graf „Dates of first fall freeze” (první mrznoucí podzimní den). Celý

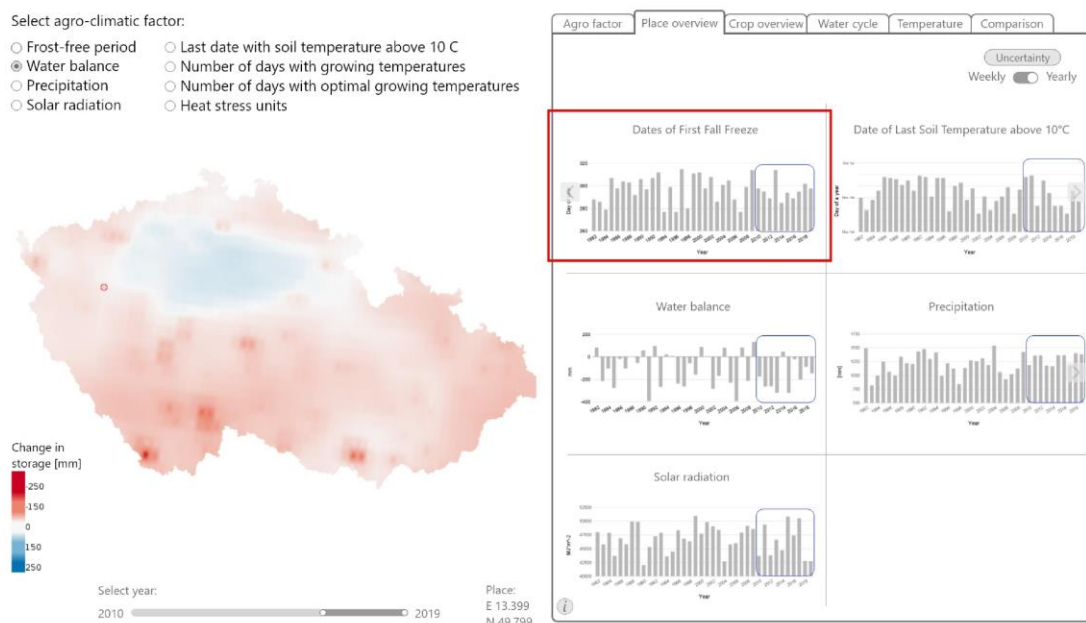
případ užití je popsán v tabulce 11. Situace před použitím šipky je uvedena na obrázku 41. Situace po případu užití je na obrázku 42.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na šipku.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>). Přítomnost komponenty <i>Arrow</i> .
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na tlačítko se šipkou (komponenta <i>Arrow</i>). 2. Aplikace, pokud je to možné, zobrazí jiný agroklimatický faktor s podobným významem. Změnu faktoru lze pozorovat na obrázku 41 a 42.

Tabulka 11: Případ užití popisující používání šipky.



Obrázek 41: Situace před použitím komponenty *Arrow*. Červený obdélník znázorňuje oblast, ve které dochází ke změně.



Obrázek 42: Situace po použití komponenty Arrow. Lze vidět, že dochází ke změně faktoru „Frost-free period” (bezmrazové období) na faktor „Dates of first fall freeze” (první mrznoucí podzimní den). Červený obdélník znázorňuje oblast, ve které dochází ke změně.

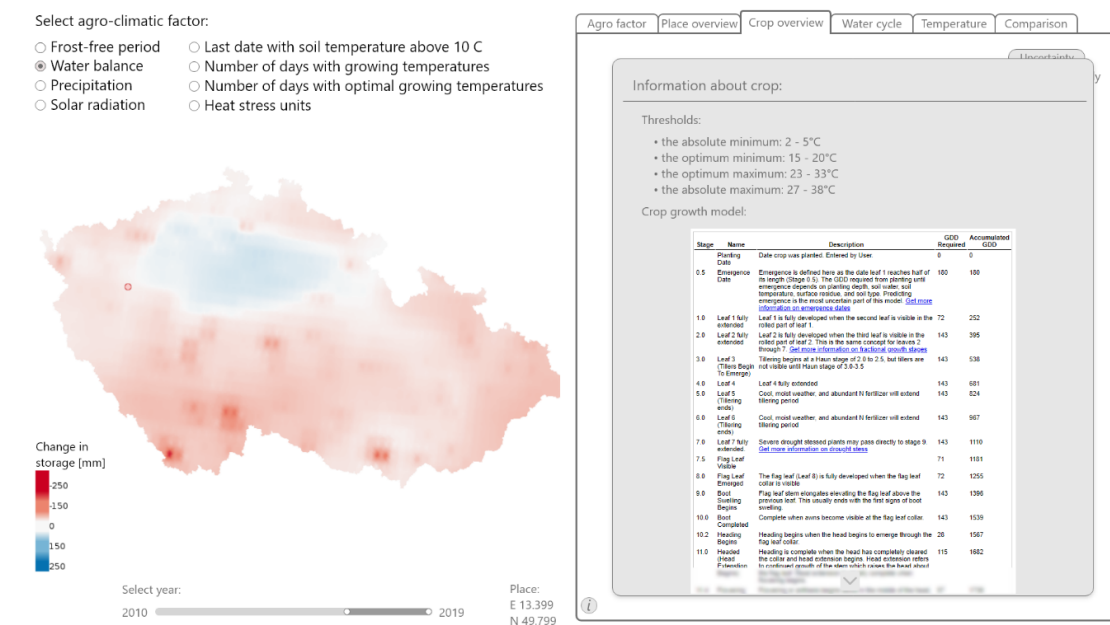
3.2.10 Výběr plodiny, pro kterou mají být grafy zobrazeny

Jak je popsáno v kapitole 1.2.2, agroklimatické faktory vztahované k plodinám se počítají na základě prahových hodnot, které se pro každou plodinu liší. Pro zobrazení těchto faktorů je tedy potřeba nejprve plodinu vybrat. K tomu slouží výběrové menu, jehož užívání je popsáno v následující tabulce 12. V menu se u každé plodiny vyskytuje tlačítko informace, díky němuž se uživatel může dozvědět potřebné informace o plodině, jako jsou např.: prahové hodnoty plodiny, ze kterých se faktor počítá, vodní či růstové modely plodiny.

Specifikace případu užití	Uživatel klikne na tlačítko s rozvíjecím menu.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).
Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>). Zvolená třetí nebo pátá záložka (pomocí komponenty <i>Bookmarks</i>). Na záložce se nachází komponenta <i>DropDownMenu</i> . Spočtený faktor pro danou plodinu.
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na komponentu <i>DropDownMenu</i>, jež nese název „Choose crop”. 2. Aplikace zobrazí rozvinuté menu, na němž se nachází všechny plodiny, pro které lze grafy zobrazit. U názvu plodiny se vyskytuje i tlačítko informace.

3. Uživatel klikne na tlačítko informace.
4. Aplikace zobrazí dostupné informace o plodině (růstový a vodní model plodiny, prahové hodnoty dané plodiny atd.). Situace po kliknutí na tlačítko je vidět na obrázku 43.
5. Uživatel klikne mimo tabulku s informacemi.
6. Aplikace minimalizuje informace o plodině.
7. Uživatel se na základě informací rozhodne, pro jakou plodinu chce grafy zobrazit, a kliknutím na plodinu si ji vybere.
8. Aplikace zobrazí grafy k zvolené plodině.

Tabulka 12: Příklad užití popisující výběr plodiny a kliknutí na tlačítko informace.



Obrázek 43: Na obrázku lze vidět situaci, kterou aplikace zobrazí po kliknutí na tlačítko informace popsané v tabulce 12.

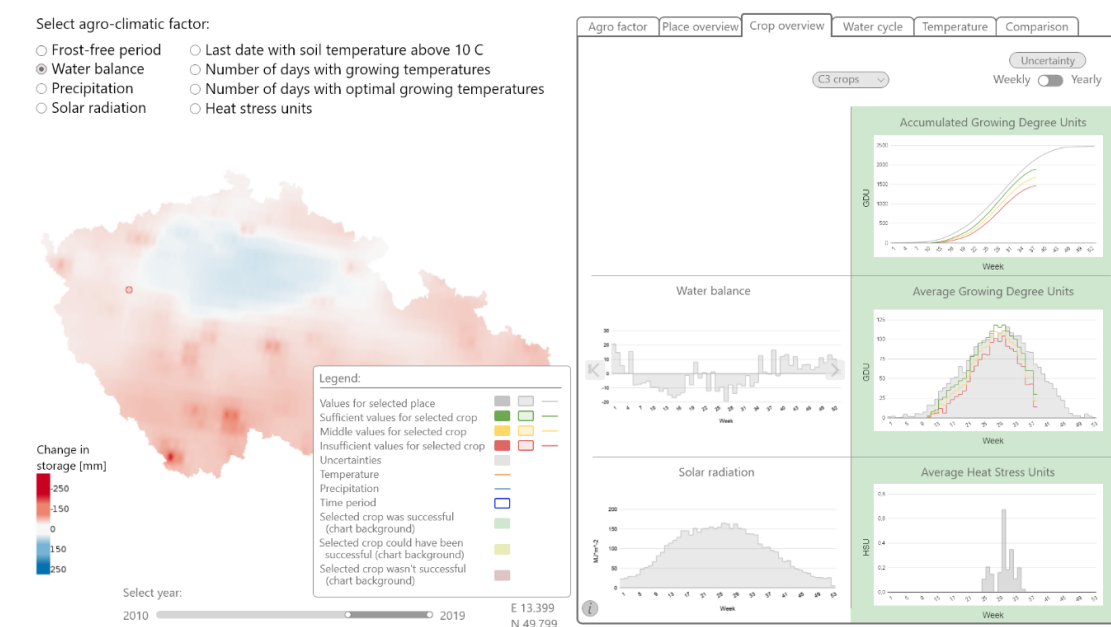
3.2.11 Zobrazení legendy pro grafy

Jak je již popsáno v kapitole 2.5.3, všechny grafy vyskytující se v návrhu aplikace mají jednotnou legendu. Pro její zobrazení je potřeba použití komponenty *Legend* nacházející se na každé záložce. Příklad užití je popsán v tabulce 13.

Specifikace případu užití	Uživatel stiskne komponentu <i>Legend</i> .
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).

Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>).
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel klikne na komponentu <i>Legend</i>. 2. Aplikace vedle záložky zobrazí legendu ke grafům (viz obrázek 44). 3. Uživatel klikne na tabulku s legendou nebo na komponentu <i>Legend</i>. 4. Legenda zmizí.

Tabulka 13: Příklad užití popisující zobrazení legendy.



Obrázek 44: Situace po použití komponenty *Legend*.

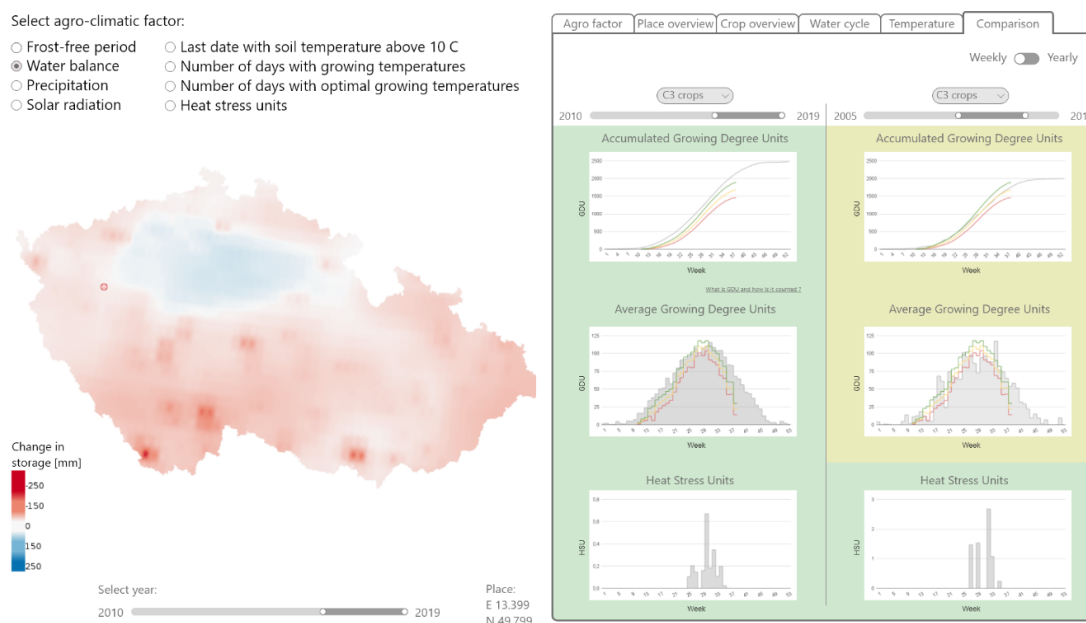
3.2.12 Změna časového období pro porovnávání plodin

Tento případ užití byl do návrhu aplikace přidán na základě konzultace popsané v kapitole 3.4.2 a vyskytuje se pouze na záložce „Comparison”. Funkcionalita časové osy je obdobná jako v případě užití popsaném v kapitole 3.2.4. Pouze na záložce „Comparison” se vyskytují osy dvě. Osy jsou vzájemně nezávislé a lze je volně posouvat, přičemž jejich posunutím nedochází ke změně časového období v mapě. K tomu nadále slouží časová osa popsaná v kapitole 3.2.4. Díky této funkci je uživateli umožněno porovnávat, jak se vybrané plodině dařilo v různých časových obdobích. Celý případ užití je popsán v následující tabulce 14.

Specifikace případu užití	Uživatel posune časovou osu na záložce „Comparison”.
Hlavní aktér	Uživatel aplikace (zemědělec).

Vstupní podmínky	Vybraný agroklimatický faktor (z komponenty <i>MainMenu</i>) a vybrané místo (pomocí komponenty <i>Map</i>). Zvolená záložka s názvem „Comparison”. Vybraná plodina pomocí komponenty <i>DropDownMenu</i> .
Hlavní scénář	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uživatel pohne s doplňkovou časovou osou na záložce „Comparison”. 2. Aplikace zobrazí agroklimatické faktory vypočítané pro zvolené časové období (viz obrázek 45).

Tabulka 14: Příklad užití popisující změny časového období pro porovnávání plodin.



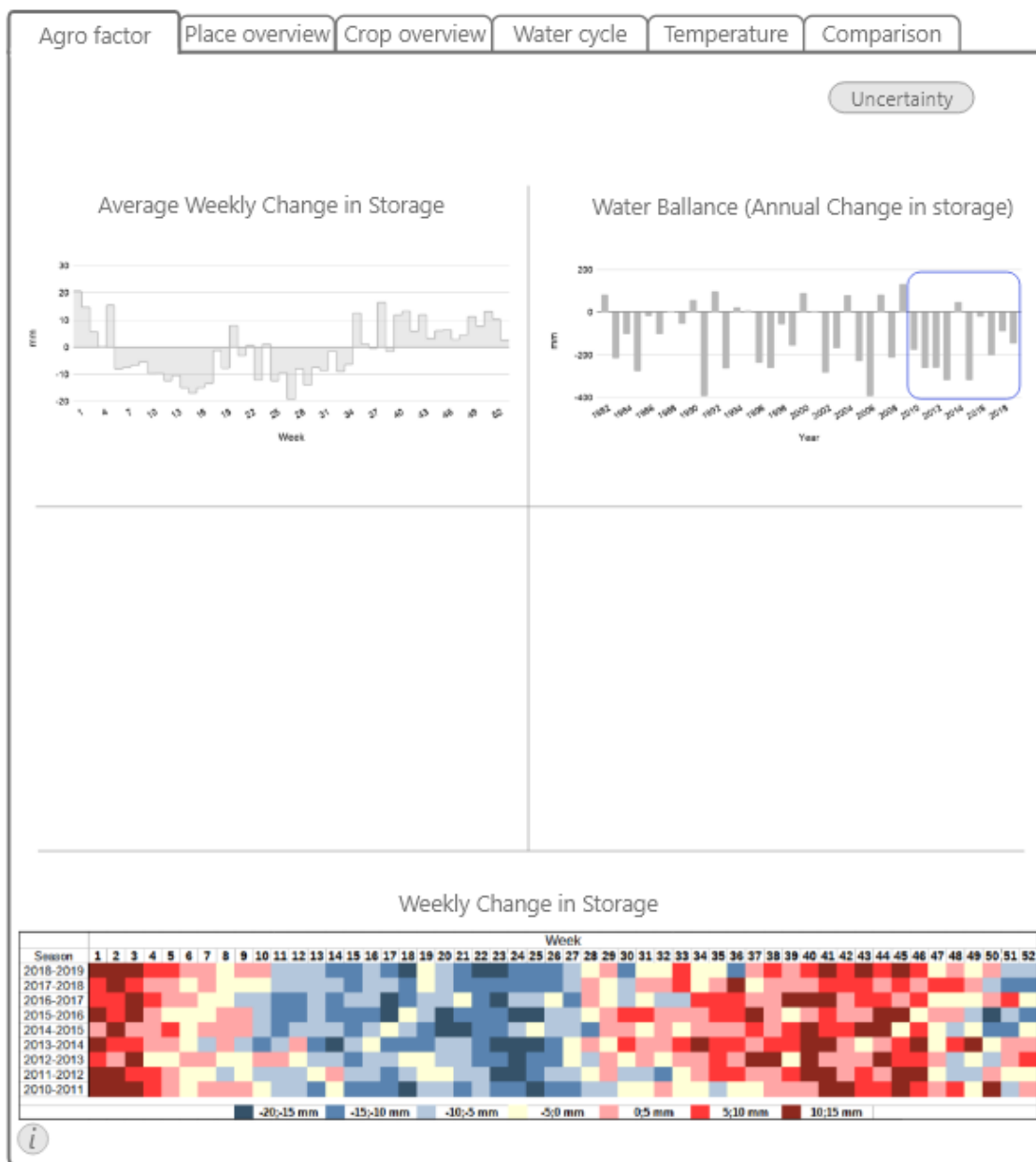
Obrázek 45: Ukázka porovnávání jedné plodiny v různých časových obdobích.

3.3 Uspořádání záložek

Následující kapitola stručně popisuje uspořádání a obsah jednotlivých záložek. Záložky jsou v aplikaci uspořádány podle důležitosti a podle obsahu, který se na nich nachází. Obsah záložek byl odvozen na základě kategorizace agroklimatických faktorů provedené v kapitole 1.2. Je proto možné, že některé faktory se vyskytují na vícero záložkách.

3.3.1 Záložka „Agro factor”

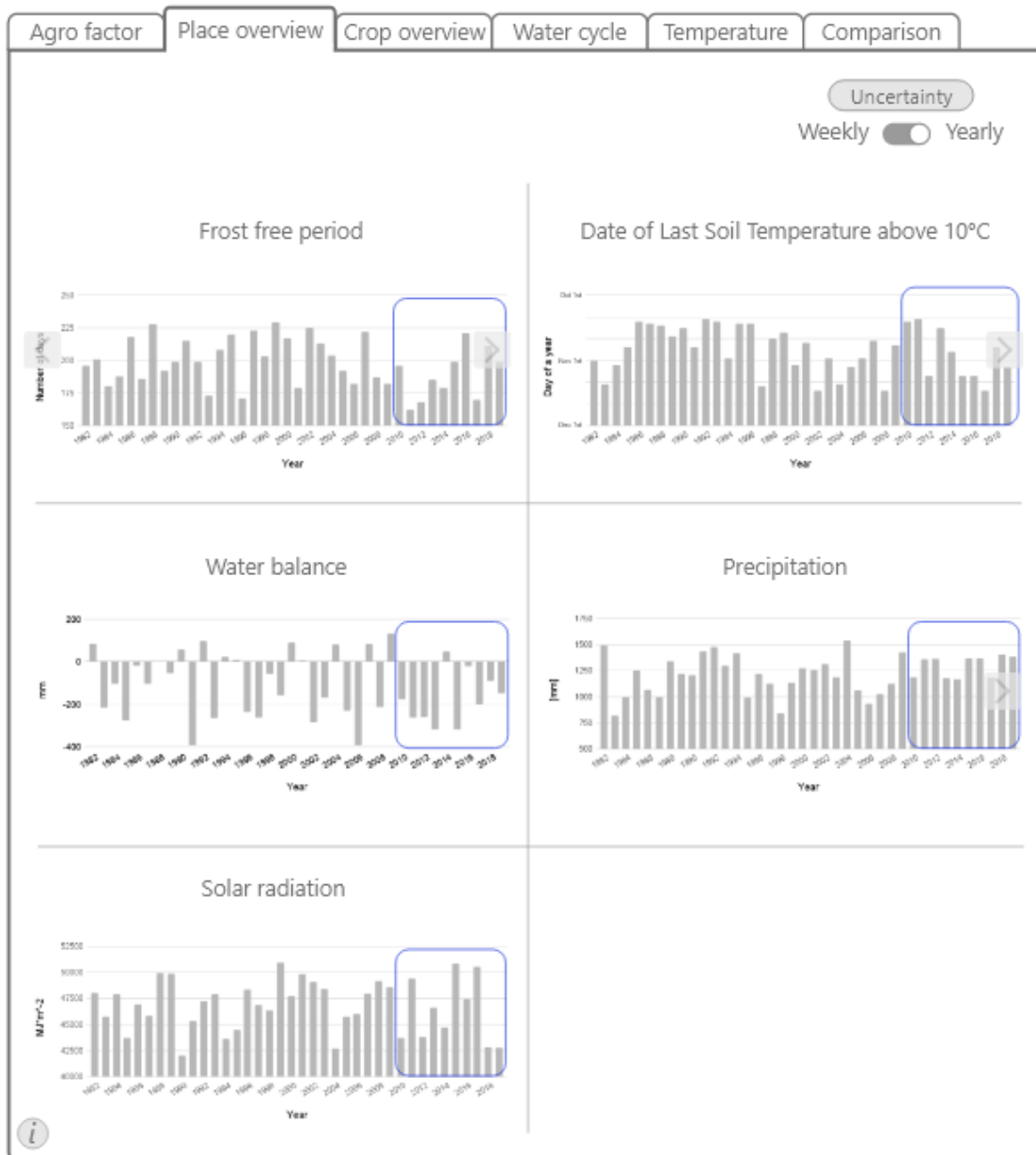
Na první záložce nesoucí název „Agro factor” se nachází grafy vztahující se k mapě. O tom, jaký agroklimatický faktor se na záložce zobrazí, rozhoduje výběr faktoru v hlavním menu. Pouze zde se nachází grafy v týdenním a ročním zobrazení souběžně. Uživateli jsou tak poskytnuty základní informace o průběhu dopředu vybraného faktoru najednou. Nenachází se zde komponenta *W/Y*, jejíž používání je popsáno v kapitole 3.2.7. Kromě týdenních a ročních grafů se zde pro zvolený faktor nachází i matice. Vzhled záložky je zobrazen na obrázku 46.



Obrázek 46: Uspořádání záložky „Factor” pro bilanci vody. Na záložce se nachází grafy: Průměrné týdenní změny v bilanci vody (vlevo nahoře), Roční bilance vody (vpravo nahoře) a matice zobrazující vodní bilanci v jednotlivých sezónách (dole).

3.3.2 Záložka „Place overview”

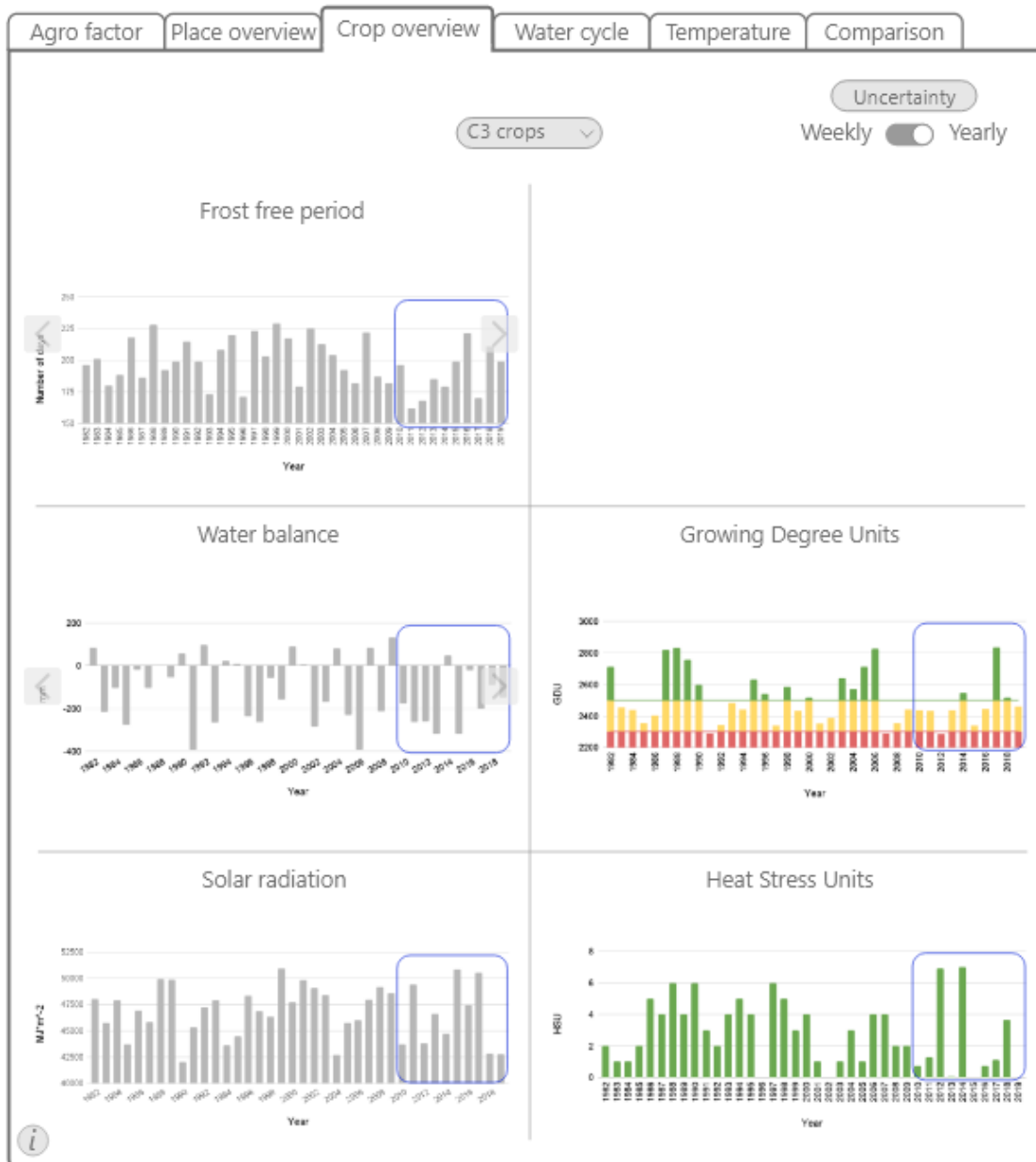
Záložka obsahuje základní faktory vztahující se k zvolenému místu na mapě. Jsou zde zobrazeny grafy agroklimatických faktorů jako jsou např.: nemrznoucí období, sluneční záření, vodní bilance, úhrn srážek. Záložka tak poskytuje základní informace o daném místě, a v případě potřeby dalších informací může uživatel pokračovat na záložky „Temperature” nebo „Water cycle”. Pomocí komponenty *W/Y* lze přepínat mezi týdenním a ročním zobrazením grafů. Dále se zde nachází i komponenta *Arrow* pro přepínání jednotlivých agroklimatických faktorů. Vzhled záložky je zobrazen na obrázku 47.



Obrázek 47: Uspořádání záložky „Place overview” pro roční zobrazení grafů.

3.3.3 Záložka „Crop overview”

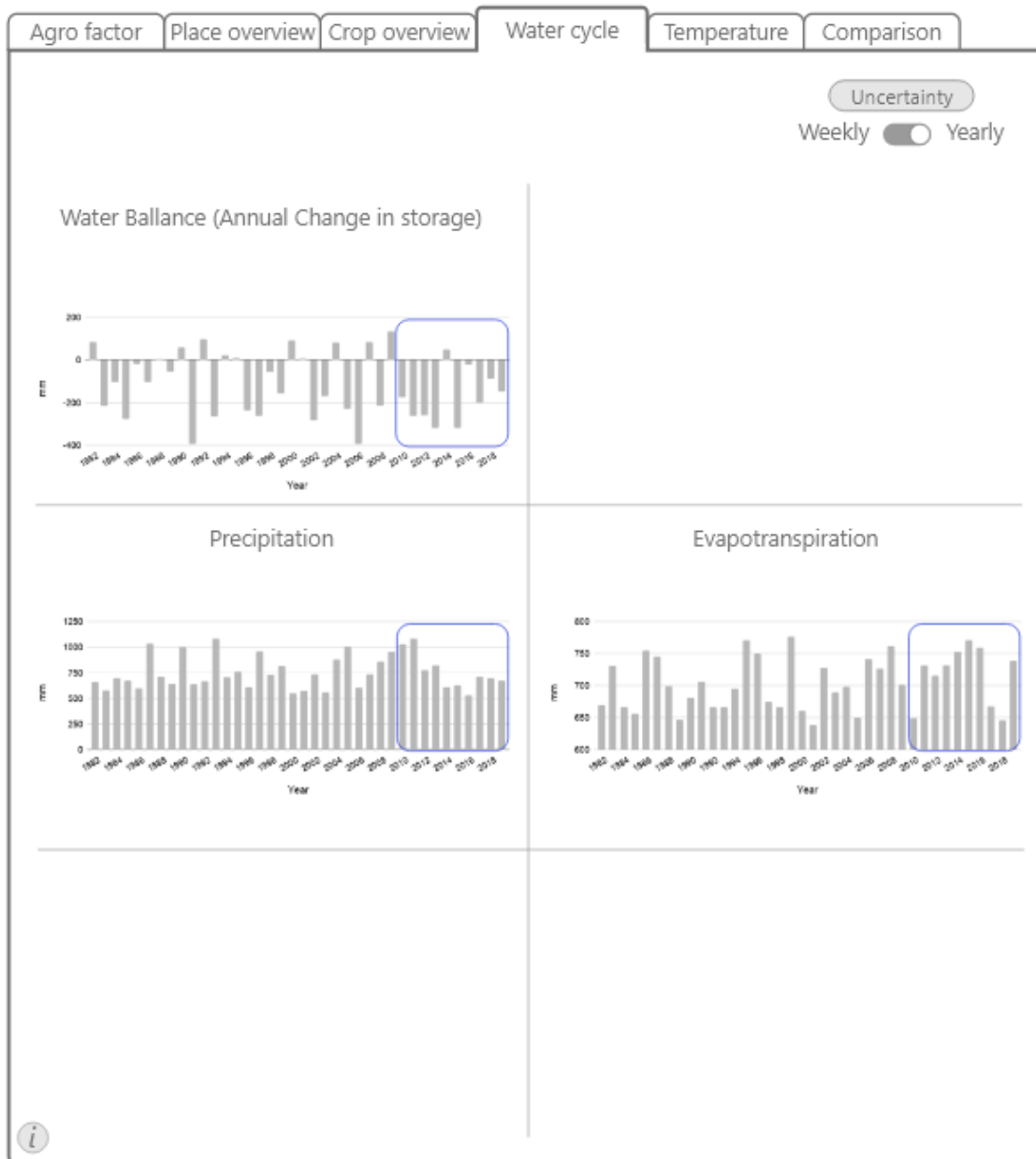
Záložka s názvem „Crop overview” obsahuje faktory vztahující se především k plodině. Aby uživatel mohl plodinu porovnávat s místem, vyskytují se zde i faktory vztahující se k vybranému místu. Na této záložce se nachází grafy popsané v kapitole 2.5.5 a semaforový systém popsaný v kapitole 2.5.7. Na základě těchto dvou informací se pak může uživatel rozhodovat jakou plodinu bude pěstovat. Vzhled záložky je zobrazen na obrázku 48.



Obrázek 48: Uspořádání záložky „Crop overview” pro roční zobrazení grafů. Pro přehlednost jsou grafy agroklimatických faktorů vztahujících se k místu umístěny na levé straně záložky a grafy vztahující se k plodině jsou umístěny na pravé straně.

3.3.4 Záložka „Water cycle”

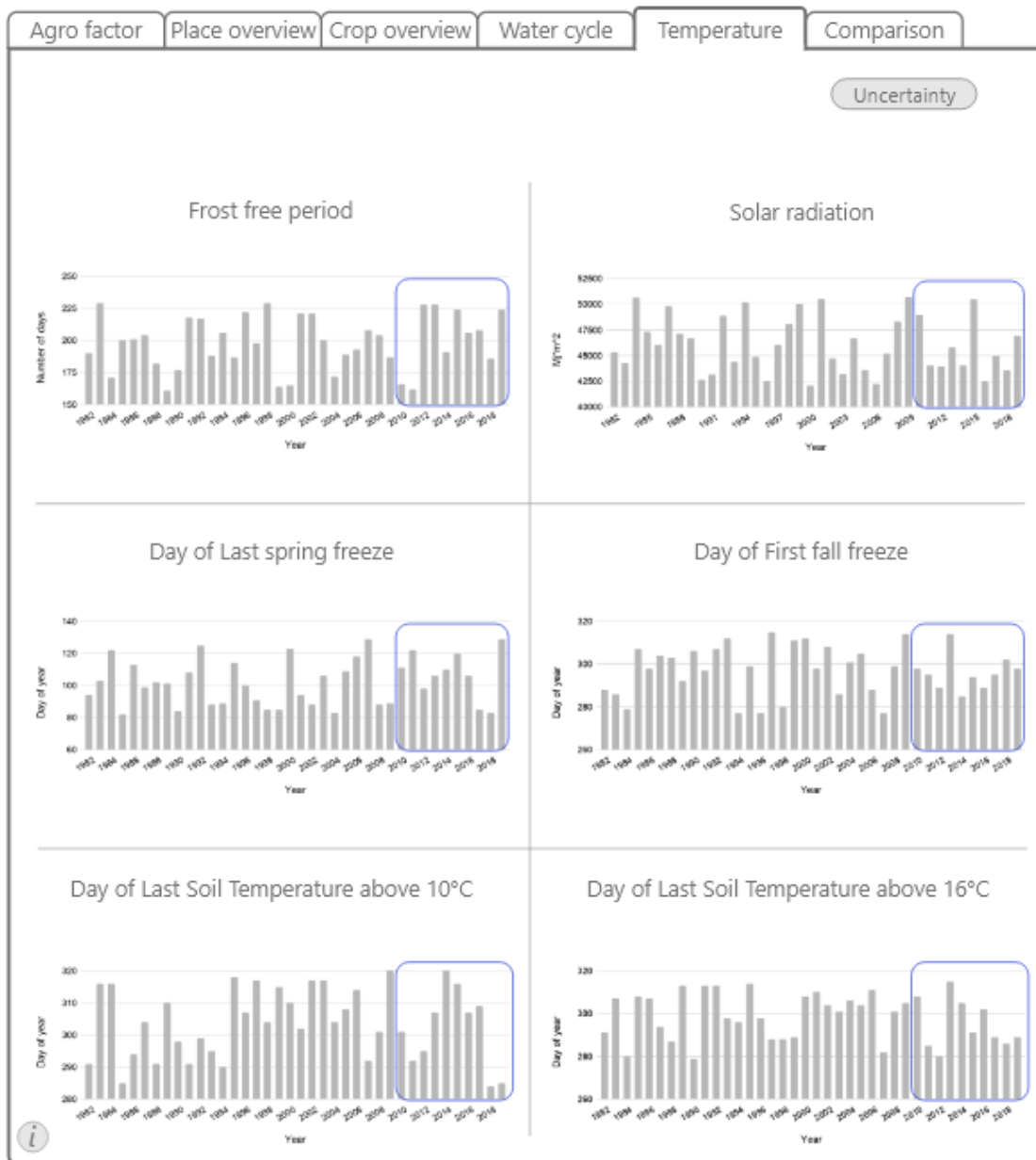
Na této záložce se nachází veškeré agroklimatické faktory týkající se vody, tj. množství spadlých srážek, evapotranspirace, vodní bilance. Některé z uvedených faktorů lze nalézt i na ostatních záložkách. Účelem této záložky je zobrazení faktorů se stejnou tematikou na jednom místě a možnost vzájemného pozorování faktorů mezi sebou. Rozvržení záložky lze vidět na obrázku 49.



Obrázek 49: Uspořádání záložky „Water cycle” pro roční zobrazení grafů.

3.3.5 Záložka „Temperature”

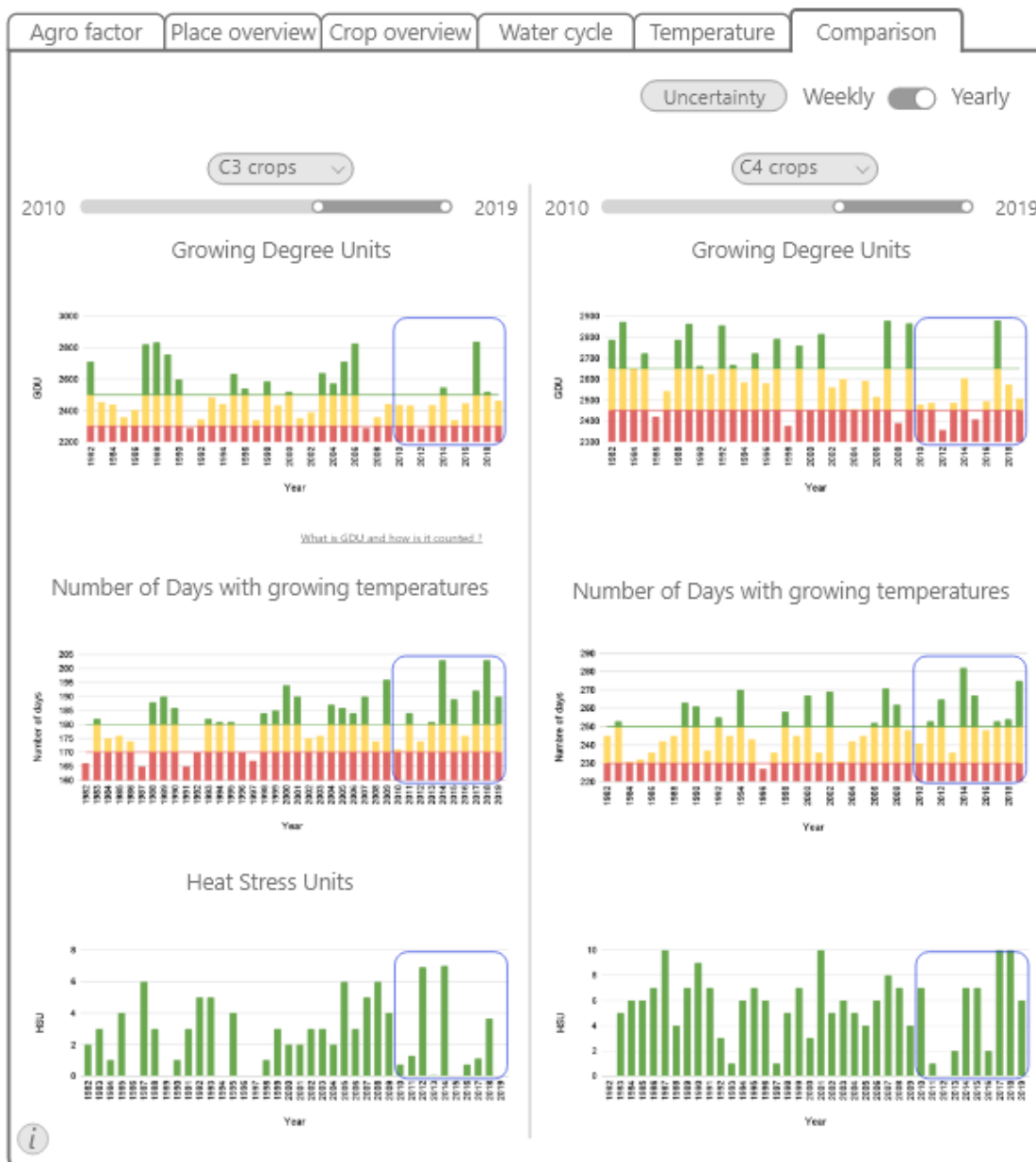
Jak napovídá samotný název, obsahem této záložky jsou agroklimatické faktory vztahující se k teplotě. Jsou zde tedy zobrazeny faktory jako např.: bezmrazové období, teplota půdy, sluneční záření. Některé z těchto faktorů lze nalézt i na jiných záložkách. Vzhled záložky je zobrazen na obrázku 50.



Obrázek 50: Uspořádání záložky „Temperature” pro roční zobrazení grafů.

3.3.6 Záložka „Comparison”

Tato záložka je rozdělena na dvě části a slouží k porovnávání plodin, které si uživatel předem zvolí. V každé části je možné vybrat libovolnou plodinu, pro kterou jsou pak zobrazeny všechny dostupné agroklimatické faktory. Záložku může uživatel využít v případě, že se rozhoduje mezi dvěma plodinami, jak je popsáno v kapitole 3.4.2, i pro porovnávání změny faktoru pro jednu plodinu v různém časovém období (viz kapitola 3.2.12). Stejně jako na ostatních záložkách i zde je možné přepínat mezi týdenními a ročními grafy. Vzhled záložky je uveden na obrázku 51.



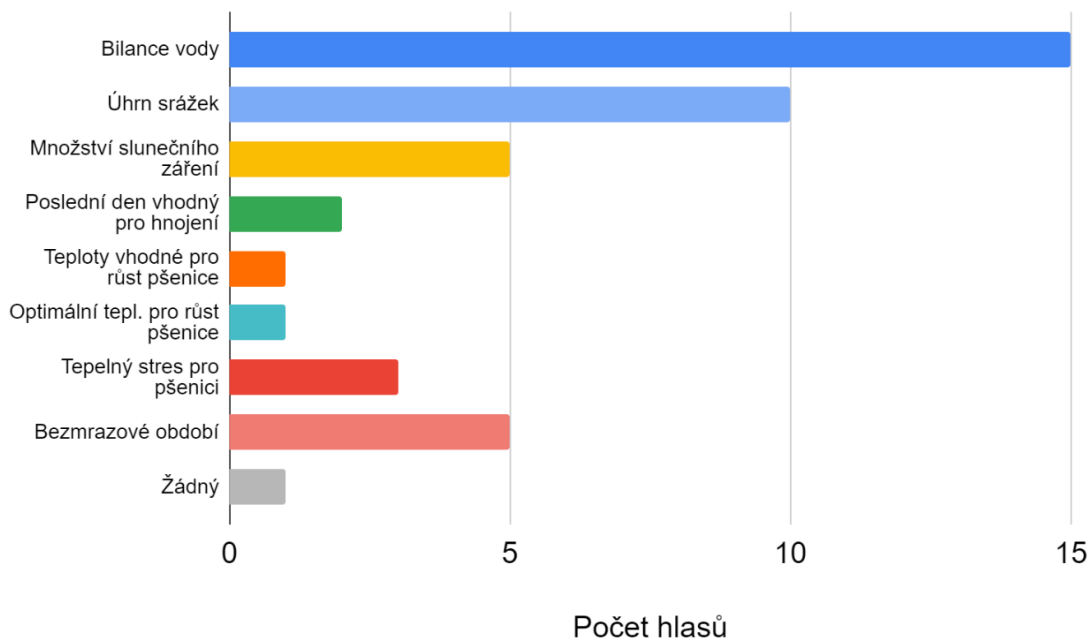
Obrázek 51: Uspořádání záložky „Comparison” pro roční zobrazení grafů.

3.4 Zpětná vazba

Následující kapitola se věnuje zpětné vazbě poskytnuté od uživatelů a konzultacím s vývojovým týmem.

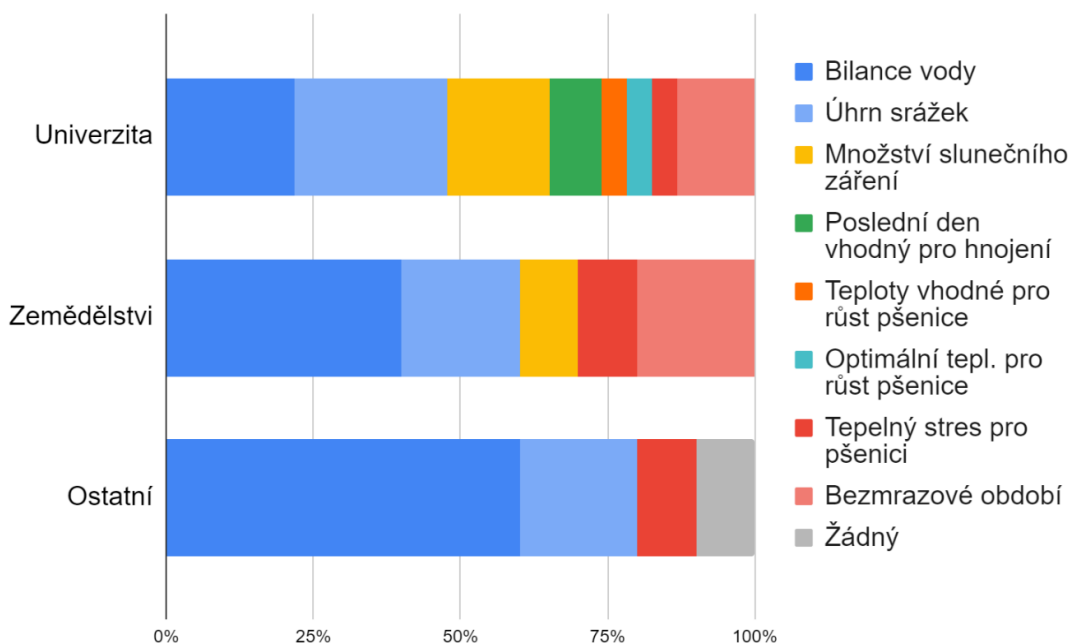
3.4.1 Informace z webináře

Dne 24. 3. 2021 se konal webinář v rámci projektu Otevřené jaro. [45] Webinář nesl název Klimatické služby pro zemědělství a byla na něm popsána a představena aplikace Agroklimatická analýza zmíněná v kapitole 2.1.1. [46] Kromě aplikace byl představen i rozpracovaný návrh aplikace popsany v kapitole 3. Proběhlo zde hlasování o využitelnosti prezentovaných agroklimatických faktorů, jehož výsledek je možné vidět na obrázku 52.



Obrázek 52: Výsledky hlasování o využitelnosti agroklimatických faktorů.

Celkem se hlasování zúčastnilo 30 hlasujících. Bylo možné vybrat více faktorů najednou a dohromady se sečetlo 43 hlasů. Účastníky webináře můžeme rozdělit do tří základních skupin. Výsledky hlasování v rámci jednotlivých skupin jsou uvedeny na následujícím obrázku 53.



Obrázek 53: Výsledky hlasování v rámci tří základních skupin. Barevný tón rozlišuje agroklimatické faktory. Šířka jednotlivých sloupců udává procentuální obsazení hlasů.

Výsledek hlasování ukazuje, že hlasující shledávají bilanci vody jako nejvíce využitelný agroklimatický faktor. Na základě výsledků, se po zapnutí aplikace zobrazí první faktor bilance vody. Jak je popsáno v kapitole 3.2.1.

3.4.2 Diskuze s vývojovým týmem

Jak je již výše uvedeno, hlavním cílem práce je vytvoření návrhu aplikace, který by následně sloužil jako podklad při vyvíjení výsledné aplikace s názvem Agroklimatický atlas. Autor se v průběhu vytváření návrhů zúčastnil řady konzultací s vývojovým týmem, jenž by v budoucnu s návrhem pracoval a využíval ho v rámci různých projektů. Na jedné z takovýchto konzultací se autor připojil do diskuze o podobě aplikace Agroklimatická analýza. [20] Výsledná aplikace nebude zaměřena pouze na Českou republiku, proto byl celý návrh tvořen v anglickém jazyce.

Dne 15. 4. 2021 proběhla konzultace, které se mimo jiné zúčastnil doc. Ing. V. Lukas, Ph.D. Tématem konzultace bylo předvedení maket navrhované aplikace a následné zjištění nedostatků a požadavků na vylepšení návrhu aplikace. Po doplnění těchto požadavků by bylo zemědělci, jakožto uživateli, umožněno provádění důkladnějších analýz.

Hlavní návrh na úpravu aplikace se týkal záložky „Comparison“, jež je popsána v kapitole 3.3.6. Návrhem bylo, aby záložka sloužila nejen k porovnávání dvou různých plodin v jednom časovém období, ale také k porovnávání stejné plodiny v různém časovém období. To by tedy znamenalo zavedení dvou nezávislých a volně posuvných časových os. Užitečnost této funkce je popsána pomocí následujícího příkladu: Uživatel pěstuje na poli stejnou plodinu po dobu deseti let. V posledních dvou letech se však plodině přestalo dařit a již nemá tak velký výnos. Příčinou situace jsou nejčastěji dva případy: buďto se podmínky na poli změnily, je tedy potřeba zasadit jinou plodinu, nebo jsou podmínky na poli stále stejné, ale zemědělec nevykonává správné kroky k zajištění úspěšnosti plodiny. Pomocí této funkce je zemědělec schopen odhalit, o jakou z těchto dvou příčin se jedná, a následně postupovat tak, aby zabránil dalšímu snížení výnosu. Na základě konzultace byla tato funkce do návrhu aplikace přidána. Její případ užití je popsán v kapitole 3.2.12.

Dalším výsledkem konzultace bylo přidání nové zobrazovací metody, konkrétně klima diagram popsáný v kapitole 2.5.6.

4 Diskuze

Výstupem bakalářské práce je interaktivní návrh aplikace, na jehož základě lze v budoucnu vytvořit výslednou webovou aplikaci, díky níž by byly uživateli předávány informace o průběhu agroklimatických faktorů v minulosti. Pomocí znalosti těchto informací je uživatel schopen vykonávat analýzy a správná rozhodnutí v oblasti zemědělství. Kromě návrhu vizuálu aplikace poskytuje bakalářská práce i základní popis interakcí uživatele s aplikací, které jsou detailně popsány pomocí případů užití. Návrh vizuálu a funkcionality aplikace je užitečný především pro vývojáře, kteří jej mohou využít při tvorbě aplikace.

Zobrazovací metody, kterými jsou v aplikaci sdělovány informace o průběhu agroklimatických faktorů, jsou navrženy na základě rešerše. Je využito grafů a map s rastrovými vrstvami, stejně jako je tomu ve většině aplikací a studií zabývajících se podobným tématem. Vedle klasických sloupcových grafů je využíváno speciálních matic s podobnou strukturou jako ve studii [16], jež jsou výhodné hlavně z hlediska vykonávání podrobnějších analýz (zkoumání jevu v rámci dvou časových intervalů). Pokud je to z hlediska dostupnosti dat možné, je u některých grafů zobrazena úspěšnost plodin v minulých letech pomocí speciálních grafů úspěšnosti. Pomocí grafů jsou také zobrazovány nejistoty k jednotlivým agroklimatickým faktorům.

Výsledný návrh aplikace je zpracovaný pomocí interaktivních maket, které lze chápat jako model doposud nevytvořené aplikace. [42] Funkcionalita navrhované aplikace je vysvětlena pomocí případů užití, které detailně popisují interakci uživatele s aplikací. Případy užití jsou popsány v tabulkách, jež by později měly sloužit jako pomůcka při vytváření výsledné aplikace.

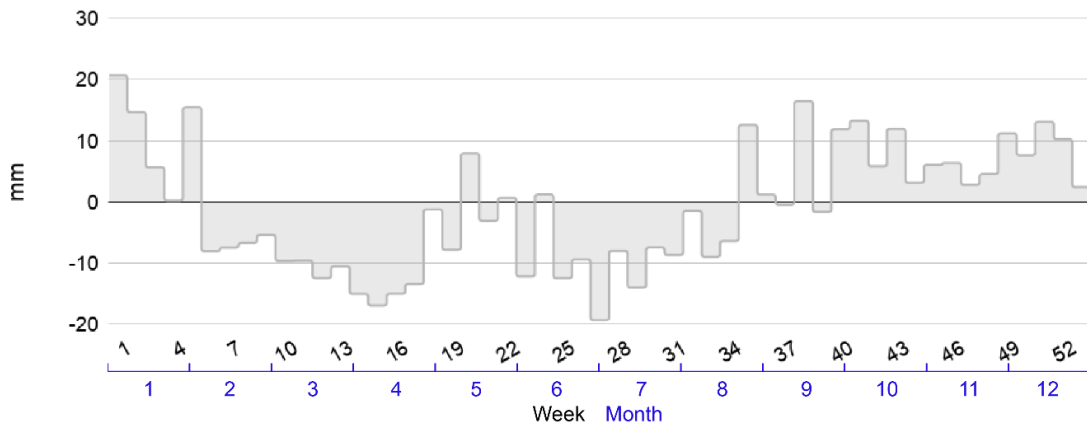
Kromě odvození zobrazovacích metod, vytvoření a popsání návrhu aplikace se autor účastnil řady konzultací s vývojovým týmem, jenž bude na základě návrhu vytvářet aplikaci.

V případě větší časové dotace by mohlo dojít k dalším úpravám a doplnění návrhu aplikace. Například by mohlo v budoucnu dojít k přidání dalších funkcí a jejich popsání pomocí případů užití.

Pokud by byla dostupná data týkající se růstových a vodních modelů plodin, dalo by se vytvořit větší množství grafů úspěšnosti. Zavádění dalších datových řad může vést k velkému grafickému zatížení, grafy by se staly nečitelnými. Popřípadě by se mohla implementovat jiná zobrazovací metoda, např.: speciální diagram využívaný ve studii Místní analýza klimatických rizik pro plodinu, monitorování a predikce. [34]

Dále by mohlo dojít k zavedení značek k jednotlivým grafům, jež by sloužily pro asociaci s hodnotami, které znázorňují. Díky značkám by byla aplikace uživatelsky přívětivější. Uživatel by tak při opakovaném používání aplikace nemusel číst názvy grafů.

K uživatelské přívětivosti by také přispělo zavedení druhé horizontální osy X u týdenních grafů. Ta by poukazovala například na měsíce (viz obrázek 54), čtvrtletí apod. Díky druhé ose by byl uživatel schopen lépe se orientovat v čase.



Obrázek 54: Týdenní graf vodní bilance s přidanou horizontální osou X ukazující jednotlivé měsíce.

V rámci práce byla získána zpětná vazba od uživatelů, kterým byl návrh aplikace prezentován. V budoucnu by však z hlediska vývoje aplikace bylo vhodné získat zpětnou vazbu od většího množství uživatelů.

5 Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je interaktivní návrh aplikace pro zemědělce, na základě kterého lze v budoucnu vytvořit plnohodnotnou aplikaci.

Návrh aplikace byl v práci vypracován pomocí interaktivních maket, jež názorně ukazují, jak by aplikace v budoucnu měla vypadat a fungovat. Funkcionalita aplikace byla detailněji popsána pomocí případů užití, díky kterým je vysvětlena interakce uživatele s aplikací. Pro předání informace o průběhu agroklimatických faktorů bylo v práci využito různých grafů a map. Způsob vizualizace byl odvozen na základě provedené rešerše. Součástí práce je také autorova účast na konzultacích s vývojovým týmem, který se bude zabývat vytvářením aplikace.

V první kapitole byly popsány agroklimatické faktory, jež byly následně použity v návrhu aplikace. Dále zde byly faktory rozříděny do jednotlivých kategorií, podle kterých došlo k rozvržení záložek v návrhu aplikace.

Druhá kapitola se věnovala rešerši zobrazovacích metod využitých v pracích a studiích s podobným cílem. Ukázalo se, že pro vizualizaci agroklimatických faktorů a klimatických dat je nejvíce využíváno grafů a map. Následně se kapitola věnuje v práci používaným zobrazovacím metodám, jež byly odvozeny na základě provedené rešerše.

Třetí kapitola je věnována samotnému návrhu vizuálu a funkcionality aplikace. Návrh byl proveden pomocí interaktivních maket dostupných na webu. Funkcionalita navrhované aplikace byla popsána pomocí případů užití, díky nimž byla vysvětlena interakce uživatele s aplikací. V kapitole je popsána zpětná vazba, jež posloužila pro zavedení dalších funkcí.

Výsledkem bakalářské práce je interaktivní návrh aplikace s názvem Agroklimatický atlas. Návrh je užitečný hlavně z hlediska dalšího vývoje aplikace. Autor v práci neměří, či nevypočítává data, ale snaží se je předávat srozumitelnou formou ověřenou na konzultacích.

Seznam použité literatury

- [1] VALEŠ, Jiří. *Agro-klimatické faktory Plzeňského kraje*. Plzeň, 2020. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. Vedoucí práce Ing. Karel JEDLIČKA, Ph.D.
- [2] Elektronický meteorologický slovník: Výklad hesel podle písmene F [online]. Česká meteorologická společnost, 2017 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/vyklad/cs/f>
- [3] *Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: Nízké teploty a rostliny* [online]. Brno: FRVŠ, 2011 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_soubory/Page1025.htm
- [4] USTRNUL, WYPYCH, WINKLER a CZEKIERDA3. *Late Spring Freezes in Poland in Relation to Atmospheric Circulation. Quaestiones Geographicae*. 2014, 2014, 166-172. Dostupné z: doi:10.2478/quageo-2014-0039
- [5] Sawyer, John. *Fall Nitrogen Applications and Soil Temperature* [online]. 2014. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2014/10/fall-nitrogen-applications-and-soil-temperature>
- [6] HOLLINGER, S. E., Angel, J.R. *Illinois Agronomy Handbook: Weather and Crops* [online]. 2012 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter01.pdf>
- [7] KODÍČEK, Milan. *Biochemické pojmy - výkladový slovník*. 1. TRANSFORMAČNÍ ROZVOJOVÝ PROGRAM MŠMT ČR, 2004. ISBN ISBN 80-7080-551-X.
- [8] NDAWN Centre: North Dakota Weather Network [online]. Copyright © 2000-2021, 2000 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://ndawn.ndsu.nodak.edu/>
- [9] Wheat Growing Degree Days. *NDAWN Centre: North Dakota Weather Network: Wheat Growth Stage Prediction Using Growing Degree Days (GDD)* [online]. North Dakota: Copyright © 2000-2021, 2000 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://ndawn.ndsu.nodak.edu/help-wheat-growing-degree-days.html>
- [10] *Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: Teplo* [online]. Brno: FRVŠ, 2011 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_sklad/frvs/hrudova/index_soubory/Page833.htm
- [11] *INDICATIVE VALUES OF CROP WATER NEEDS AND SENSITIVITY TO DROUGHT. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* [online]. Itálie: ©FAO 1986 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/s2022e/s2022e07.htm#3.3.2%20crop%20water%20need%20calculation%20example>
- [12] HOUDEK, Tomáš. *Metody stanovení evapotranspirace a její hodnoty v České republice*. České Budějovice, 2012. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Vedoucí práce Ing. Václav Bystřický.
- [13] *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* [online]. Itálie: ©FAO, 2001 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/s2022e/s2022e00.htm#Contents>

- [14] FRANCESCO, Vuolo, Essl LAURA a Atzberger CLEMENT. *Costs and benefits of satellite-based tools for irrigation management*. *Frontiers in Environmental Science*. 2015, 2015(3), 52. ISSN 2296-665X. Dostupné z: doi:10.3389/fenvs.2015.00052
- [15] *IGI Global: What is WebGIS* [online]. Copyright © IGI Global, 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.igi-global.com/dictionary/online-urban-information-systems/32458>
- [16] FELIX, Rembold, Meroni MICHELE a Urbano FERDINANDO. *Remote sensing time series analysis for crop monitoring with the SPIRITS software: new functionalities and use examples*. *Frontiers in Environmental Science*. 2015, 2015(3), 46. ISSN 2296-665X. Dostupné z: doi:10.3389/fenvs.2015.00046
- [17] What is NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)? *GISGeography* [online]. gisgeography.com, 2020 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>
- [18] The Climate Explorer [online]. USA [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://crt-climate-explorer.nemac.org/>
- [19] Klimatická změna.cz [online]. Brno: © 2021 Klimatická změna [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/>
- [20] *Agroklimatická analýza* [online]. 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://www.agrihub.cz/hsl-ng/AgroClima/?hs_panel=info&hs_x=-689718.6155029256&hs_y=-1089811.5522644492&hs_z=7.188805277163321&lang=cs&visible_layers=Po%C4%8Det%20dn%C5%AF%20bez%20mrazu
- [21] *ECMWF: ERA5-Land* [online]. © European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 2020 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.ecmwf.int/en/era5-land>
- [22] JEDLIČKA, Karel, Jiří VALEŠ, Pavel HÁJEK, Michal KEPKA a Martin PITOŇÁK. *Calculation of Agro-Climatic Factors from Global Climatic Data*. *Applied Sciences* [online]. 2021, roč. 11, č. 3, s. 1245. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app11031245
- [23] PACIFIC CLIMATE IMPACTS CONSORTIUM: Pacific climate explorer [online]. Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC) [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: https://services.pacificclimate.org/pcex/app/#/data/climo/ce_files
- [24] Climate Atlas of Canada [online]. Kanad: © 2021 PRAIRIE CLIMATE CENTRE, 2019 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://climateatlas.ca/data-sources-and-methods>
- [25] HÁJEK, Pavel. *Virtuální 3D mapy z pohledu kartografie*. Plzeň, 2018. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. Školitel Doc. Ing. Václav ČADA, CSc.
- [26] TAN, L., R. HALEY, R. WORTMAN a Q. ZHANG. *An extensible and integrated software architecture for data analysis and visualization in precision agriculture*. 2012 IEEE 13th International Conference on Information Reuse & Integration (IRI). 2012, 2012, 7. Dostupné z: doi:10.1109/IRI.2012.6303020

- [27] *3D visualisation of agroclimatic factors* [online]. 2020 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://app.hslayers.org/project-agro-climatic/?hs_x=1452777.8396518824&hs_y=6355469.183800302&hs_z=10&visible_layers=Open%20street%20map%3BLOGP%20for%20C3%20crops%20%5Bin%20days%5D%3BSolar%20radiation%20%5Bin%20MJ%2Fm2%2Fyear%5D&view=3d
- [28] JEDLIČKA, Karel; CHARVÁT, Karel. *Visualisation of big data in agriculture and rural development*. In: IST-Africa 2018, session 10-11th of May 2018. IST-Africa 2018 conference proceedings. [Dublin: IST-Africa Institute], 2018, [cit. 27.9.2020], s. [1-8]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29872/1/Jedlicka.pdf>
- [29] *Plan4all: Open Land Use* [online]. 2020 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://hub.plan4all.eu/cs/olu>
- [30] *European Environment Agency* [online]. Creative commons license, 2021 [cit. 2021-3-8]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>
- [31] *3D-OLU pilot* [online]. DataBio Project, 2017 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: [https://app.hslayers.org/3d-olu/?hs_x=1208534.8815206578&hs_y=5761821.705531779&hs_z=16&visible_layers=Open-Land-Use%20\(WMS\);Points%20of%20interest&view=3d](https://app.hslayers.org/3d-olu/?hs_x=1208534.8815206578&hs_y=5761821.705531779&hs_z=16&visible_layers=Open-Land-Use%20(WMS);Points%20of%20interest&view=3d)
- [32] ČÚZK: *Státní správa zeměměřictví a katastru* [online]. Praha: Copyright © 2021 ČÚZK, 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>
- [33] *Rostěnice pilot* [online]. DataBio Project, 2017 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: https://app.hslayers.org/project-rostenice/?hs_x=1873397.9592137148&hs_y=6287629.037420371&hs_z=15&visible_layers=Yield%20potential%20Rostenice;Machinery%20tracklines;Weather%20forecast%20locations&view=3d
- [34] GOBIN, Anne, Christoph RAMSHORN a Karl GUTBROD [online]. *Climate risk services for cereal farming. Adv. Sci. Res.* 2021, 2021(18), 21-25 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/asr-18-21-2021>
- [35] *CORDIS EU research results: European e-Infrastructure for Extreme Data Analytics in Sustainable Development* [online]. 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://cordis.europa.eu/project/id/777549>
- [36] JIA a LUO. *A modified climate diagram displaying net water requirements of wetlands in arid and semi-arid regions*. *Agricultural Water Management* [online]. 2009, 2009(96), 1339-1343 [cit. 2021-5-8]. ISSN ISSN 0378-3774. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.006>
- [37] ZEPNER, Laura, Pierre KARRASCH, Felix WIEMANN a Lars BERNARD. *ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform*. *International Journal of Digital Earth* [online]. 2021, 14(3), 338-356 [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>
- [38] GOOGLE. *Google Sheets* [software]. 9. března 2006 [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.google.com/sheets/about/>
- [39] JENKO, Maxim. *Principy návrhu moderní webové aplikace*. Liberec, 2016. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Klára Antlová, Ph.D.

- [40] ARLOW, Jim a Ila NEUSTADT. *UML 2 and the unified process: practical object-oriented analysis and design*. Boston: Addison-Wesley, 2005. ISBN 0321321278.
- [41] JEDLIČKA, Karel. *Geomorfologický informační systém*. Ostrava, 2010. Disertační práce. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
- [42] *Cambridge Dictionary: mock-up* [online]. © Cambridge University Press 2021, 2021 [cit. 2021-4-28]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/mock-up>
- [43] ADOBE SYSTEMS Incorporated. Adobe XD [software]. Verze 32.2.22.2. San Jose: Adobe systems, 2015.
- [44] <https://xd.adobe.com/view/65199b72-db2f-420a-ae2-bc90dc83aaea-304a/>
- [45] Otevřené jaro [online]. Copyright © otevrenejaro.cz, 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.otevrenejaro.cz/>
- [46] Otevřené jaro: Webinář 11: Klimatické služby pro zemědělství – ZÁZNAM [online]. Copyright (C) otevrenejaro.cz, 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.otevrenejaro.cz/2021/03/24/webinar-11-klimaticke-sluzby-pro-zemedelstvi-zaznam/>
- [47] PIXELMATOR TEAM Ltd.. Pixelmator [software]. 25. září 2007 [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: <https://www.pixelmator.com/pro/>

Příloha A – postup tvorby interaktivních maket

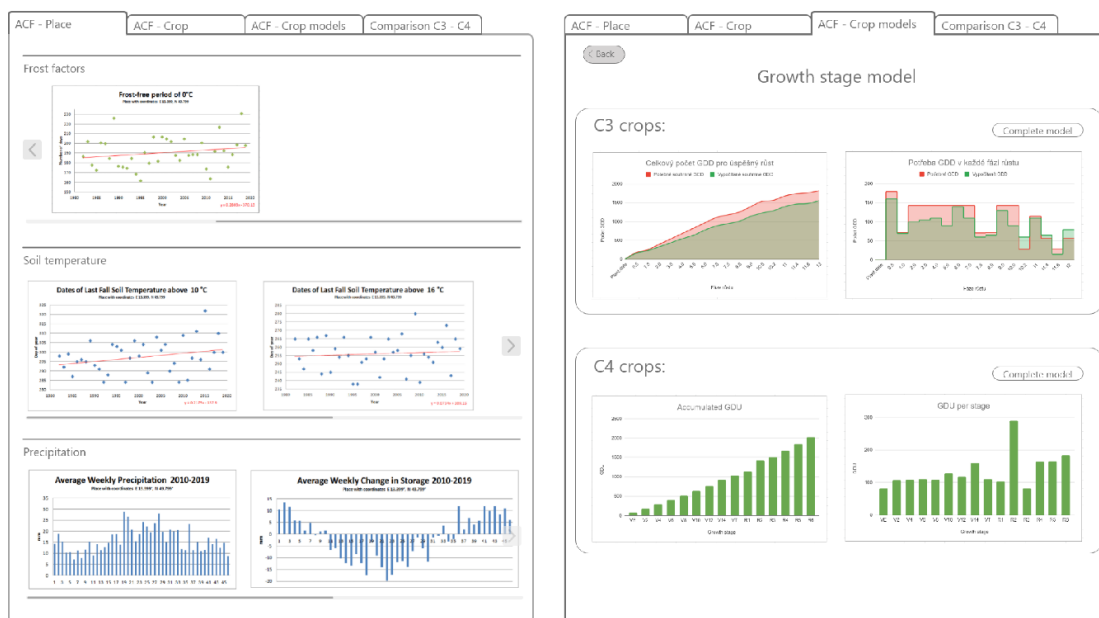
Následující příloha se věnuje popsání postupu vývoje návrhu aplikace, který je v práci vypracován pomocí interaktivních maket. Jsou zde popsány hlavní kroky vývoje a jednotlivé verze maket.

V první fázi vývoje návrhu aplikace se autor seznámil se softwary, jež následně využil při tvorbě maket.

První návrh aplikace byl vytvořen v softwaru Pixelmator [47], což je software zaměřený převážně na úpravu fotografií. Výsledkem byly pouze samostatné obrázky, u nichž není zajištěna interaktivita, pro vývojáře tím pádem není názorně ukázána funkcionality navrhované aplikace.

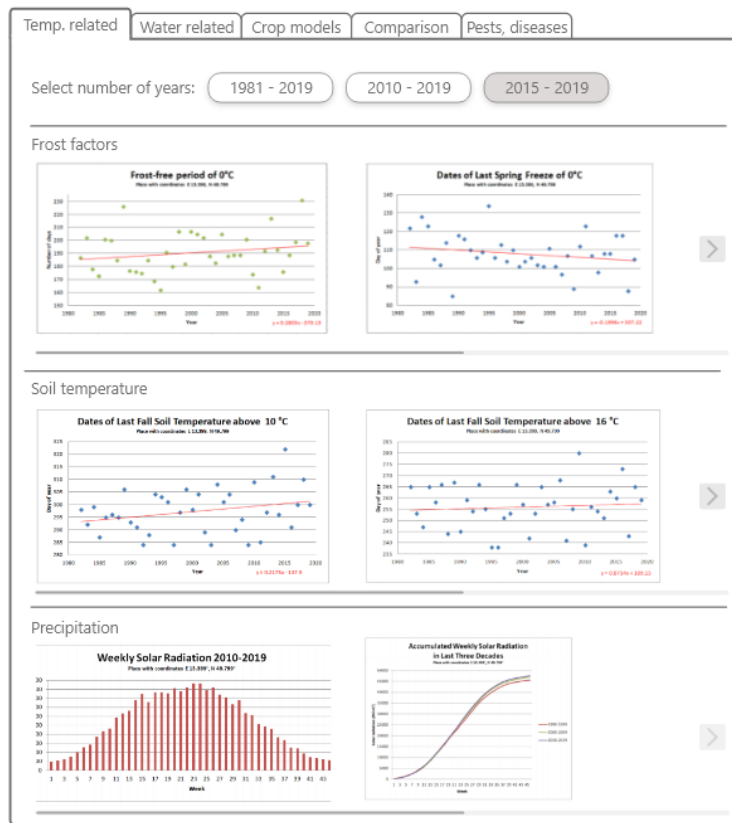
Z toho důvodu se autor rozhodl pro vytváření maket v softwaru AdobeXD [43], který má mnohem více funkcí a je v něm umožněno propojování snímků. Výsledný návrh je tedy interaktivní a funguje do určité míry stejným způsobem jako výsledná aplikace. Funkcionality je pak v práci ještě detailněji popsána pomocí případů užití, díky kterým je vývojář schopen vytvořit výsledný produkt.

Konečnému návrhu aplikace předcházelo množství jiných verzí. Ty hlavní jsou zde krátce popsány. První verze maket neobsahovala žádnou mapu, nebylo možné nastavovat časové období, vybírat plodinu. Vyskytovaly se zde pouze čtyři záložky, které se dochovaly až do poslední verze. Jinou formou bylo řešeno rozložení a přepínání grafů na záložkách (viz obrázek A1).



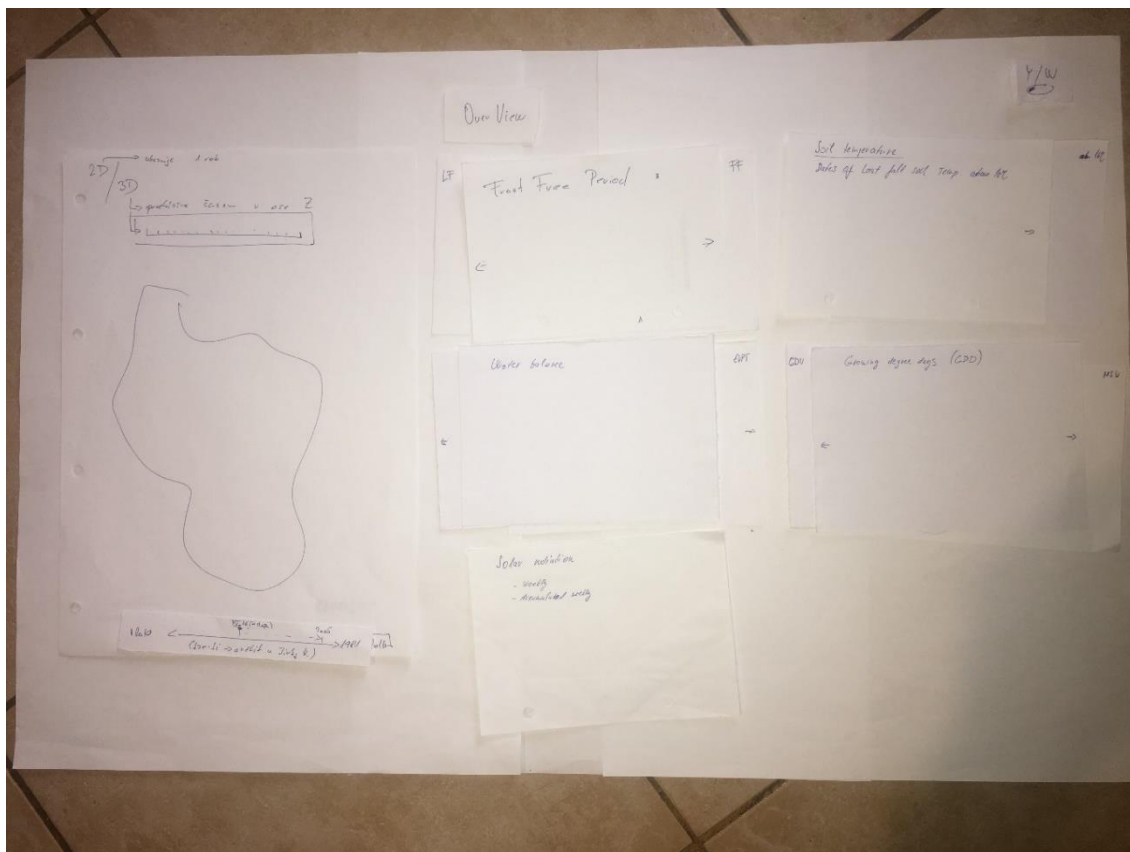
Obrázek A1: Podoba a rozložení záložek v první verzi navrhované aplikace.

V druhé verzi došlo k přejmenování a přeorganizování některých záložek. Do návrhu se přidaly informace z růstového modelu. Došlo i k přidání výběru časového období, jehož změna byla řešena pomocí tlačítek (viz obrázek A2).



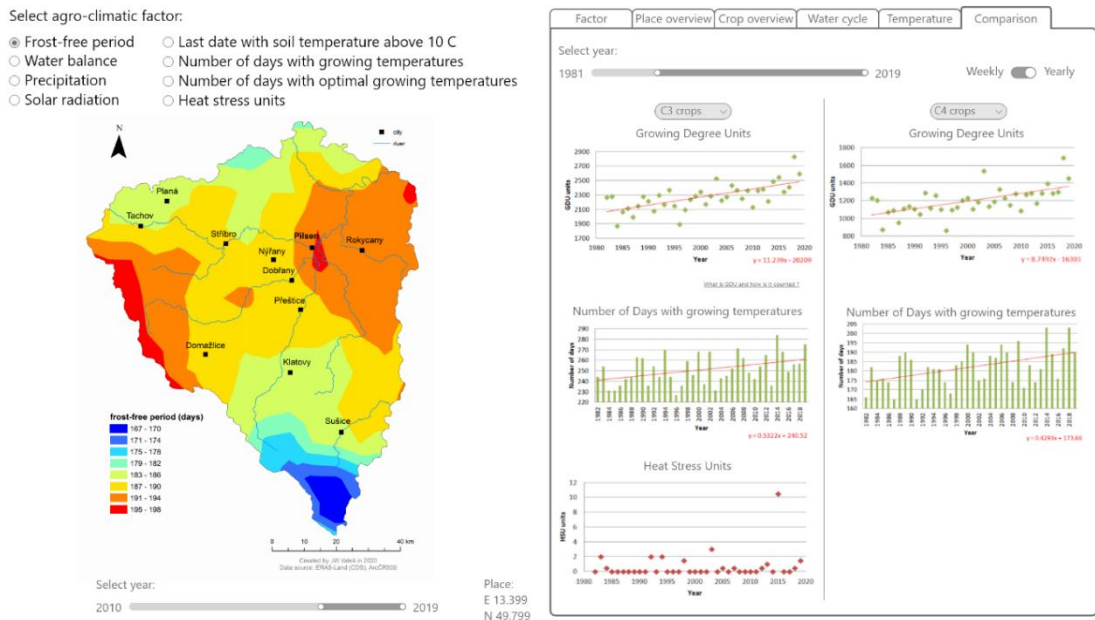
Obrázek A2: Druhá verze maket. Na vrchní části záložky přibyla tlačítka na výběr časového období.

Před tvořením další verze návrhu aplikace autor nejprve rozmyslel základní rozvržení GUI (viz obrázek A3).



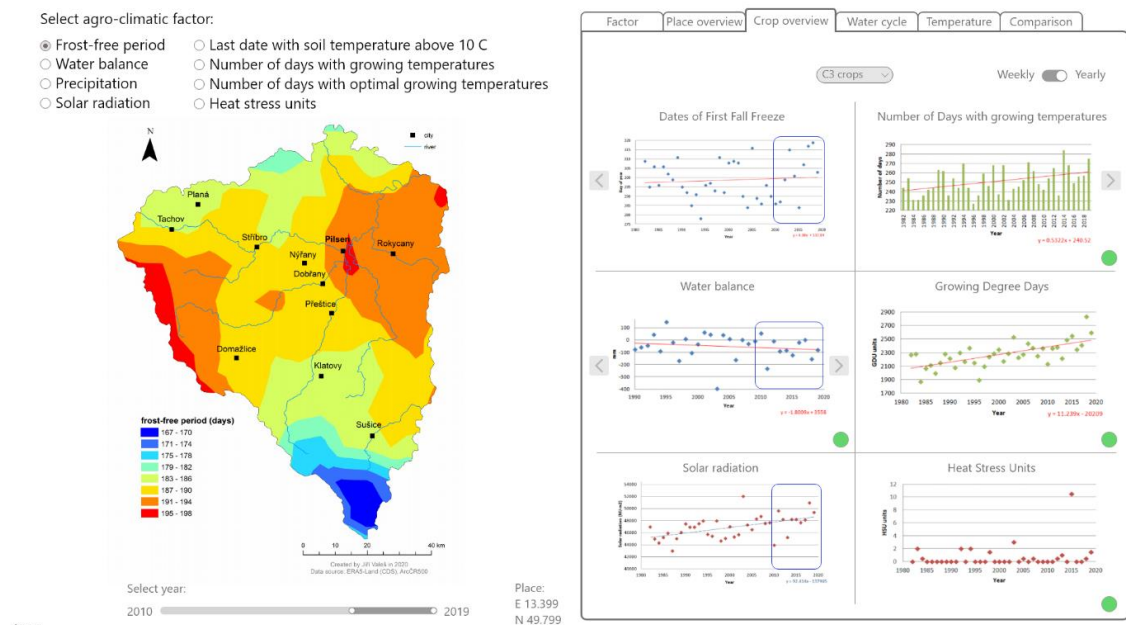
Obrázek A3: Rozvržení GUI pro budoucí tvorbu návrhu aplikace.

Na základě rozvržení pak byla v další fázi vývoje do návrhu přidána celá řada funkcí. K záložkám se také poprvé přidala mapa sloužící pro výběr místa, pro které chce uživatel faktory zobrazit. Pro výběr časového období byla zavedena časová osa a pro výběr agroklimatického faktoru došlo k zavedení hlavního menu. Nově šlo také přepínat mezi ročním a týdenním zobrazením grafů. Na záložce „Comparison“ se poprvé objevilo menu pro výběr plodiny (viz obrázek A4).



Obrázek A4: Třetí verze návrhu aplikace. Lze pozorovat existenci dvou časových os pro nastavování časového období.

V předposlední verzi došlo k upravení některých funkcí. Autor přidal modrý obdélník, který v grafech vymezoval vybrané časové období. Výběr plodiny byl přidán i na záložku „Crop overview“ (viz obrázek A5). Také se zavedl semaforový systém, který měl podobu koleček.



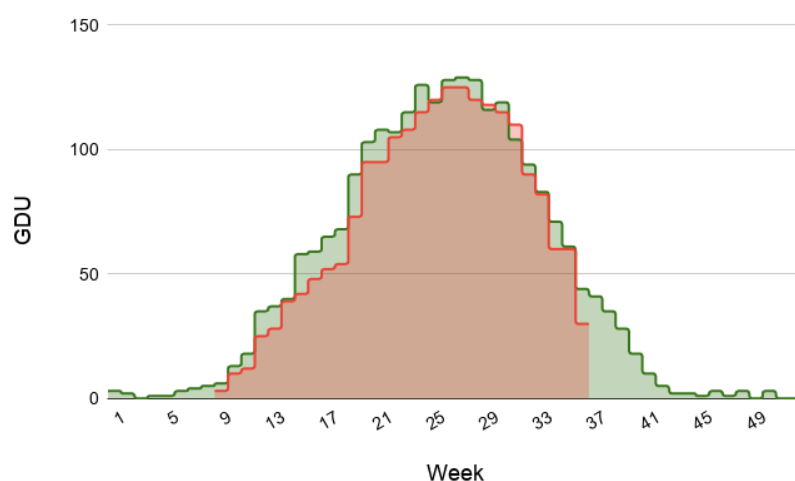
Obrázek A5: Předposlední verze navrhované aplikace.

V poslední fázi došlo ke změně vektorové vrstvy na rastrovou. Aktualizoval se semaforový systém. Místo koleček se vyskytuje barevné podbarvení. Na záložky přibylo tlačítko pro zobrazování nejistot a došlo ke kompletnímu úpravě grafů. Grafy mají nově jednotnou podobu a jsou založeny na skutečných datech. Ke grafům je vytvořena jednotná legenda, která se zobrazí po stisknutí tlačítka. Popis poslední verze je uveden v kapitole 3.

Příloha B – postup tvorby grafů úspěšnosti a grafů nejistot

Také zobrazovací metody, jejichž konečná podoba je popsána v kapitole 2.5, prošly při vytváření návrhu aplikace řadou úprav. K největším změnám došlo u grafů úspěšnosti a u grafů zobrazující nejistoty, jejichž tvorba je obsahem následující přílohy.

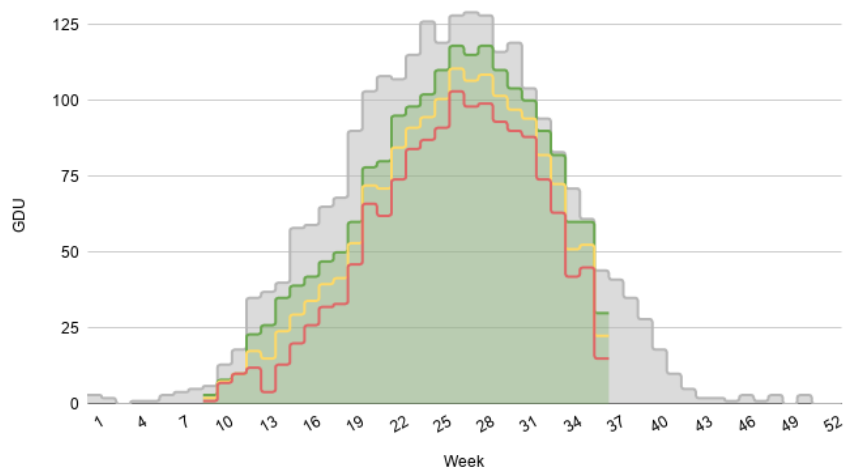
Při vytváření grafů s vícero řadami je potřeba dbát na grafické zatížení. V případě přítomnosti velkého množství řad může dojít k jeho nečitelnosti. Graf úspěšnosti slouží v aplikaci k předání informace o úspěšnosti plodiny v minulých letech. Skládá se z dat vypočítaných na základě stanovených prahových hodnot plodiny pro dané místo (data z prostředí) a z dat růstového, či vodního modelu plodiny. Graf úspěšnosti byl v práci nejprve tvořen pouze pro týdenní variantu grafů. První návrh grafu obsahoval pouze dvě řady a bylo využíváno stupnicového plošného grafu (viz obrázek B1).



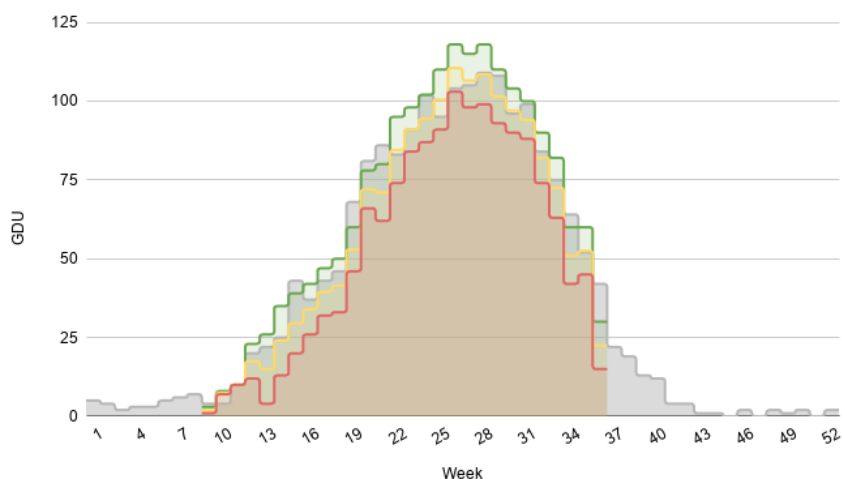
Obrázek B1: První verze týdenního grafu úspěšnosti pro C3 plodiny. Červená řada ukazuje vrchní hodnoty z růstového modelu plodiny. Zelená řada ukazuje hodnoty prostředí. Na ose X se nacházejí jednotlivé týdny. Na ose Y jsou hodnoty GDU.

Jak je možné vidět na obrázku B1, přestože data z prostředí převyšují data z růstového modelu, což znamená, že se plodině na místě v minulosti dařilo, je skoro celá plocha grafu zakryta červeně. Na uživatele může graf působit opačným dojmem, než tomu doopravdy je.

V dalším návrhu se v grafech úspěšnosti upravily barvy. Datům z prostředí byla přiřazena neutrální šedá barva, datům z růstového modelu byly přiřazeny tři barvy: zelená, žlutá a červená. Vybarvování ploch pod grafem bylo řešeno podle úspěšnosti, tzn. že pokud data z prostředí převyšovala data z růstového modelu, plocha pod grafem byla vybarvena zeleně (viz obrázek B2). V opačném případě by došlo k červenému zbarvení plochy (viz obrázek B3).



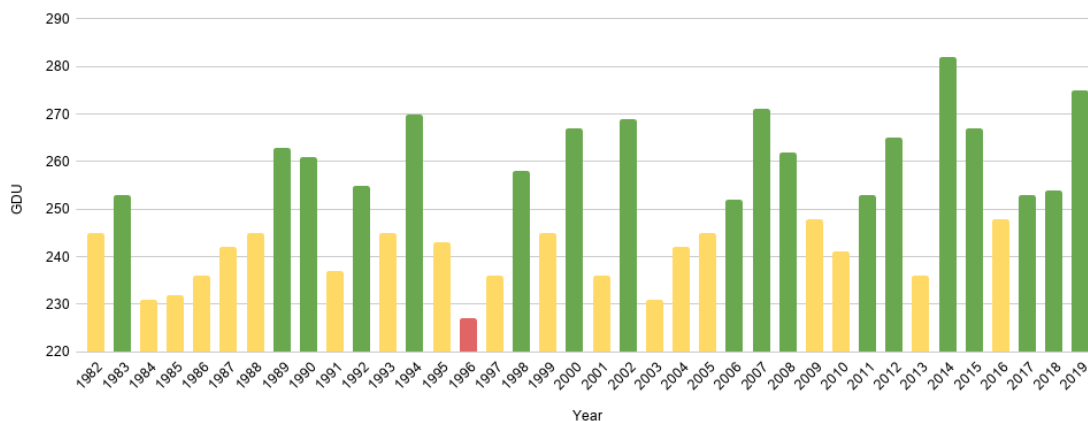
Obrázek B2: Druhý návrh grafu úspěšnosti pro C3 plodiny. Data z prostředí převyšují data z růstového modelu. Plocha pod grafem je vybarvena zeleně.



Obrázek B3: Druhý návrh grafu úspěšnosti pro C3 plodiny. Data z prostředí nepřevyšují data z růstového modelu. Plocha pod grafem je vybarvena červeně.

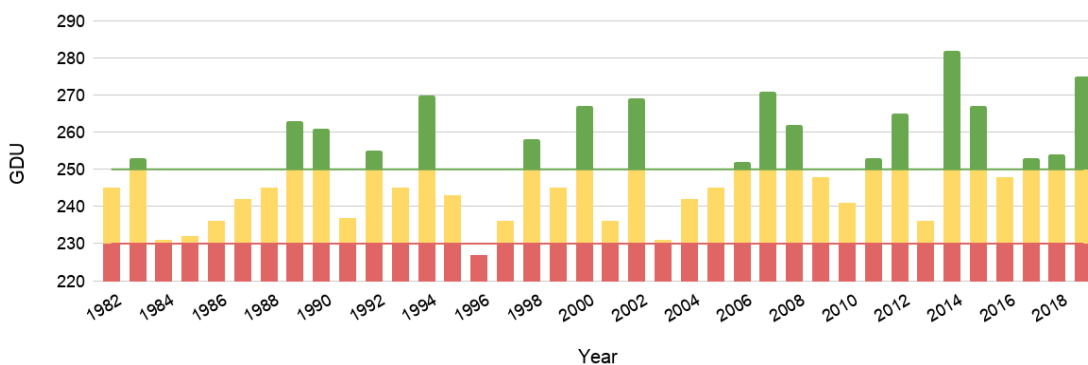
Konečný návrh týdenního grafu úspěšnosti je popsán v kapitole 2.5.5. Od předchozího návrhu se liší pouze absencí vybarvených ploch pod grafem, jelikož je informace o úspěšnosti plodiny řešena pomocí barevného pozadí grafu.

Následně se k týdenním grafům úspěšnosti přidaly i grafy roční. Proces jejich tvorby byl výrazně kratší. První návrh je uveden na obrázku B4.



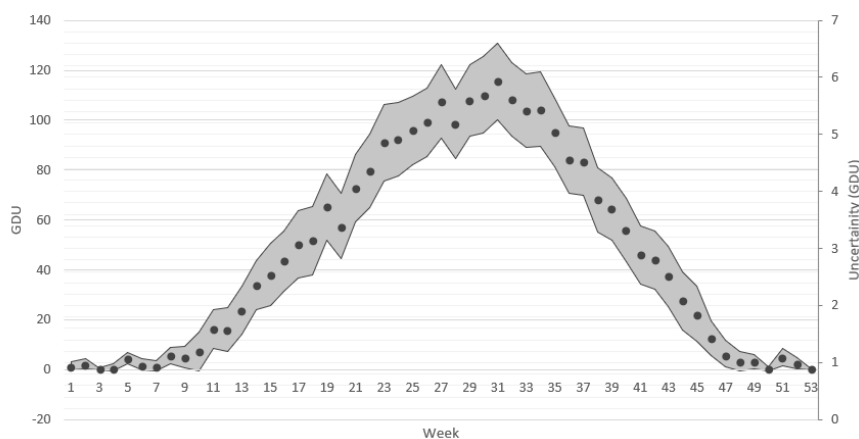
Obrázek B4: První návrh ročního grafu úspěšnosti.

Výsledný roční graf byl doplněn o linie úspěšnosti a došlo k jinému zbarvení sloupců (viz obrázek B5). Nově má jeden sloupec více barev podle toho, mezi jakými hodnotami se vyskytuje.



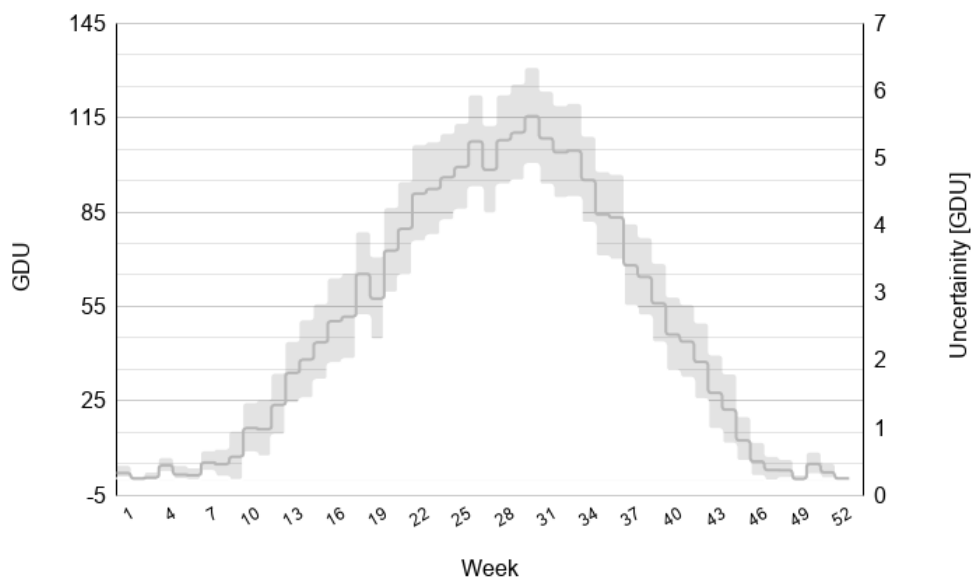
Obrázek B5: Konečný návrh ročního grafu úspěšnosti.

Společně s tvorbou grafů úspěšnosti vznikaly i grafy zobrazující nejistoty. Pro uživatele je důležité vidět v grafu nejistoty ke konkrétním hodnotám faktorů. První návrh těchto grafů obsahoval bodové vyjádření hodnot faktoru a plošné vyjádření nejistot (viz obrázek B6). Jelikož jsou hodnoty nejistot oproti hodnotám faktorů značně malé, v grafu se vyskytují dvě svislé osy. Jedna osa pro hodnoty faktoru a jedna pro hodnoty nejistot.



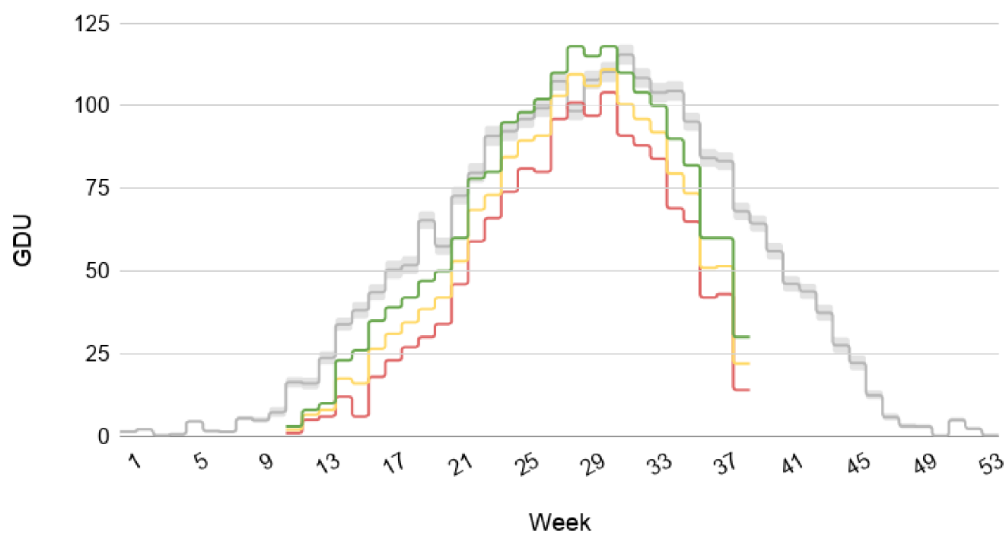
Obrázek B6: První návrh týdenního grafu GDU s nejistotami. Na ose X jsou jednotlivé týdny, na levé ose Y hodnoty GDU a na pravé ose Y hodnoty nejistot.

Graf na obrázku B6 se narušil od týdenních a ročních grafů značně liší, nově se zde vyskytuje bodové vyjádření hodnot, což by mohlo na uživatele aplikace působit nenázorně. V dalším návrhu došlo ke změně vyjádření hodnot. Pro týdenní zobrazení bylo využito stupnicových plošných grafů (viz obrázek B7).



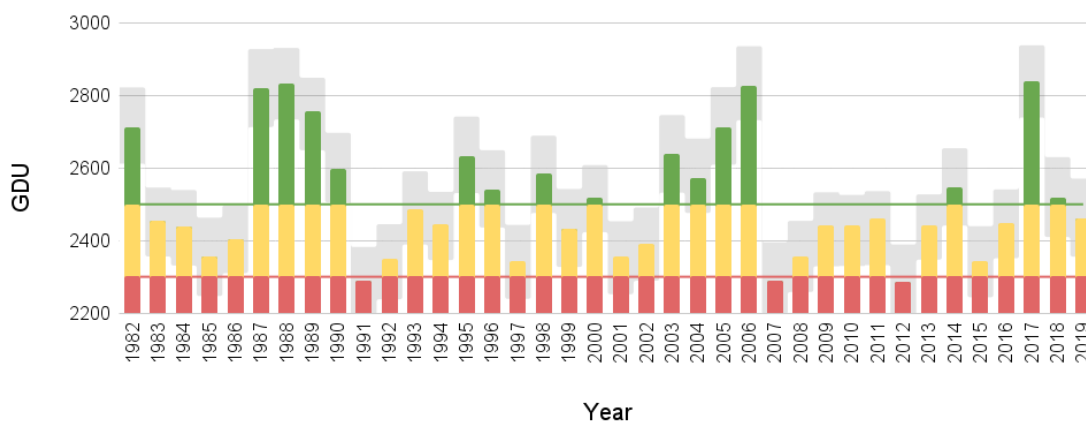
Obrázek B7: Druhý návrh týdenního grafu GDU s nejistotami.

Díky této vizualizaci může uživatel v grafu pozorovat nejistoty spolu s hodnotami faktoru. Pokud by však uživatel chtěl porovnat nejistoty spolu s daty z růstového či vodního modelu, musel by se v aplikaci překlíkávat mezi dvěma grafy. Proto byla do konečného návrhu, detailněji popsaného v kapitole 2.5.8, přidána data z růstového modelu (viz obrázek B8). Aby bylo zajištěno porovnávání jednotlivých hodnot v grafu, musí mít graf jednu svislou osu.



Obrázek B8: Konečná podoba týdenního grafu úspěšnosti C3 plodin s nejistotami. Nejistoty hodnot GDU v jednotlivých týdnech jsou vyjádřeny pomocí světle šedé plochy.

Stejným způsobem byla zavedena i vizualizace nejistot v ročních grafech. Světle šedá plocha vyjadřuje míru nejistoty (viz obrázek B9). Hodnoty faktorů v jednotlivých letech jsou v grafech vyjádřeny pomocí barevných sloupců stejně jako na obrázku B5.



Obrázek B9: Konečná podoba ročního grafu GDU s nejistotami. Nejistoty hodnot GDU v jednotlivých letech jsou vyjádřeny pomocí světle šedé plochy.