



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



MINISTERSTVO
INVESTÍCIÍ, REGIONÁLNEHO ROZVOJA
A INFORMATIZÁCIE
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SPU
Slovenská
poľnohospodárska
univerzita v Nitre



SPU · FZKI
Fakulta záhradníctva
a krajinného
inžinierstva



AgroAsistent

**Metodika tvorby a implementácie nového agroklimatického členenia
Slovenska pre potreby systémov presného poľnohospodárstva
a digitálnej platformy AgroAsistent**

**Experimentálny vývoj digitálnej platformy pre presné
poľnohospodárstvo**

Kód Projektu: 17I04-04-V05-00011

**Je hradené z mechanizmu Plánu obnovy a odolnosti
Slovenskej republiky**



Nitra 2026

Experimentálny vývoj digitálnej platformy pre presné poľnohospodárstvo

Kód Projektu: 17I04-04-V05-00011

Metodika tvorby a implementácie nového agroklimatického členenia Slovenska pre potreby systémov presného poľnohospodárstva a digitálnej platformy AgroAsistent



Autor návrhu metodických postupov:

doc. Ing. Ján Čimo, PhD., prof. Ing. Zlatica Muchová, PhD., Ing. Ivana Dobiašová

Korešpondenčný autor: zlatica.muchova@uniag.sk

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci mechanizmu Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky pre projekt: „Experimentálny vývoj digitálnej platformy pre presné poľnohospodárstvo“ (kód 17I04-04-V05-00011), spolufinancovaný Európskou úniou (NextGenerationEU).

This publication is the result of the project through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia for project: „Experimental Development of a Digital Platform for Precision Agriculture“ (code 17I04-04-V05-00011), funded by the European Union (NextGenerationEU).

Metodika tvorby a implementácie nového agroklimatického členenia Slovenska pre potreby systémov presného poľnohospodárstva a digitálnej platformy AgroAsistent

Účel, predmet a rozsah metodiky

Metodika ustanovuje jednotný odborný postup tvorby, aktualizácie, priestorového spracovania a implementácie agroklimatického členenia Slovenskej republiky pre klimatický normál 1991–2020. Zachováva nadväznosť na členenie Kurpelovej, Coufala a Čulíka (1975), spracované pre obdobie 1931–1960, aby bolo možné porovnať historický a aktualizovaný stav.

Metodika sa uplatňuje na celom území Slovenskej republiky. Je určená najmä pre:

- výpočet a klasifikáciu ukazovateľov TS10, $K_{VI-VIII}$ a T_{min} ;
- vymedzenie agroklimatických makrooblastí, oblastí, podoblastí a okrskov;
- tvorbu digitálnych rastrových a vektorových vrstiev v GIS;
- porovnanie členenia za obdobia 1931–1960 a 1991–2020;
- parcelovo špecifickú interpretáciu prostredníctvom vrstiev LPIS a platformy AgroAsistent;
- podporu rajonizácie plodín, závlahového plánovania, hodnotenia produkčných rizík a adaptačných opatrení.

Výstupom je aktualizované digitálne agroklimatické členenie, ktoré umožňuje automaticky určiť agroklimatické zaradenie parcely, porovnať historické a súčasné podmienky a interpretovať zistenú zmenu pre poľnohospodársku prax.

Odborné východiská a klasifikačný rámec

Agroklimatické podmienky Slovenska formujú horizontálne a vertikálne klimatické gradienty, nadmorská výška, reliéf a expozícia. Základnými faktormi členenia sú teplota a vlaha; pre oziminy, ovocné dreviny a viacročné kultúry sa hodnotia aj zimné teplotné minimá (Kurpelová et al., 1975; Čimo et al., 2014).

Pôvodnú hierarchiu a hranice tried sme zachovali z dôvodu časovej porovnateľnosti. Hodnoty ukazovateľov sme aktualizovali na základe klimatických údajov za normál 1991–2020. Hierarchiu agroklimatického členenia a rozhodujúce ukazovatele uvádzame v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Hierarchia agroklimatického členenia a rozhodujúce ukazovatele

Úroveň členenia	Rozhodujúci ukazovateľ	Výsledok
Makrooblasť	TS10	teplá, mierne teplá, chladná
Oblasť	TS10	osem teplotných oblastí
Podoblasť	$K_{VI-VIII}$	sedem vlhových podoblastí
Okrskok	T_{min}	päť okrskov podľa podmienok prezimovania

Vstupné údaje a požiadavky na ich prípravu

Pri spracovaní sme využili vstupné údaje uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Vstupné údaje použité pri spracovaní agroklimatického členenia

Údaj	Zdroj	Obdobie	Použitie
Klimatické údaje	SHMÚ, projekt URANOS	1991–2020	denné a mesačné teploty, zrážky, potenciálny výpar, absolútne minimum
Stanice	SHMÚ	1991–2020	súradnice, nadmorská výška, úplnosť a homogenita radov
Reliéf	DMR 3.5	aktuálny podklad	nadmorská výška staníc a posúdenie vzťahu reliéfu ku klíme
Historická mapa	Kurpelová, Coufal a Čulík (1975)	1931–1960	naskenovaný a georeferencovaný podklad
Hranica SR	referenčná priestorová vrstva	podľa použitej verzie	rozsah spracovania a orezanie výstupov

Pred výpočtom sme vykonali kontrolu časového pokrytia, jednotiek, chýbajúcich a extrémnych hodnôt, homogenity radov, súradníc staníc a konzistencie nadmorskej výšky. Do ďalšieho spracovania sme použili iba údaje spĺňajúce stanovené kritériá úplnosti a kvality.

Agroklimatické ukazovatele a klasifikačné pravidlá

Teplotný ukazovateľ TS10

TS10 je súčet priemerných denných teplôt v období, počas ktorého priemerná denná teplota dosahuje alebo presahuje 10,0 °C. Ukazovateľ je dominantným kritériom vymedzenia makrooblastí a oblastí. Triedy majú interval 200 °C. Klasifikačné intervaly ukazovateľa TS10 uvádzame v tabuľke 3.

Tabuľka 3. Klasifikácia agroklimatických makrooblastí a oblastí podľa ukazovateľa TS10

Makrooblasť	Oblasť	TS10	Stručná interpretácia
Teplá	Veľmi teplá	> 3100 °C	teplomilné plodiny; v podklade sa inde uvádza hranica ≥ 3000 °C
Teplá	Prevažne teplá	3000–2800 °C	skoré odrody kukurice a viniča pri vhodných podmienkach
Teplá	Dostatočne teplá	2800–2600 °C	klesá zabezpečenosť kukurice; priaznivé pre cukrovú repu
Teplá	Pomerne teplá	2600–2400 °C	horná hranica efektívneho pestovania teplomilných plodín
Mierne teplá	Pomerne mierne teplá	2400–2200 °C	horná hranica rentabilného pestovania pšenice; ovos a neskoré zemiaky
Mierne teplá	Slabo mierne teplá	2200–2000 °C	priaznivé podmienky pre ľan; koniec veľmi vhodných podmienok pre raž
Chladná	Mierne chladná	2000–1800 °C	horná hranica pestovania raže a veľmi vhodných podmienok pre zemiaky
Chladná	Prevažne chladná	< 1800 °C	vhodné najmä pre ľan; izolínia 1600 °C približuje hornú hranicu poľnohospodárstva

Vlahový ukazovateľ $K_{VI-VIII}$

Klimatický ukazovateľ zavlaženia sme vypočítali pre jún až august:

$$K_{VI-VIII} = E_0 - Z \text{ [mm]}$$

E_0 je potenciálny výpar a Z je úhrn atmosférických zrážok. Kladná hodnota vyjadruje deficit vlhky, záporná hodnota jej nadbytok. Potenciálny výpar poskytol SHMÚ a vypočítal ho podľa Budyka (1974); hodnoty sme klasifikovali v intervale 50 mm. Klasifikáciu agroklimatických podoblastí uvádzame v tabuľke 4.

Tabuľka 4. Klasifikácia agroklimatických podoblastí podľa ukazovateľa $K_{VI-VIII}$

Podoblasť	$K_{VI-VIII}$
Veľmi suchá	≥ 150 mm
Prevažne suchá	100 až 150 mm
Mierne suchá	50 až 100 mm
Mierne vlhká	0 až 50 mm
Prevažne vlhká	-50 až 0 mm
Vlhká	-100 až -50 mm
Veľmi vlhká	< -100 mm

Ukazovateľ prezimovania T_{min}

T_{min} je priemer dlhodobých ročných absolútnych minimálnych teplôt vzduchu. Charakterizuje zimné podmienky a riziko poškodenia ozimín, ovocných drevín a viacročných kultúr. Triedy majú interval 2,0 °C. Klasifikáciu agroklimatických okrskov uvádzame v tabuľke 5.

Tabuľka 5. Klasifikácia agroklimatických okrskov podľa ukazovateľa T_{min}

Agroklimatický okrsk	T_{min}
Prevažne mierna zima	$T_{min} \geq -18,0$ °C
Pomerne mierna zima	-18,0 až -20,0 °C
Mierne chladná zima	-20,0 až -22,0 °C
Prevažne chladná zima	-22,0 až -24,0 °C
Studená zima	$T_{min} \leq -24,0$ °C

Metodický postup spracovania

Krok 1. Príprava databázy staníc

Vytvorili sme bodovú vrstvu klimatologických staníc v jednotnom súradnicovom systéme. Ku každej stanici sme priradili identifikátor, súradnice, nadmorskú výšku, obdobie pozorovania a

vypočítané hodnoty TS10, $K_{VI-VIII}$ a T_{min} . Nadmorskú výšku sme odvodili z digitálneho modelu reliéfu pomocou nástroja Extract Values to Points.

Krok 2. Určenie vegetačného obdobia a výpočet TS10

Za hlavné vegetačné obdobie sme považovali čas, keď priemerná denná teplota dosahovala alebo presahovala 10,0 °C. Priemerné dátumy nástupu a ukončenia sme stanovili numerickým a grafickým výpočtom ročného chodu teploty pri predpoklade lineárnej závislosti medzi stredmi susedných mesiacov. Následne sme sčítali priemerné denné teploty $\geq 10,0$ °C počas určeného obdobia.

Použité symboly: r_v – rozdiel v dňoch medzi stredom mesiaca s teplotou T_2 a dátumom nástupu T_n ; r_p – rozdiel v dňoch medzi stredom mesiaca s teplotou T_1 a dátumom ukončenia; T_n – teplota nástupu; T_u – teplota ukončenia; T_1 – najbližšia priemerná mesačná teplota nad prahom; T_2 – najbližšia priemerná mesačná teplota pod prahom; R – rozdiel dní medzi stredmi mesiacov, štandardne $R = 30$.

Krok 3. Výpočet $K_{VI-VIII}$ a T_{min}

Pre každú stanicu sme vypočítali $K_{VI-VIII}$ ako rozdiel potenciálneho výparu a úhrnu zrážok za jún až august. T_{min} sme určili ako priemer dlhodobých ročných absolútnych teplotných miním.

Krok 4. Priestorová interpolácia

Každý ukazovateľ sme interpolovali samostatne v prostredí ArcGIS Pro pomocou nástroja Topo to Raster. Bodovú vrstvu staníc sme zadali ako Point elevation, hodnotové pole podľa príslušného ukazovateľa a dominantný typ vstupu Spot.

Krok 5. Reklasifikácia rastrov

Spojité rastre sme reklasifikovali podľa hraníc uvedených v kapitole 4.

Krok 6. Digitalizácia historického členenia

Analógovú mapu z roku 1975 sme naskenovali pri rozlíšení 300 dpi, georeferencovali v jednotnom súradnicovom systéme a agroklimatické jednotky sme vektorizovali ako polygóny. Výsledná vrstva slúži ako referenčný podklad pre obdobie 1931–1960.

Krok 7. Hodnotenie zmien

Pre každý ukazovateľ sme vytvorili rozdielový raster medzi normálmi 1991–2020 a 1931–1960. Pre každú kategóriu sme vypočítali výmeru, podiel na rozlohe Slovenska, absolútnu a relatívnu zmenu a priestorový posun hraníc. Použili sme nástroje Raster Calculator, Reclassify, Intersect a Tabulate Area.

$$\Delta X = X_{1991-2020} - X_{1931-1960}$$

Nové agroklimatické členenie Slovenska

Na základe porovnania pôvodného agroklimatického členenia (Kurpelová et al., 1975) a nového členenia vypracovaného na klimatickom normále 1991–2020 môžeme konštatovať, že zmeny klimatických podmienok na Slovensku sa premietli predovšetkým do posunu agroklimatických oblastí smerom do vyšších nadmorských výšok a severnejších geografických polôh. Výsledky dokumentujú jednoznačný trend otepľovania, miernejších zimných podmienok a súčasne narastajúceho vlhového deficitu najmä v južných častiach Slovenska (obrázky 1 a 2).

Zmeny agroklimatických makrooblastí a oblastí

Teplotný ukazovateľ zostal aj v novom členení základným kritériom pre vymedzenie makrooblastí a oblastí. Zachované zostali tri makrooblasti (teplá, mierne teplá a chladná) a osem oblastí, avšak ich priestorové zastúpenie sa významne zmenilo. V dôsledku zvýšenia teplotných súm za vegetačné obdobie sa rozšírili teplé oblasti, predovšetkým kategórie veľmi teplá a prevažne teplá. Tieto oblasti už nezaberajú iba Podunajskú nížinu a najteplejšie časti Východoslovenskej nížiny, ale prenikajú aj do okrajových kotlín stredného Slovenska a do vyšších polôh pahorkatín. Súčasne ustupujú mierne teplé a chladné oblasti, ktoré sa presúvajú do vyšších nadmorských výšok severného a stredného Slovenska (obrázok 2).

Najvýraznejšie zmeny možno pozorovať v južnom Slovensku, kde sa vytvára rozsiahly pás veľmi teplých agroklimatických podmienok vhodných pre teplomilné plodiny. Otepľovanie tak zlepšuje teplotné predpoklady pre pestovanie kukurice na zrno, viniča, slnečnice a ďalších plodín s vysokými nárokmi na teplo. Naopak, severné regióny Slovenska zaznamenávajú prechod časti pôvodne chladných oblastí do kategórie mierne teplých, čo vytvára priaznivejšie podmienky pre pestovanie obilnín a zemiakov vo vyšších polohách (obrázok 2).

Zmeny agroklimatických podoblastí podľa vlhového ukazovateľa

Najvýznamnejšie zmeny medzi pôvodnou a novou rajonizáciou nastali vo vlhových pomeroch. Porovnanie oboch klasifikácií ukazuje výrazné rozšírenie suchších podoblastí a súčasne ústup vlhkých a veľmi vlhkých podoblastí (obrázky 1 a 2).

V pôvodnom členení sa vo viacerých oblastiach vyskytovali veľmi vlhké podoblasti ($K_{VI-VIII} < -100$ mm) a vlhké podoblasti (-100 až -50 mm). V novom členení ich zastúpenie výrazne klesá. Naopak, pribúdajú podoblasti mierne suché, prevažne suché a veľmi suché. Podiel veľmi suchých podoblastí sa rozšíril aj do oblastí, ktoré boli v minulosti klasifikované ako prevažne suché alebo mierne suché (obrázok 2).

Južné Slovensko predstavuje najvýraznejšie postihnutú časť územia. V Podunajskej nížine, na južnom Pohroní, v Ipeľskej kotline, Košickej kotline a na Východoslovenskej nížine dochádza k nárastu klimatického deficitu vlahy, čo sa prejavuje rozširovaním veľmi suchých a prevažne suchých podoblastí. Otepľovanie spôsobuje nárast potenciálneho výparu, ktorý nie je dostatočne kompenzovaný zrážkami. Výsledkom je rastúca potreba adaptačných opatrení, najmä závlah, protieróznych opatrení a zmien v pestovateľských technológiách (obrázok 2).

Na severe Slovenska zostávajú dominantné mierne vlhké, prevažne vlhké a lokálne vlhké podoblasti, avšak aj tu možno pozorovať určitý posun smerom k suchším kategóriám. Obzvlášť v kotlinách severného Slovenska sa časť území posúva z vlhkých do prevažne vlhkých alebo mierne vlhkých podmienok (obrázok 2).

Zmeny agroklimatických okrskov podľa ukazovateľa prezimovania

Významné zmeny sa prejavili aj v ukazovateli prezimovania založenom na priemere absolútnych minimálnych teplôt. Porovnanie starého a nového členenia naznačuje zmierňovanie zimných podmienok na väčšine územia Slovenska (obrázok 2).

V novom členení sa rozširujú okrsky s prevažne miernou zimou ($T_{\min} \geq -18$ °C) a pomerne miernou zimou (-18 až -20 °C), zatiaľ čo okrsky studenej zimy ($T_{\min} \leq -24$ °C) ustupujú najmä do horských oblastí severného Slovenska. V pôvodnom členení boli studené a prevažne chladné zimné okrsky zastúpené podstatne väčšou plochou (obrázok 2).

Zmierňovanie zimných extrémov vytvára priaznivejšie podmienky pre prezimovanie ozimín, viniča a teplomilných ovocných druhov. Súčasne však zvyšuje riziko skoršieho nástupu vegetácie

a následného poškodenia neskorými jarnými mrazmi. Tento jav je obzvlášť významný v ovocinárskych oblastiach juhozápadného a južného Slovenska.

Regionálne rozdiely

Južné Slovensko predstavuje región s najvýraznejšími prejavmi klimatickej zmeny. Dochádza tu k súbežnému rastu teplotných súm, rozširovaniu veľmi teplých oblastí, zmierňovaniu zimných podmienok a súčasne k výraznému nárastu vlhového deficitu. Táto kombinácia faktorov zvyšuje produkčný potenciál pre teplomilné plodiny, ale zároveň výrazne zvyšuje riziko sucha (obrázok 2).

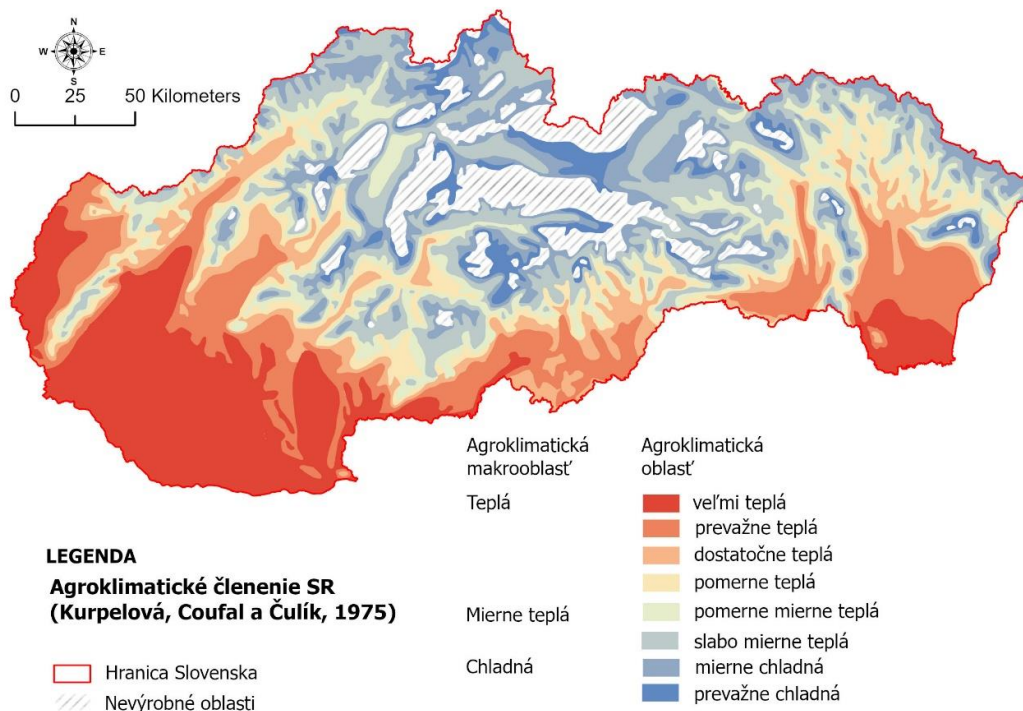
Severné Slovensko zaznamenáva predovšetkým teplotný posun smerom k priaznivejším podmienkam. Oblasti, ktoré boli v minulosti chladné, prechádzajú do mierne teplých kategórií, čím sa rozširujú možnosti pestovania širšieho spektra poľnohospodárskych plodín. Napriek tomu si severné regióny zachovávajú relatívne priaznivejšiu vlhovou bilanciou (obrázok 2).

Západné Slovensko vykazuje najvýraznejší nárast suchosti, najmä v Podunajskej nížine a na Žitnom ostrove. Ide o územie s najvyšším potenciálnym výparom a súčasne s najväčším rizikom poľnohospodárskeho sucha (obrázok 2).

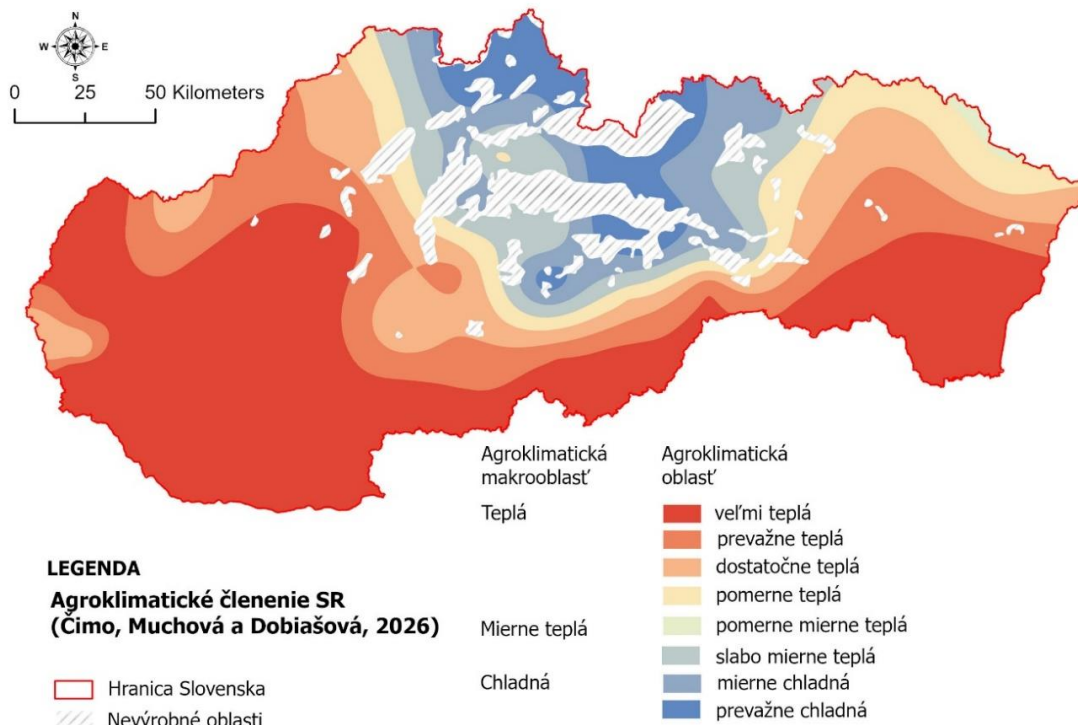
Východné Slovensko vykazuje podobný trend ako západná časť krajiny, avšak zmeny sú priestorovo diferencovanejšie. Výrazné vysušovanie sa prejavuje najmä vo Východoslovenskej nížine a Košickej kotline, zatiaľ čo horské oblasti východného Slovenska si zachovávajú charakter vlhších a chladnejších agroklimatických jednotiek (obrázok 2).

Záver hodnotenia

Porovnanie pôvodného a nového agroklimatického členenia jednoznačne potvrdzuje výrazný vplyv klimatickej zmeny na agroklimatické podmienky Slovenska. Hlavnými prejavmi sú rozšírenie teplých agroklimatických oblastí, zmierňovanie zimných podmienok a najmä zvyšovanie vlhového deficitu počas vegetačného obdobia. Najvýraznejšie zmeny sa prejavujú v nížinných oblastiach južného Slovenska, kde dochádza k transformácii pôvodne suchých území na veľmi suché. Severné oblasti profitujú z priaznivejších teplotných podmienok, avšak aj tu možno pozorovať postupný trend vysušovania krajiny. Tieto zistenia potvrdzujú potrebu implementácie adaptačných opatrení v poľnohospodárstve a zároveň zdôvodňujú aktualizáciu agroklimatickej rajonizácie Slovenska na základe klimatického normálu 1991 – 2020.



Obrázok 1. Pôvodné agroklimatické členenie Slovenska za klimatický normál 1931–1960 (Kurpelová a kol., 1975).



Obrázok 2. Nové agroklimatické členenie Slovenska za klimatický normál 1991–2020 (Čimo a kol., 2026).

Tabuľka 6. Plošné zmeny agroklimatických makrooblastí v porovnaní normálových období 1931–1960 a 1991–2020

Agroklimatické makrooblasti	OLD km ²	NEW km ²	Zmena km ²	Zmena %
chladná	7839,99	5319,07	-2520,92	-32,15
mierne teplá	13007,69	3219,11	-9788,58	-75,25
teplá	23604,05	35925,42	12321,37	52,20

Tabuľka 7. Plošné zmeny agroklimatických oblastí v porovnaní normálových období 1931–1960 a 1991–2020

Agroklimatické makrooblasti	Agroklimatické oblasti	OLD km ²	NEW km ²	Zmena km ²	Zmena %
teplá	veľmi teplá	8549,54	18446,14	9896,59	+115
teplá	dostatočne teplá	4087,63	6209,73	2122,10	+51
teplá	prevažne teplá	6611,91	7537,06	925,15	+13
teplá	pomerne teplá	4354,95	3732,477	-622,47	-14
mierne teplá	pomerne mierne teplá	4979,50	3061,07	-1918,42	-38
mierne teplá	slabo mierne teplá	8028,18	158,03	-7870,15	-98
chladná	mierne chladná	6033,14	3099,37	-2933,76	-48
chladná	prevažne chladná	1806,84	2219,68	412,84	+22

Zmeny agroklimatických makrooblastí

Porovnaním pôvodného agroklimatického členenia Slovenska (1931–1960) s aktualizovaným členením pre klimatický normál 1991–2020 sme preukázali výrazný posun teplotných podmienok v prospech teplejších agroklimatických jednotiek. Výmera teplej makrooblasti sa zvýšila z 23 604 km² na 35 925 km², čo predstavuje nárast o 12 321 km² (+52,2 %). Naopak, výmera mierne teplej makrooblasti poklesla z 13 008 km² na 3 219 km², teda o 9 789 km² (–75,3 %). Pokles sme zaznamenali aj pri chladnej makrooblasti, ktorej výmera sa znížila z 7 840 km² na 5 319 km² (–32,2 %). Tieto výsledky jednoznačne dokumentujú plošné rozširovanie teplejších agroklimatických podmienok na úkor mierne teplých a chladných regiónov. Podrobné hodnoty uvádzame v tabuľke 6.

Zmeny agroklimatických oblastí

Najvýraznejší nárast sme zaznamenali vo veľmi teplej oblasti, ktorej výmera vzrástla približne z 8 550 km² na 18 446 km², teda o takmer 9 897 km². Výrazne sa rozšírila aj dostatočne teplá oblasť (+2 122 km²) a v menšej miere aj prevažne teplá oblasť (+925 km²).

Naopak, najvýraznejší pokles sme zaznamenali pri slabo mierne teplej oblasti, ktorej výmera sa znížila približne z 8 028 km² na iba 158 km². Výrazne poklesla aj výmera mierne chladnej oblasti (–2 934 km²) a pomerne mierne teplej oblasti (–1 918 km²). Výsledky naznačujú systematický prechod území z mierne teplých oblastí do teplejších agroklimatických kategórií. Podrobné hodnoty uvádzame v tabuľke 7.

Zmeny agroklimatických podoblastí

Analýza agroklimatických podoblastí založených na vlahovom indexe poukazuje na rozsiahle zmeny vo vlahových pomeroch Slovenska. Vo väčšine regiónov dochádza k posunu z vlhších kategórií do kategórií s vyšším vlahovým deficitom. Výrazne sa rozširujú mierne suché, prevažne suché a veľmi suché podoblasti, zatiaľ čo výmera vlhkých a veľmi vlhkých podoblastí klesá.

Najvýraznejšie zmeny sme zaznamenali v nížinných oblastiach južného Slovenska, predovšetkým v Podunajskej nížine, dolnom Pohroní, Ipel'skej kotline, Košickej kotline a na Východoslovenskej nížine. Tieto výsledky potvrdzujú rastúci vplyv klimatickej zmeny na vodnú bilanciú krajiny a dokumentujú zvyšujúci sa deficit pôdnej vlahy počas vegetačného obdobia.

Implementácia agroklimatického členenia do digitálnej platformy AgroAsistent

V rámci projektu sme vytvorili a implementovali nové agroklimatické členenie Slovenska do digitálnej platformy AgroAsistent. Cieľom implementácie bolo sprístupniť výsledky agroklimatickej rajonizácie používateľom jednoduchou a praktickou formou priamo na úrovni poľnohospodárskych parciel. Nové agroklimatické členenie sme integrovali do databázového a mapového prostredia platformy, čím vznikol nástroj umožňujúci automatické vyhodnocovanie agroklimatických podmienok konkrétneho územia.

Výsledné vrstvy agroklimatických makrooblastí, oblastí, podoblastí a okrskov sme spracovali do digitálnej podoby a implementovali ako priestorové vrstvy využiteľné v geografickom informačnom systéme platformy AgroAsistent. Po výbere alebo lokalizovaní konkrétnej LPIS parcely systém automaticky vykonáva priestorový prekryv s vrstvami agroklimatického členenia a identifikuje príslušné agroklimatické zaradenie hodnoteného územia.

Používateľ má k dispozícii informácie o:

- agroklimatickej makrooblasti,
- agroklimatickej oblasti,
- agroklimatickej podoblasti,
- zimnom agroklimatickom okrsku,
- sume aktívnych teplôt nad 10 °C (TS10),
- klimatickom ukazovateli zavlaženia ($K_{VI-VIII}$),
- ukazovateli prezimovania (T_{min}).

Významnou funkcionalitou systému je možnosť porovnania historického agroklimatického zaradenia podľa agroklimatického členenia Kurpelovej, Coufala a Čulíka (1975) s novým agroklimatickým členením vytvoreným na základe klimatického normálu 1991 – 2020. Používateľ tak môže identifikovať posun jednotlivých agroklimatických kategórií spôsobený klimatickou zmenou a vyhodnotiť jeho dopad na poľnohospodársku výrobu.

Súčasťou výstupu platformy je aj automatická interpretácia výsledkov, ktorá používateľovi poskytuje odborné vysvetlenie významu jednotlivých agroklimatických charakteristík. Systém upozorňuje na zmeny teplotných podmienok, zmeny vlahového režimu, podmienok prezimovania a ich možný vplyv na pestovanie poľnohospodárskych plodín. Tieto informácie predstavujú významnú podporu pri rozhodovaní o výbere plodín, pestovateľských technológií, závlahových opatreniach a adaptačných stratégiách na klimatickú zmenu.

Implementáciou agroklimatického členenia do platformy AgroAsistent sme transformovali výsledky vedeckého spracovania agroklimatických údajov do prakticky využiteľného nástroja pre poľnohospodársku prax. Platforma poskytuje aktuálne agroklimatické informácie na úrovni konkrétnych parciel a vytvára podklad pre efektívnejšie plánovanie poľnohospodárskej výroby v podmienkach meniacej sa klímy. Ukážky implementácie uvádzame na obrázkoch 3 a 4.

Agro-klimatické hodnotenie hranice užívania

Analýza vykonaná zo zdroja 1: agroklimatické členenie podľa Kurpeľovej, Coufala a Čulíka 1975 a nové agroklimatické členenie podľa Číma, Muchovej a Dobiášovej 2026. Vegetačné klimatické metriky z voliteľných externých zdrojov, najmä teplota a zrážky za IV–IX a dĺžka vegetačného obdobia, neboli dodané.

Identifikačná hlavička SPU

Parameter	Hodnota
Lokalita	Radošina
Analýzovaná hranica užívania	Parcela A, PCUV 1
Hospodáriaci subjekt	Poľnohospodárske družstvo "Radošinka"
Výmera analyzovanej hranice	34,34 ha
Aktuálna kultúra	Orná pôda
Evidovaná plodina pre rok 2026	Pšenica letná ozimná
Dátum analýzy	2026-08-03

Zdroj: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Územné agro-klimatické zaradenie SPU

Ukazovateľ	Staré členenie – Kurpeľová et al. 1975	Nové členenie – Čímo et al. 2026	Δ / posun	Zdroj
Agroklimatická makrooblasť	Teplá	Teplá	Bez zmeny makrooblasti	SPU v Nitre
Agroklimatická oblasť	Dostatočne teplá	Veľmi teplá	Posun do teplejšej oblasti	Kurpeľová et al. 1975 / Čímo et al. 2026
Vlahová podoblasť	Veľmi suchá	Veľmi suchá	Bez zmeny kategórie vlahovej podoblasti	Kurpeľová et al. 1975 / Čímo et al. 2026
Suma aktívnych teplôt nad 10 °C	2 600–2 800	≥ 3 000	Minimálne +200 voči hornej hranici starého intervalu; faktický posun k vyššej teplotnej sume	Kurpeľová et al. 1975 / Čímo et al. 2026
Klimatický ukazovateľ zavlaženia	≥ 150 mm	≥ 150 mm	Číselný rozdiel neurčený, kategória zostáva veľmi suchá	Kurpeľová et al. 1975 / Čímo et al. 2026
Priemerné ročné minimá teploty vzduchu	–18 až –20 °C	≥ –18 °C	Posun k miernejším zimným minimám	Kurpeľová et al. 1975 / Čímo et al. 2026

Obrázok 3. Ukážka implementácie agroklimatického členenia v systéme AgroAsistent.

Faktický posun agro-klimatickej oblasti SPU

Ukazovateľ	Starý stav	Nový stav	Plocha prekryvu	Smer posunu
Teplotné zaradenie	Dostatočne teplá oblasť, suma aktívnych teplôt 2 600–2 800	Veľmi teplá oblasť, suma aktívnych teplôt ≥ 3 000	34,34 ha; 100 % parcely	Otepľovanie v zmysle posunu medzi starým a novým členením
Vlahové zaradenie	Veľmi suchá podoblasť	Veľmi suchá podoblasť	34,34 ha; 100 % parcely	Kategória zostáva zhodná; číselný posun nie je možné určiť z otvorených intervalov
Zimné minimá	–18 až –20 °C	≥ –18 °C	34,34 ha; 100 % parcely	Miernejšie zimy v zmysle agroklimatickej klasifikácie

Zdroj: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Interpretácia výsledkov agro-klimatického hodnotenia

Hranica užívania **Radošina, parcela A, PCUV 1** je z agro-klimatického hľadiska zaradená do **teplého a veľmi suchého produkčného prostredia**. Rozhodujúcim limitom pre hospodárenie nie je teplota, ale **dostupnosť vody počas vegetácie**.

Jednoznačné závery SPU

Oblasť hodnotenia	Jednoznačný záver	Význam pre hospodárenie
Teplotné podmienky	Parcela patrí do teplej až veľmi teplej agro-klimatickej oblasti.	Teplotne je územie vhodné pre široké spektrum poľných plodín vrátane obilnín a teplomilnejších plodín.
Priemerná ročná teplota	Územie zodpovedá oblasti s priemernou ročnou teplotou približne 8–9 °C.	Teplotný potenciál nie je hlavnou prekážkou produkcie.
Ročný úhrn zrážok	Územie zodpovedá oblasti s ročným úhrnom zrážok približne 550–650 mm.	Zrážky sú skôr limitujúce, najmä pri nerovnomernom rozdelení počas roka.
Letný vlahový deficit	Parcela patrí do veľmi suchej vlahovej podoblasti.	Najväčšie riziko predstavuje nedostatok vody v období intenzívneho rastu a tvorby úrody.
Zimné podmienky	Zimné minimá sú podľa nového členenia miernejšie.	Riziko vymrzania ozimín nie je dominantným problémom.
Pôdno-klimatická väzba	Dominantné hlboké hnozdaze zmierňujú riziko sucha, ale plytšie a skeletovité časti parcely sú citlivejšie.	Manažment treba prispôbiť vnútornej variabilite parcely, najmä na horších pôdnych častiach.

Zdroj: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Dopad na aktuálnu plodinu – pšenica letná ozimná SPU

Faktor	Hodnotenie pre pšenicu	Praktický dôsledok
Teploty	Priaznivé	Pšenica nie je na tejto parcele limitovaná nedostatkom tepla.
Zrážky	Limitujúce	Výnos môže byť citlivý na priebeh zrážok najmä od odnožovania po nalievanie zrna.
Letné sucho	Významné riziko	Sucho v máji až júni môže znížiť počet zŕn v klase a hmotnosť tisíc zŕn.
Pôdna hĺbka	Vačšinou priaznivá	Hlbšie hnozdeme poskytujú lepšiu zásobu vody, no lokálne plytké pôdy budú reagovať rýchlejšim presychaním.
Zimné riziko	Nízke až bežné	Pri ozimnej pšenici nie je hlavným limitom vymrzanie, ale vodný režim a priebeh jari.

Zdroj: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Hlavné riziká parcely Verejné dáta SR

Riziko	Závažnosť	Zdôvodnenie
Letný vlhový deficit	Vysoká	Územie je klasifikované ako veľmi suchá agro-klimatická podoblasť.
Rýchle presychanie častí parcely	Stredná až vysoká lokálne	Na častiach s plytšími alebo skeletovitejšími pôdami je nižšia retenčná schopnosť pôdy.
Teplotný stres	Stredný	Veľmi teplé podmienky môžu pri nedostatku vody urýchľovať dozrievanie a skracovať fázu nalievania zrna.
Vymrzanie ozimín	Nízke	Novšie klimatické zaradenie signalizuje miernejšie zimné minimá.

Zdroj: Verejné dáta SR

Celkové hodnotenie parcely

Hodnotený parameter	Výsledok
Produkčný potenciál	Dobrý až vysoký pri dostatočnom zvládnutí vodného režimu.
Hlavný limit	Voda, nie teplota.
Najcitlivejšie obdobie	Jar a začiatok leta, najmä fázy intenzívneho rastu, tvorby klasu a nalievania zrna.
Najcitlivejšie časti parcely	Plytkšie, skeletovité a horšie retenčné pôdne časti.
Strategický smer hospodárenia	Zvyšovať retenčnú schopnosť pôdy, chrániť pôdnu štruktúru a minimalizovať straty vody.

Záverečný verdikt: Parcela je **teplotne veľmi dobre disponovaná**, ale jej stabilita úrodu bude závisieť najmä od **schopnosti pôdy zadržať vodu** a od manažmentu organickej hmoty, pôdneho krytu a štruktúry pôdy.

6. Praktický význam výsledkov pre rozhodovanie

Rozhodovacia oblasť	Čo výsledok znamená	Praktický záver
Výber plodín	Teplotne je parcela priaznivá, ale vlhovo limitovaná.	Uprednostňovať plodiny a odrody s lepšou toleranciou sucha a skorším využitím jarnej vlahy.
Osevný postup	Potrebné je stabilizovať organickú hmotu a štruktúru pôdy.	Zaraďiť plodiny s priaznivým koreňovým systémom, medziplodiny a zvyšovať diverzitu osevu.
Obrábanie pôdy	Strata vody z pôdy je kľúčové riziko.	Minimalizovať zbytočné presušovanie pôdy a obmedziť hlboké zásahy v suchých obdobiach.
Hnojenie	Účinnosť živín závisí od dostupnosti vody.	Dávky dusíka časovať podľa priebehu počasia a stavu porastu, nie len kalendárne.
Manažment pozemku	Parcela má vnútornú pôdnu variabilitu.	Slabšie, plytkšie a skeletovité časti manažovať opatrnejšie, najmä pri výbere plodiny a intenzite vstupov.

Obrázok 4. Ukážka implementácie klimatických údajov v systéme AgroAsistent.

Využitie metodiky v podmienkach presného poľnohospodárstva

Vypracovaná metodika predstavuje významný nástroj pre podporu rozhodovania v podmienkach presného poľnohospodárstva. Prostredníctvom aktualizovaného agroklimatického členenia Slovenska umožňuje objektívne hodnotenie klimatických podmienok konkrétnych poľnohospodárskych parciel a poskytuje informácie potrebné pre efektívne hospodárenie v podmienkach meniacej sa klímy.

Jedným z hlavných prínosov metodiky je možnosť hodnotenia produkčného potenciálu územia na základe aktuálnych teplotných, vlhových a zimných podmienok. Agroklimatické zaradenie umožňuje identifikovať vhodnosť územia pre pestovanie jednotlivých plodín, optimalizovať osevné postupy a prispôbiť výber plodín konkrétnym podmienkam lokality.

Metodika zároveň poskytuje podklady pre návrh adaptačných opatrení na klimatickú zmenu. Výsledky agroklimatického hodnotenia umožňujú identifikovať územia ohrozené nedostatkom

vlahy alebo zvýšeným rizikom klimatických extrémov, čím vytvárajú predpoklady pre efektívnejšie hospodárenie s vodou, budovanie závlahových systémov a realizáciu opatrení zameraných na znižovanie negatívnych dopadov sucha.

Významným prínosom metodiky je aj jej implementácia do digitálnej platformy AgroAsistent. Prostredníctvom priestorového prepojenia agroklimatických vrstiev s LPIS parcelami získava používateľ automaticky informácie o agroklimatickom zaradení konkrétnej parcely, historickom a súčasnom stave klimatických podmienok a ich interpretácii pre poľnohospodársku prax. Táto funkcionálna zvyšuje kvalitu rozhodovania a umožňuje efektívnejšie plánovanie poľnohospodárskej výroby.

Metodika je využiteľná aj pri plánovaní závlah, rajonizácii plodín, šľachtiteľských programoch, hodnotení produkčných rizík a pri tvorbe stratégií adaptácie poľnohospodárstva na klimatickú zmenu. Predstavuje tak odborný podklad pre moderné digitálne poľnohospodárstvo založené na využívaní aktuálnych priestorových a klimatických údajov.

Použitá literatúra

BUDYKO, M. I. 1974. *Climate and Life*. New York: Academic Press. 508 s.

ČIMO, J., MUCHOVÁ, Z., DOBIÁŠOVÁ, M. 2026. Nová agroklimatická klasifikácia Slovenska reflektujúca dopady klimatickej zmeny na teplotné a zrážkové pomery. SPU v Nitre

EEA – European Environment Agency. 2020. *Climate Change Adaptation in the Agriculture Sector in Europe*. Copenhagen: EEA Report No. 04/2020.

FAŠKO, P. – LAPIN, M. – PECHO, J. 2008. Trends and variability of extreme temperatures in Slovakia. *Meteorologický časopis*, 11(2), 99–108.

HLAVINKA, P. et al. 2009. Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(3–4), 431–442.

IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

KURPELOVÁ, M. – COUFAL, L. – ČULÍK, J. 1975. *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Slovensko. Bratislava: Hydrometeorologický ústav.

LAPIN, M. et al. 2012. Možné dôsledky klimatickej zmeny na Slovensku. *Meteorologický časopis*, 15(3), 47–54.

MENZEL, A. et al. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12(10), 1969–1976.

OLESEN, J. E. – BINDI, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239–262.

ŠIŠKA, B. – ŠPÁNIK, F. 2004. Návrh aktualizácie agroklimatických ukazovateľov Slovenska v podmienkach klimatickej zmeny. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.

ČIMO, J. – ŠPÁNIK, F. – ANTAL, J. – TOMLAIN, J. 2014. Biometeorológia. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 145 s.

ŠIŠKA, B. et al. 2014. Dopady klimateckej zmeny na poľnohospodárstvo Slovenska. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita.

TOMLAIN, J. 1997. Potenciálny výpar na území Slovenska a jeho využitie v agroklimatológii. Bratislava: SHMÚ.

ŠINKA, K. – MUCHOVÁ, Z. – KONC, L. 2015. Geografické informačné systémy a ich aplikácie. Nitra: SPU.



Tento projekt je financovaný Európskou úniou (NextGenerationEU) prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 17I04-04-V05-00011 .

This project is funded by the European Union (NextGenerationEU) through the Recovery and Resilience Plan for Slovakia under the project No. 17I04-04-V05-00011 .



Financované
Európskou úniou
NextGenerationEU

PLÁN [OBNOVY]



MINISTERSTVO
INVESTÍCIÍ, REGIONÁLNEHO ROZVOJA
A INFORMATIZÁCIE
SLOVENSKEJ REPUBLIKY



SPU
Slovenská
poľnohospodárska
univerzita v Nitre



SPU-FZKI
Fakulta záhradníctva
a krajinného
inžinierstva

Experimentálny vývoj digitálnej platformy pre presné
poľnohospodárstvo

Kód Projektu: 17I04-04-V05-00011

Je hradené z mechanizmu Plánu obnovy a odolnosti
Slovenskej republiky



Nitra 2026