

THE EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON COURSE THE FENOLOGICAL PHASES OF HAWTHORN (*Crataegus oxyacantha* L.)

Jana Škvareninová, Martin Kováčik, Zora Snopková

¹Arborétum Borová hora Technical University in Zvolen, Masarykova 24, 960 01 ZVOLEN,
Slovakia, janask@vsld.tuzvo.sk

²Technical University in Zvolen, Masarykova 24, 960 01 ZVOLEN, Slovakia,
[kovacic@vsld.tuzvo.sk](mailto:kovacik@vsld.tuzvo.sk)

³Slovak Hydrometeorological Institute, Zelená 5, 975 90 BANSKÁ BYSTRICA, Slovakia
Zora.Snopkova@shmu.sk

Abstract

The aim of this study is to evaluate phenological observation of Hawthorn (*Crataegus oxyacantha* L.) during the period 1987 – 2005 and influence of selected meteorological factors on course particular phenophases. Observed woody species is situated on northwestern slope of Zvolenská pahorkatina in Arboretum Borová hora. Altitude of this locality is 300 m above sea level; mean yearly temperature is 8.1° C and annual average sum total precipitation is 714 mm. On the observed group of five mature trees was observed the beginning of particularly phenophases when at least 50% of trees reached given phenophases. Vegetative phenophases (leaf bud swelling, leaf unfolding, colouring, leaf fall) and generative phenophases (flowering, ripeness of fruits) were observed according to the methodology of SHMI. For the beginning and the course of phenological phases are significant genetic properties of woody species but also air temperature and rainfall during the growing season.

The air temperature has strong influence on development and course of all phenological phases. We can assume that recorded increasing trend of level temperature sums values will lead to increase of demands of Hawthorn on temperature for phenological and growing phases. The climate oscillations during the several years can cause depression of vitality, bud change of natural range of this woody species, too.

Key words: phenological phases, temperature sums, Hawthorn, *Crataegus oxyacantha* L.

Úvod

Priebeh periodicky sa opakujúcich základných životných prejavov rastlín závisí predovšetkým od vonkajších podmienok prostredia. V súčasnosti čoraz častejšie dochádza k situáciám, kedy sa vplyvom extrémnych výkyvov počasia mení aj priebeh nástupu fenologických fáz a celkový vývoj drevín. Adaptabilita drevín vplyvom klimatických zmien môže viesť aj k zmene ich priestorového rozšírenia a zabezpečenia ich ďalšej reprodukcie [2]. Týmito zmenami môže však dôjsť aj k narušeniu fenologických fáz a tým celého vývoja dreviny.

Fenologické pozorovania umožňujú získať informácie o dôležitých rastových a vývojových fázach drevín v sledovanej oblasti [3]. Na Slovensku rozmanitosť geografických podmienok vytvára pestré fenologické pomery nástupu fenologických fáz jednotlivých drevín. Podľa nástupných termínov predchádzajúcich fenofáz sa dajú prognózovať nasledujúce fenofázy. Z dlhodobých pozorovaní sa dajú získať údaje, ktoré budú charakterizovať danú oblasť napríklad nástupným termínom kvitnutia, čo môže mať význam pre včelárstvo [7]. V poľnohospodárstve môžu fenologické pozorovania prispieť k stanoveniu najvhodnejšej oblasti pre pestovanie jednotlivých druhov drevín, ale aj poľnohospodárskych plodín. V modernej medicíne pomôžu pri prognóze termínov nástupu kvitnutia rastlín a drevín s alergickými účinkami.

Materiál a metodika

Cieľom práce je zhodnotenie fenologických pozorovaní hlohu obyčajného a posúdenie vplyvu vybraných meteorologických faktorov na priebeh jednotlivých fenofáz. Pozorovaná drevina sa nachádza na území Arboréta Borová hora v nadmorskej výške 300 metrov. Rastie na severozápadnom svahu Zvolenskej pahorkatiny v oblasti s priemernou ročnou teplotou 8,1° C a priemerným úhrnom zrážok 714 mm.

Fenologické pozorovania sa robili podľa metodického postupu vypracovaného SHMÚ v Bratislave v roku 1984. Tento bol v roku 1996 prepracovaný a zjednodušený. Nakoľko popis jednotlivých fenofáz ostal len s malými obmenami, pri spracovaní údajov za obdobie rokov 1987 – 2005 sa vyhodnotili jednotlivé fenofázy popísané v oboch metodických postupoch. Pozorovaná skupina pozostáva z 5 jedincov v dospelom veku rozmiestnených blízko seba. Nástup jednotlivých fenofáz bol označený dňom, kedy aspoň 50% stromov dosiahlo danú fenofázu. Pre spracovanie sa k jednotlivým kalendárnym dňom nástupu priradilo poradové číslo kalendárneho dňa od začiatku roka. Pozorovali sa nasledovné vegetatívne aj generatívne fenofázy:

- *Začiatok pučania* (v strede púčika sa objavili zelené konce mladých lístkov a obalové šupiny zostávajú v strednej a spodnej časti púčika),
- *Všeobecné zalisťovanie* (list dosiahol normálny tvar, ale nemá úplnú veľkosť a sfarbenie),
- *Žltutie listov* (objavujú sa farebne zmenené listy),
- *Opadávanie listov* (zožltnuté lístie samovoľne opadáva aj za bezvetria),
- *Všeobecné kvitnutie* (na stromoch sa úplne rozvinuli vyvinuté kvety),
- *Zrelosť plodov* (zrelé vyfarbené plody s mäkkou dužinou sa objavili aspoň na polovici jedincov danej skupinky).

Okrem fenologických pozorovaní sme vyhodnotili meteorologické údaje prislúchajúce danej lokalite. Vypočítali sme teplotné sumy z priemerných denných teplôt vzduchu vyšších ako 0 °C (TS0), 5 °C (TS5), 8 °C (TS8), a 10 °C (TS10), ktoré majú vplyv na nástup jarných fenofáz. Táto celková hodnota teplôt je stanovená k termínu začiatku kalendárneho roka (tabuľka 1). Zhodnotenie teplých (chladných), suchých (vlhkých) mesiacov jednotlivých rokov sme uskutočnili metódou konštrukcie termopluviogramov podľa prác KÖNIG a MAYER (1989), KOŽNÁROVÁ a KLABZUBA (1996), KLABZUBA *et al.* (1999).

Tabuľka 1: Teplotné sumy dní s priemernou dennou teplotou vyššou ako 0, 5, 8, 10 °C v jednotlivých rokoch do začatia fenofázy pre drevinu hloh (*Crataegus oxyacantha* L.)

Leaf bud swelling	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	216	109	177	207	213	170	183	240	235	105	168
TS5	55	1,9	28	24,9	48,2	7,9	38,3	37,6	29,2	19	24,1
TS8	9,7	0	5,2	4	13	1,3	5,6	6,4	8,9	7	5,1
TS10	2,8	0	0,5	0,4	4	0	0,2	0,7	3,7	1	1,5
julian day	107	83	83	79	95	89	98	87	96	98	99
Leaf unfolding	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	340	346	287	390	320	359	292	346	335	226	279
TS5	113	87	71,9	99,3	90,8	76,2	80,4	75,6	69,8	76,7	56,9
TS8	31	29,7	18,7	27,8	28	18,8	17,9	19,5	29,9	35,5	16,2
TS10	9,3	10,7	4,9	5,1	5	4,2	3,5	6,7	16	14,8	6,4
julian day	120	115	97	101	109	114	112	101	111	113	118
Flowering	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	649	596	616	713	650	625	569	692	618	521	545
TS5	298	236	260	272	264	247	267	264	233	271	233
TS8	143	122	125	114	118	132	151	122	121	170	139
TS10	78	67,8	63,7	53,6	51,6	81	100	58,6	65	109	92,8
julian day	145	135	125	131	142	133	130	133	135	133	136
Ripeness of fruits	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	2328	2514	2281	2631	2370	2828	2558	2825	2563	2528	2575
TS5	1502	1615	1416	1625	1490	1875	1696	1832	1653	1699	1683
TS8	1061	1176	974	1129	1046	1416	1244	1350	1226	1249	1241
TS10	807	906	711	843	788	1134	969	1061	961	957	964
julian day	240	243	227	244	241	248	242	246	240	249	252
Colouring	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	2276	2624	2685	2590	2481	2814	2547	3047	2893	2465	2703
TS5	1464	1690	1700	1594	1565	1866	1690	1989	1858	1655	1761
TS8	1033	1230	1186	1104	1101	1410	1241	1468	1356	1218	1288
TS10	785	946	876	822	829	1131	968	1153	1042	934	992
julian day	237	250	251	242	248	247	241	259	265	245	262
Leaf fall	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
TS0	2676	2780	2907	2744	2905	3085	3113	3300	3015	2727	2824
TS5	1745	1786	1852	1693	1829	2037	2036	2147	1915	1797	1822
TS8	1241	1291	1296	1169	1272	1521	1457	1571	1383	1288	1314
TS10	945	983	957	865	944	1202	1101	1223	1054	966	1000
julian day	261	262	265	253	280	267	285	278	278	269	274

Tabuľka 1: (pokračovanie) Teplotné sumy dní s priemernou dennou teplotou vyššou ako 0, 5, 8, 10 °C v jednotlivých rokoch do začatia fenofázy pre drevinu hloh (*Crataegus oxyacantha* L.)

1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
265	212	170	253	198	114	176	190	189,49	45,58	24,06
58,5	63,1	30,3	63,8	25,1	22,4	45,8	54,3	35,65	18,12	50,83
13,7	23,3	3,6	13,2	1,9	1,9	12,6	16,3	8,04	6,04	75,15
4	3,1	0	1,7	0	0	2,6	4,9	1,64	1,67	101,91
90	95	94	98	81	90	92	99	92,26	7,31	7,92
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
400	395	392	345	359	235	360	334	333,73	50,35	15,09
120	153	156	93,7	77,8	68,4	130	130	96,08	29,21	30,40
38	62,2	82,7	18,5	14,9	20,2	43	58,3	32,15	18,19	56,59
11	20,9	53,9	1,8	2,4	4,1	10,2	30,1	11,63	12,46	107,13
105	114	114	112	107	110	112	113	110,42	5,92	5,36
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
698	544	545	687	650	479	628	554	609,30	66,47	10,91
288	241	259	315	258	227	288	255	261,93	23,54	8,99
132	115	156	168	129	128	136	130	134,09	16,56	12,35
64,6	50,1	107	105	74,4	78,8	61,1	71,9	75,47	19,09	25,30
131	126	124	136	129	127	134	132	132,47	5,33	4,02
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
2819	2823	2743	2726	2704	2525	2595	2658	2610,19	166,69	6,39
1813	1860	1847	1799	1772	1754	1675	1769	1703,87	131,49	7,72
1301	1338	1378	1319	1319	1343	1175	1290	1240,76	120,68	9,73
1000	1010	1086	1034	1049	1085	873	996	959,76	113,08	11,78
250	258	246	247	237	231	250	250	244,26	7,37	3,02
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
2790	2691	2860	2808	2762	2794	2773	2888	2710,01	181,39	6,69
1795	1768	1919	1851	1815	1943	1788	1924	1770,26	138,94	7,85
1288	1270	1423	1353	1353	1484	1249	1400	1287,10	126,05	9,79
991	959	1113	1056	1077	1195	921	1076	992,88	117,00	11,78
248	250	255	253	240	247	263	265	250,95	8,59	3,42
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	priemer	sm.odchylka	var.koef
3182	3030	3128	3158	3135	3087	2870	3014	2983,09	177,21	5,94
2037	2008	2087	2066	2063	2141	1840	2000	1942,06	141,39	7,28
1441	1449	1531	1487	1526	1624	1274	1446	1398,97	128,70	9,20
1085	1098	1182	1138	1201	1298	931	1103	1067,01	119,89	11,24
278	270	275	280	265	266	272	275	271,21	8,06	2,97

Výsledky a diskusia

Jarné fenologické fázy

Pre nástup jarných fenologických fáz je okrem genetických vlastností dreviny rozhodujúca teplota vzduchu. Začiatok nástupu a dĺžka trvania fenofáz boli v jednotlivých rokoch značne odlišné. *Začiatok pučania* spadá do obdobia druhej polovice marca až prvej polovice apríla, priemerná doba počas sledovaného obdobia bola 2. apríla. Táto fenofáza dosiahla najväčšie variačné rozpätie 28 dní. Najskorší nástup v roku 1990 (20.3.) súvisí s mimoriadne teplým a pomerne vlhkým počasím v mesiacoch január – apríl, najneskorší nástup (17.4.) v roku 1987 bol zase ovplyvnený výrazne chladným počasím predchádzajúcich mesiacov. Celý teplotný a vlhkosťový priebeh dokumentujú termopluviogramy I – IV (obrázok 1).

Fáza *všeobecného zalisťovania* prebiehajúca v apríli v rozpätí 23 dní má priemerný deň nástupu 20. apríl. Podobné väzby extrémnych teplotných výkyvov rokov 1987, 1989 pri začiatku fenofázy vo vzťahu k dlhodobým teplotným a vlhkosťovým pomerom sú zrejmé z termopluviogramu IV. Fenofáza *kvitnutia*, nastupuje ihneď po zalistení, v priebehu mája. Priemerný nástup pripadá na 13. mája najskorší nástup bol v roku 1989, najneskorší v roku 1987 (termopluviogram V).

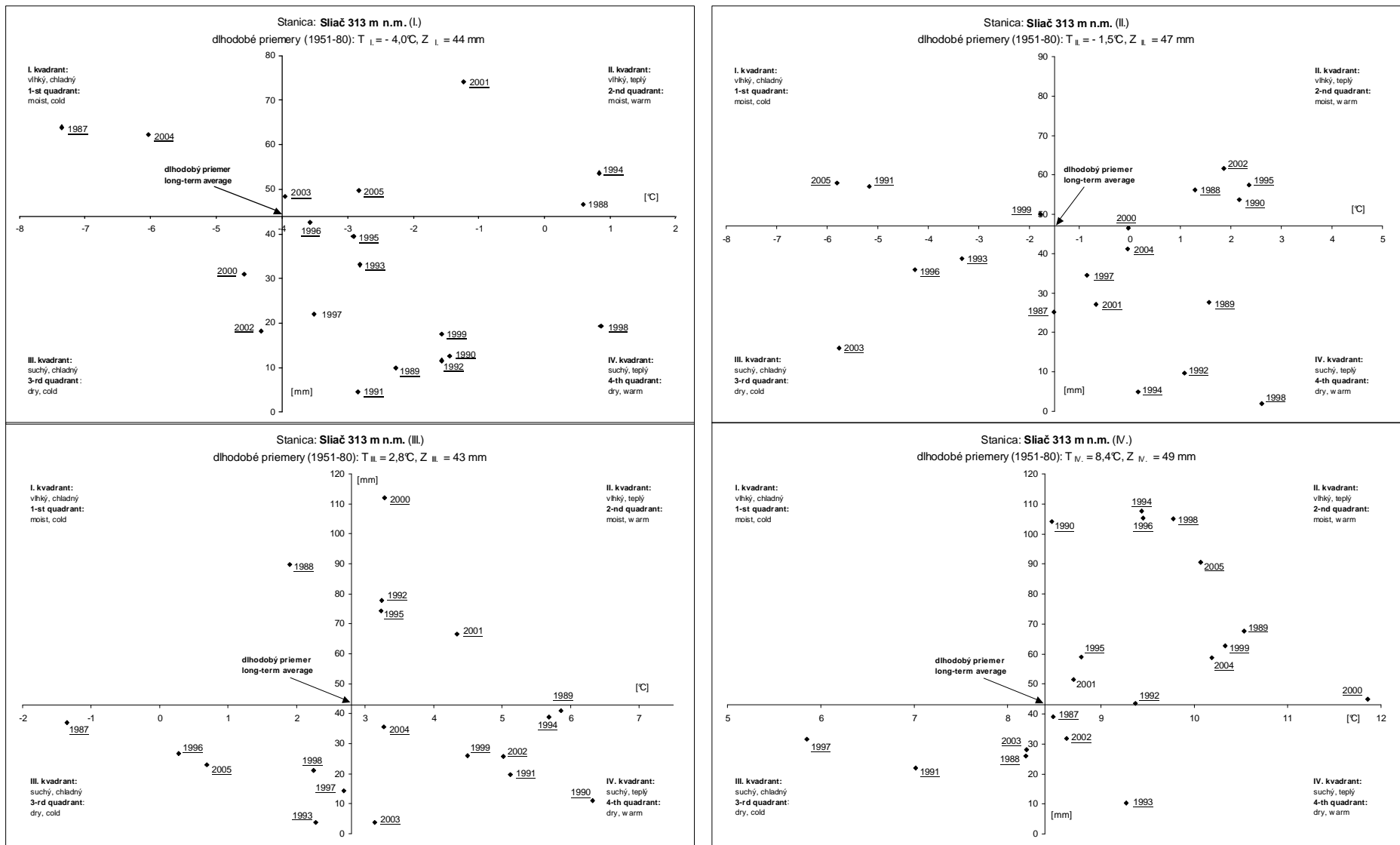
Nástup jarných fenofáz podlieha vplyvu teplotných zmien. Spoľahlivou charakteristikou, ktorá ovplyvňuje nástup a priebeh jarných fenofáz je suma priemerných denných teplôt. Viacerí autori [1,8] ju vo svojich prácach využívajú ako hodnotiace kritérium pre začatie týchto fenofáz.

Z našich zistených teplotných súm jarných vegetatívnych fenofáz (tabuľka 1) je zrejmé, že ich začatie podmieňuje teplotná hranica 0° C. Pri nej dosahujú sumy teplôt najnižšiu mieru variability, čo signalizuje vyrovnaný priebeh hodnôt. Pre *začiatok pučania* je rozhodujúca priemerná teplotná suma $TS_0 = 190$, pre *všeobecné zalisťovanie* $TS_0 = 334$. Na začatie fenofázy *kvitnutie* významnejšie vplyva teplotná suma nad 5° C ($TS_5 = 262$), kedy variačný koeficient dosahuje najnižšiu hodnotu ($s_x\% = 8,99$).

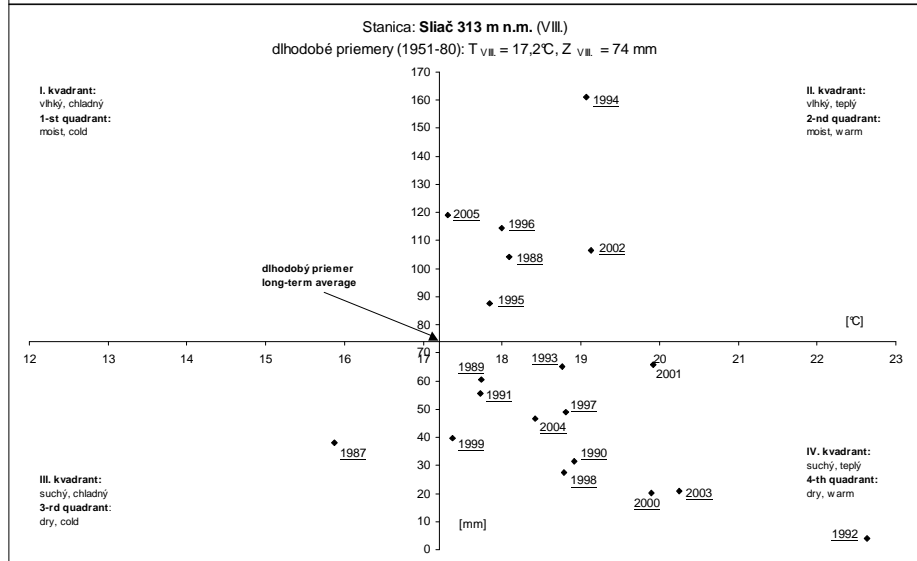
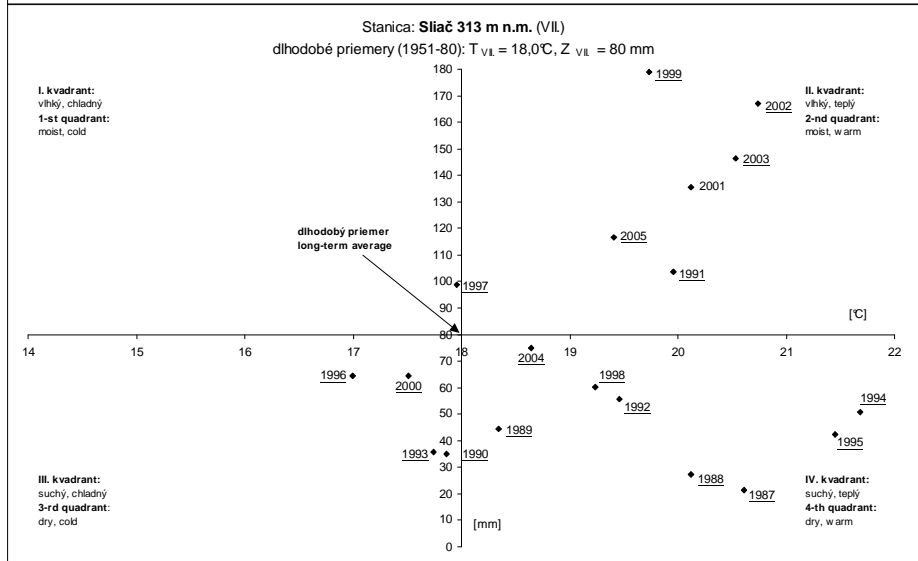
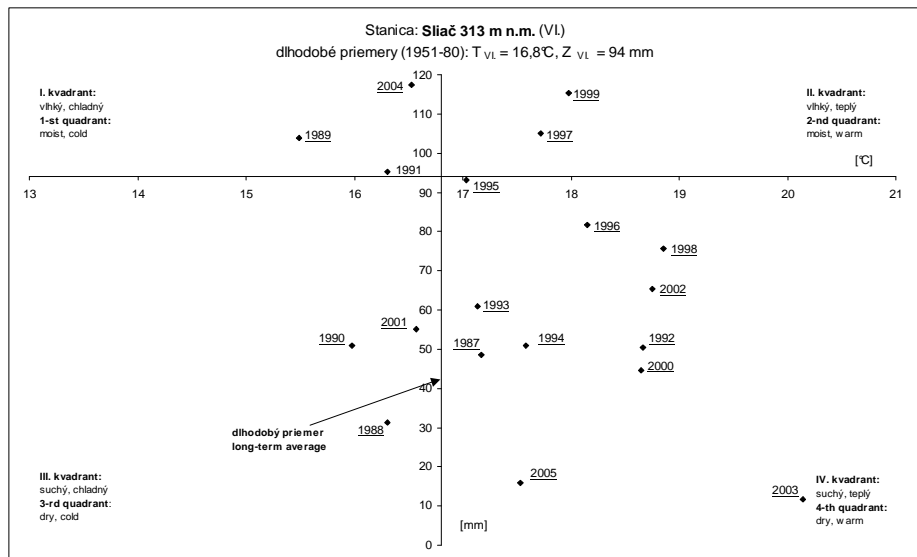
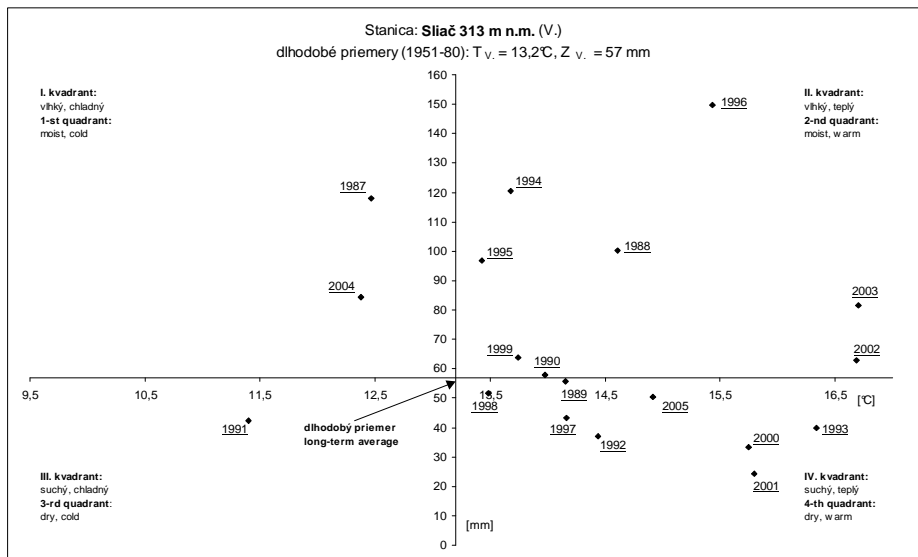
Podobné pozorovania fenologických prejavov hlohu obyčajného sa vykonávali aj na výskumnej ploche Ústavu ekológie lesa MZLU v Brne [1]. V nadmorskej výške 625 m autorky na základe vlastných pozorovaní zistili veľmi podobné hodnoty priemerných dní nástupu jarných fenofáz s časovým oneskorením o 2 – 8 dní, čo je pravdepodobne spôsobené nadmorskou výškou porovnáwanej lokality. Autorky charakterizujú aktivovanie priebehu fyziologických procesov pri teplote 5° C, podobne ako aj ŠIŠKA – ŠPÁNIK (1999), ktorí považujú obdobie ohraničené teplotou vzduchu $t < 5$ °C za obdobie vegetačného pokoja poľnohospodárskych plodín. Začiatok nástupu jarných vegetatívnych fenofáz hlohu obyčajného v Zvolenskej pahorkatine je ohraničený priemernou teplotou vzduchu 0° C, čo sa odlišuje od citovaných prác. Súvisí to pravdepodobne s teplejším charakterom lokality a juhozápadnou expozíciou.

Priebeh teplotných súm potrebných na začatie jarných fenofáz v jednotlivých rokoch podáva obrázok 2. Z vyrovnaných hodnôt vidieť postupný teplotný nárast za 15 ročné sledované obdobie. Možno predpokladať, že hloh sa postupne prispôbuje teplotným zmenám a jeho nároky pre rozbehnutie fenofáz sa zvyšujú.

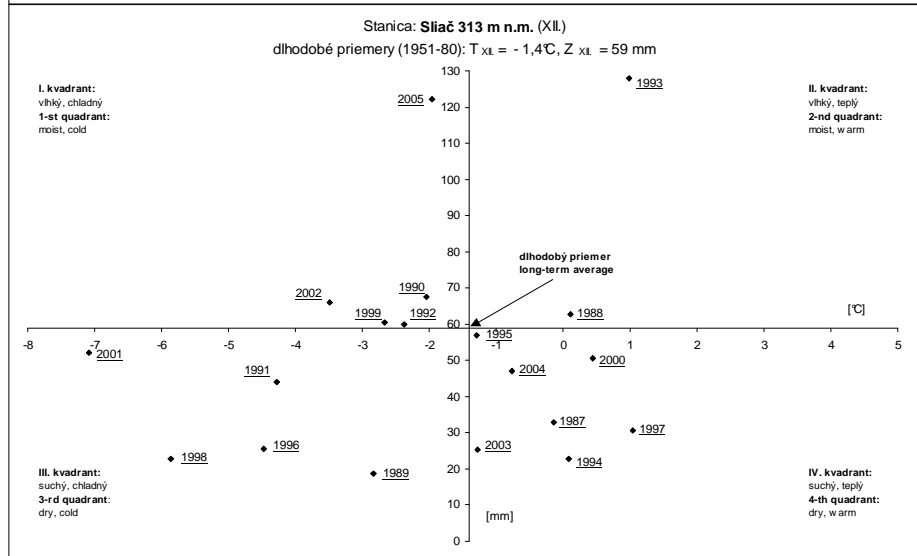
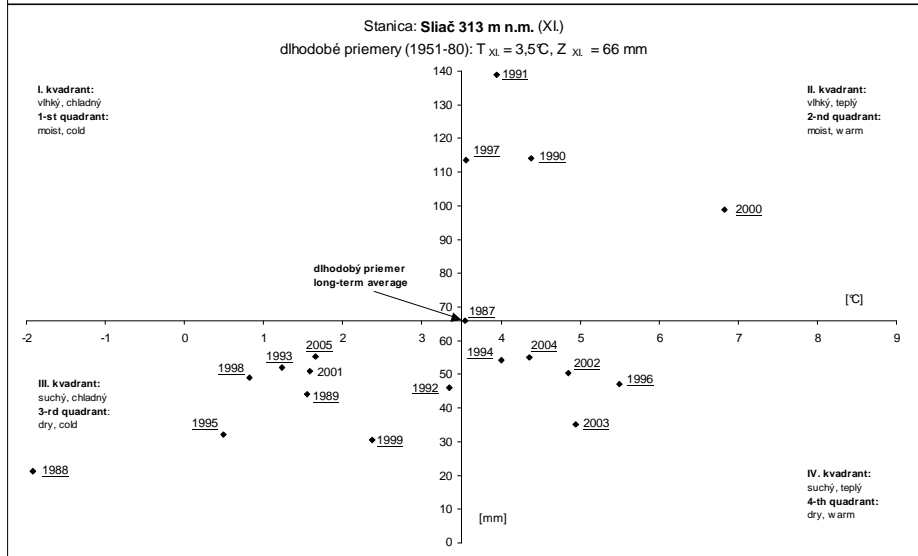
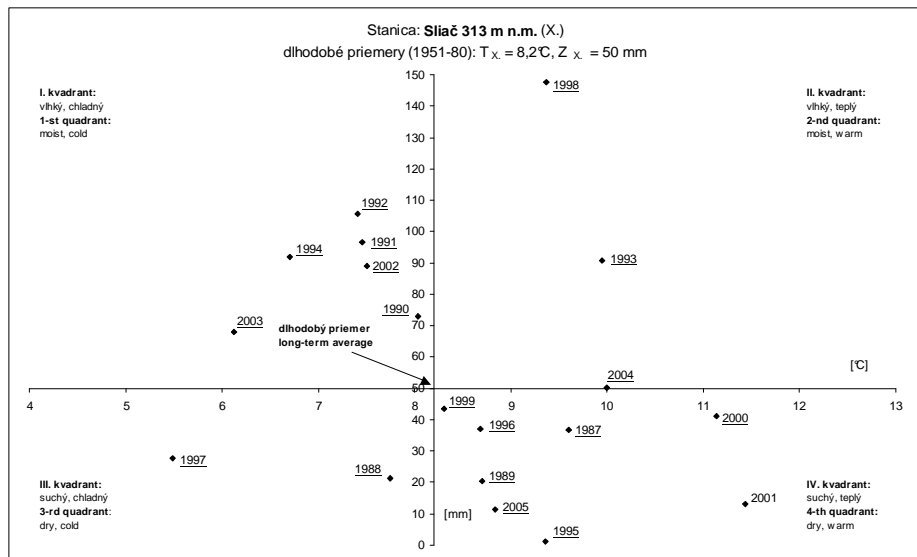
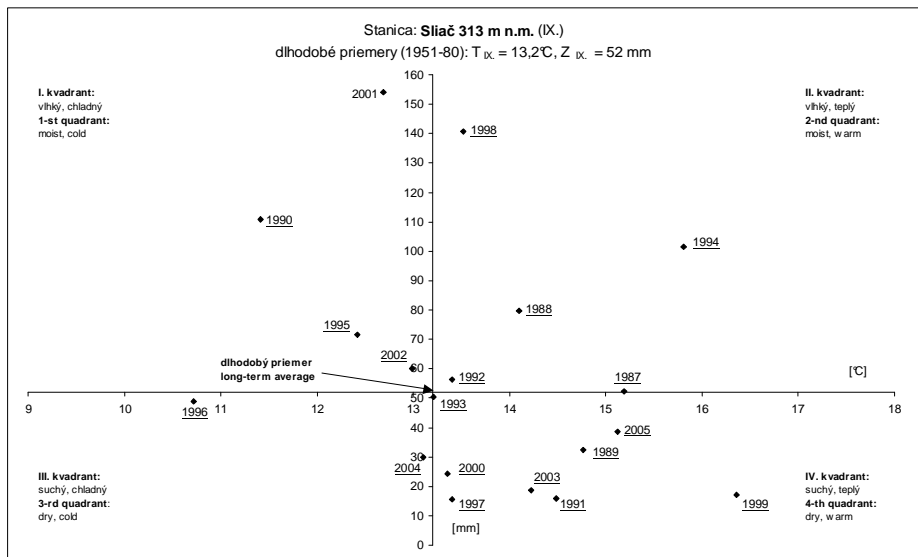
Obrázok 1: Mesačné termopluviogramy pre časový rad 1987 – 2005 pre stanicu Sliáč, január (I.) až apríl (IV.)



Obrázok 1: (pokračovanie) Mesačné termopluviogramy pre časový rad 1987 – 2005 pre stanicu Sliač, máj (V.) až august (VIII.)



Obrázok 1: (pokračovanie) Mesačné termopluviogramy pre časový rad 1987 – 2005 pre stanicu Sliac, september (IX.) až december (XII.)



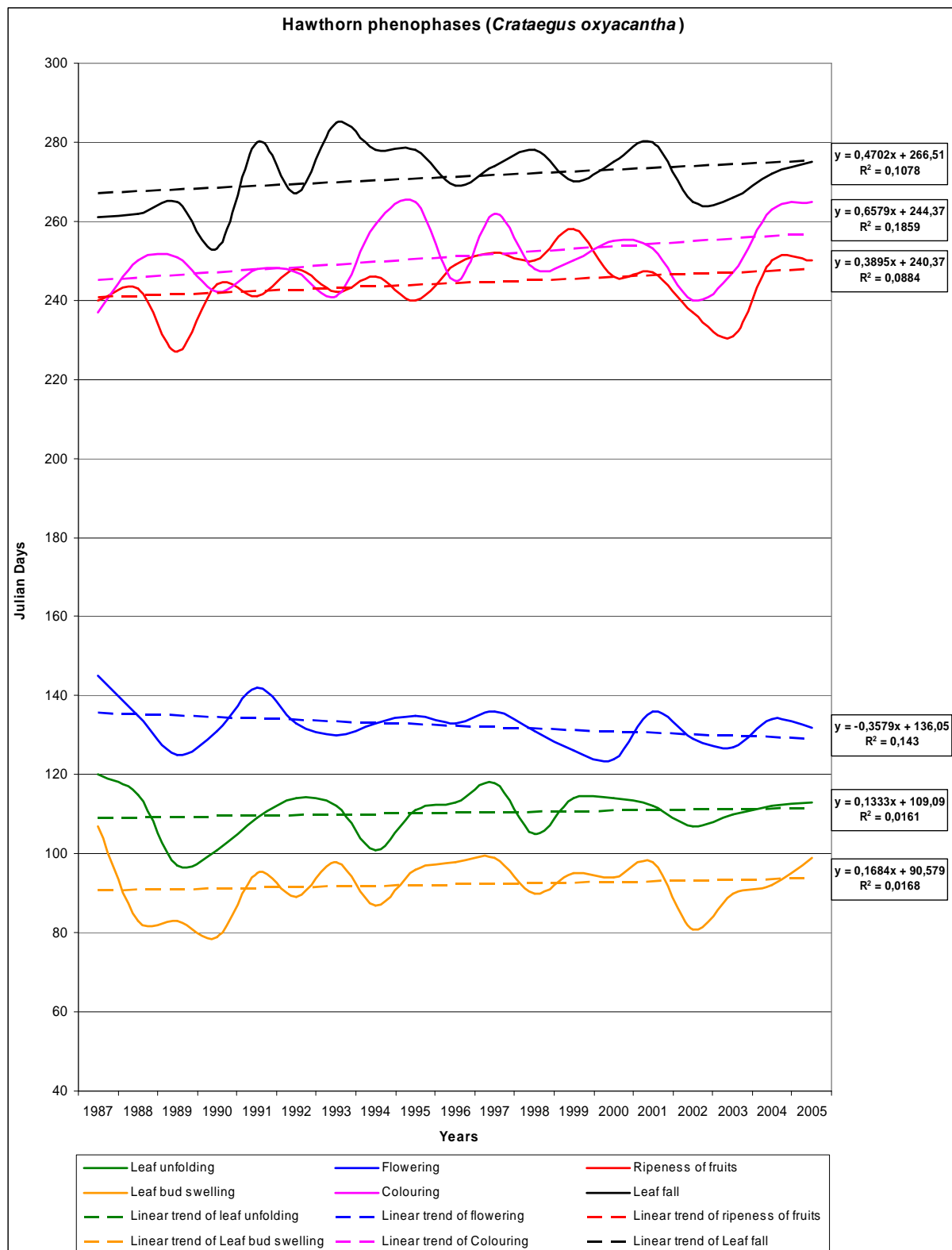
Jesenné fenologické fázy

Obdobie fotosyntetickej aktivity sa končí *žltnutím listov*. Jeho priebeh závisí od teploty a množstva zrážok počas vegetačného obdobia. Najskorší začiatok fenofázy (25.8.) v roku 1987 podmienilo suché a teplé počasie v mesiacoch júl a august (termopluviogramy VII, VIII). V priemere k tejto fáze dochádzalo 8. septembra, čo je v porovnaní s pozorovaniami hlohu v Čechách [1] o 21 dní skôr. Zaznamenali sme tiež pomerne vysoké variačné rozpätie (28 dní).

Opad listov prebiehal od polovice septembra do polovice októbra a dosiahol najväčšie variačné rozpätie 32 dní zo všetkých pozorovaných fenofáz. Začiatok opadu nastal v priemere 26. septembra, čo je o 30 dní skôr ako pri pozorovaniach v Čechách. *Zrelosť plodov* hlohu je vtedy, keď sa plody vyfarbili a nastalo zmäknutie ich dužiny. Táto fáza nastupuje v priemere 30. augusta a výrazne je ovplyvňovaná teplotou počas vegetačného obdobia. Príkladom je rok 2003, kedy vplyvom teplého a suchého počasia nastala zrelosť plodov už 19. augusta.

Vplyv teploty vzduchu na vývoj a priebeh jesenných fenofáz je vidieť z graficky vyjadrených teplotných súm (obrázok 2). Priamka ich vyrovnaných hodnôt za sledované obdobie má stúpajúci trend, z čoho možno predpokladať, že s postupným otepľovaním sa budú zvyšovať nároky hlohu na teplotu vzduchu a tým aj dosiahnutie jednotlivých fenofáz.

Obrázok 2: Priebeh fenologických fáz hlohu obyčajného (*Crataegus oxyacantha* L.) v rokoch 1987 až 2005



Záver

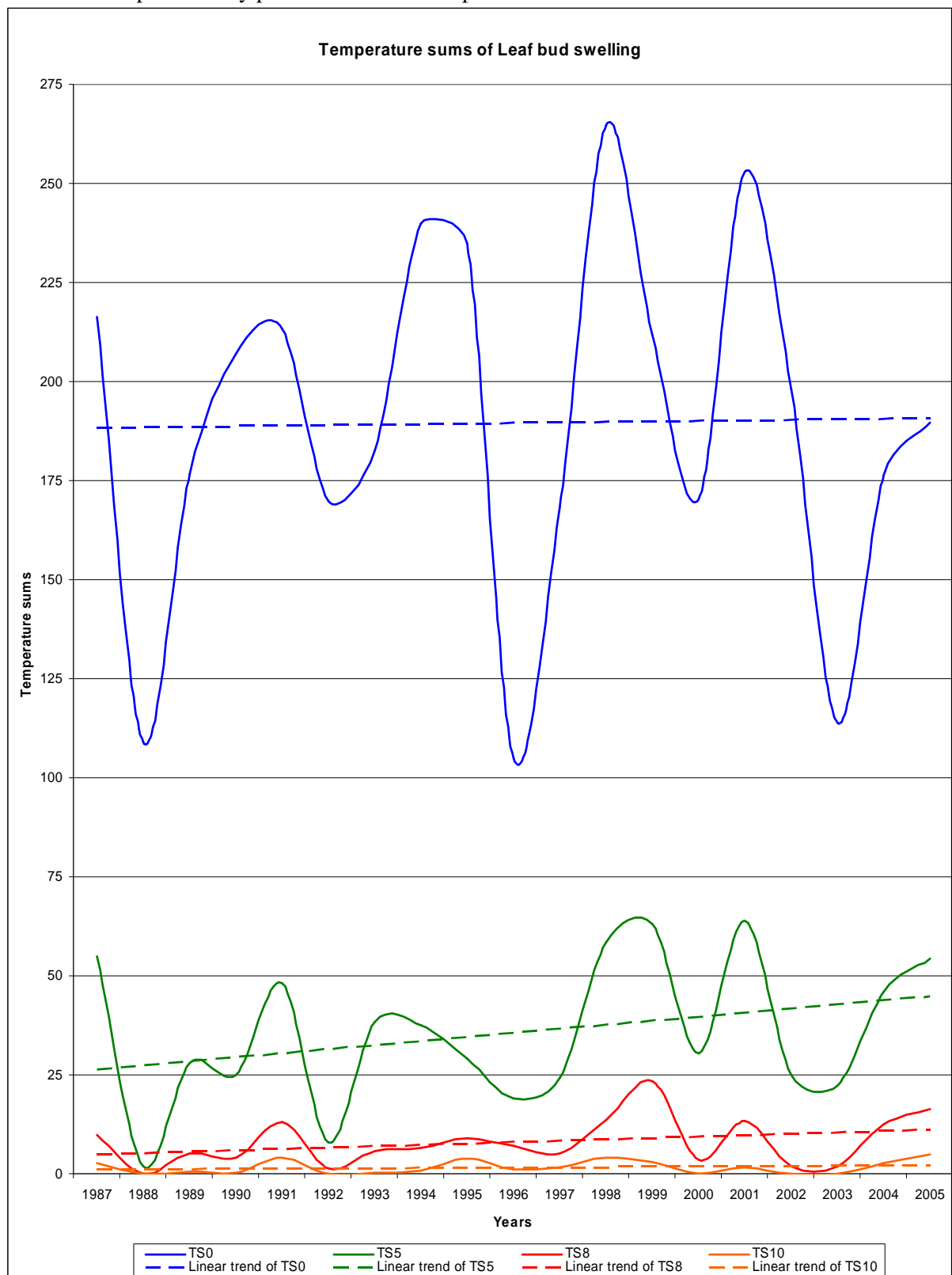
Medzi fenologickými údajmi a priebehom počasia existujú významné korelačné vzťahy. Potvrdili to výsledky fenologických pozorovaní hlohu obyčajného (*Crataegus oxyacantha* L.) v rokoch 1987 – 2005 v Zvolenskej pahorkatine. Zo získaných výsledkov sa u jednotlivých fenofáz ukázala pomerne vysoká miera variability pri nástupe a dĺžke trvania fenologických fáz, čo je spôsobené vplyvom meteorologických faktorov. U jarných fenofáz je dominantným faktorom teplota, ktorá rozhodujúcou mierou vplýva na ich začiatok a priebeh. Suma priemerných teplôt vzduchu charakterizuje teplotné nároky hlohu na začiatok fenologických fáz. Pre začiatok pučania a zalistenie sa ako významná ukázala teplotná hranica 0° C, pri ktorej sa dosiahli vyrovnané sumy teplôt pri najnižšej miere variability. Pre začiatok pučania je rozhodujúca priemerná teplotná suma TS0 = 190, pre všeobecné zalistovanie TS0 = 334. Na začatie fenofázy kvitnutie významnejšie vplýva teplotná suma nad 5° C (TS5 = 262), kedy variačný koeficient dosahuje najnižšiu hodnotu ($s_x\% = 8,99$).

Závislosť nástupu fenofáz od teplotných a vlhkosťných podmienok v jednotlivých rokoch vzťahované k dlhodobým priemerom rokov 1951-1980 výstižne podávajú termopluviogramy. Extrémne hodnoty skorého aj neskorého nástupu fenofáz súvisia priamo úmerne s charakterom počasia jednotlivých mesiacov a rokov.

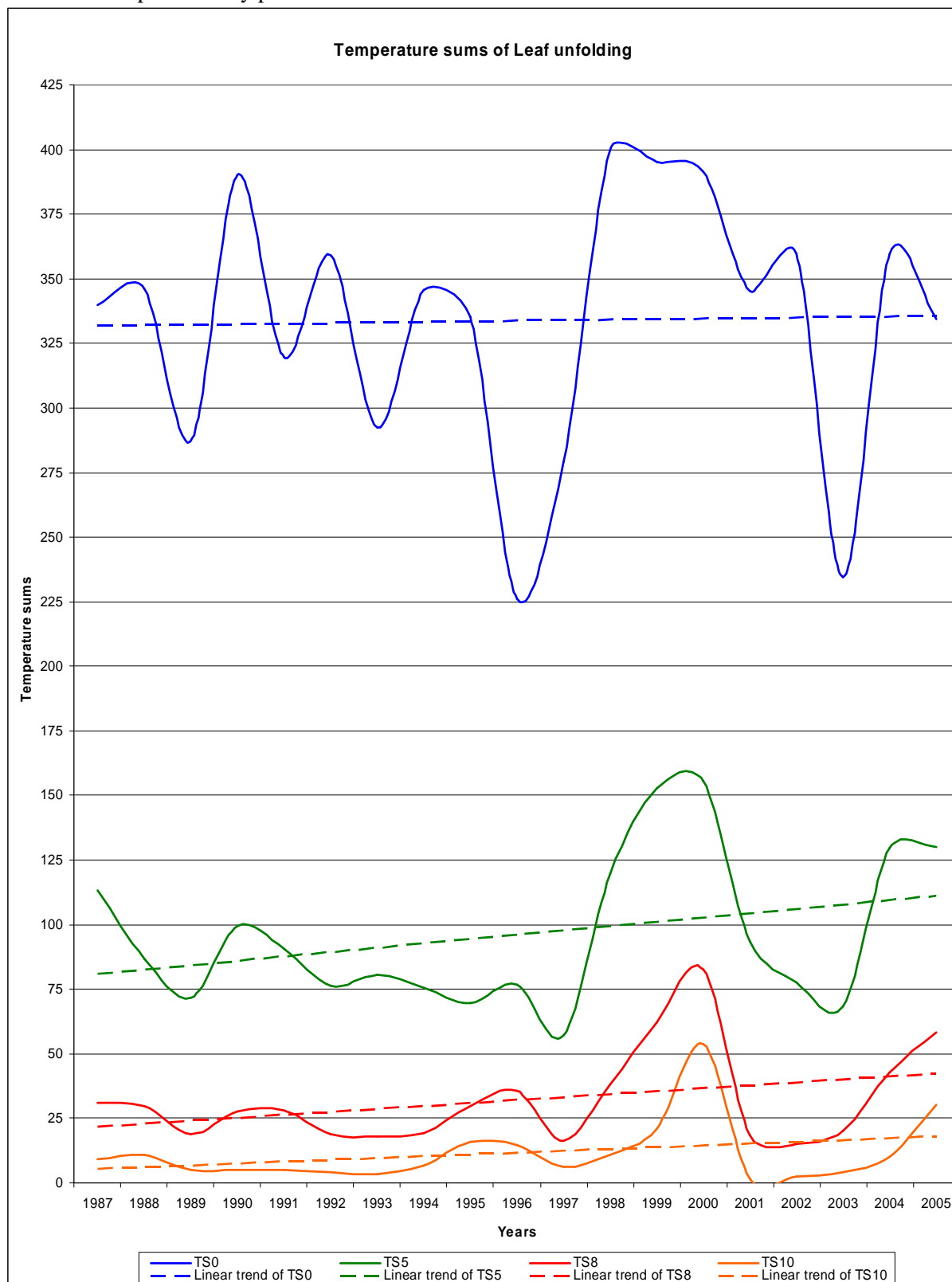
Nástup jesenných fenofáz ovplyvňuje teplota vzduchu a zrážky počas vegetačného obdobia. Žltnutie listov začína v priemere 8. septembra s variačným rozpätím 28 dní, opad 26. septembra s najväčším rozpätím 32 dní. Zrelosť plodov, ktorá nastáva v priemere 30. augusta, je ovplyvňovaná klimatickými výkyvmi počas mesiacov júl a august.

Teplota vzduchu výraznou mierou ovplyvňuje vývoj a priebeh všetkých fenologických fáz. Možno predpokladať, že zaznamenaný stúpajúci trend vyrovnaných hodnôt teplotných súm bude viesť k zvyšovaniu teplotných nárokov hlohu obyčajného na fenologické a rastové fázy. Klimatické výkyvy môžu spôsobiť zníženie vitality, ale aj zmeny areálu tejto dreviny (obrázky 3-8).

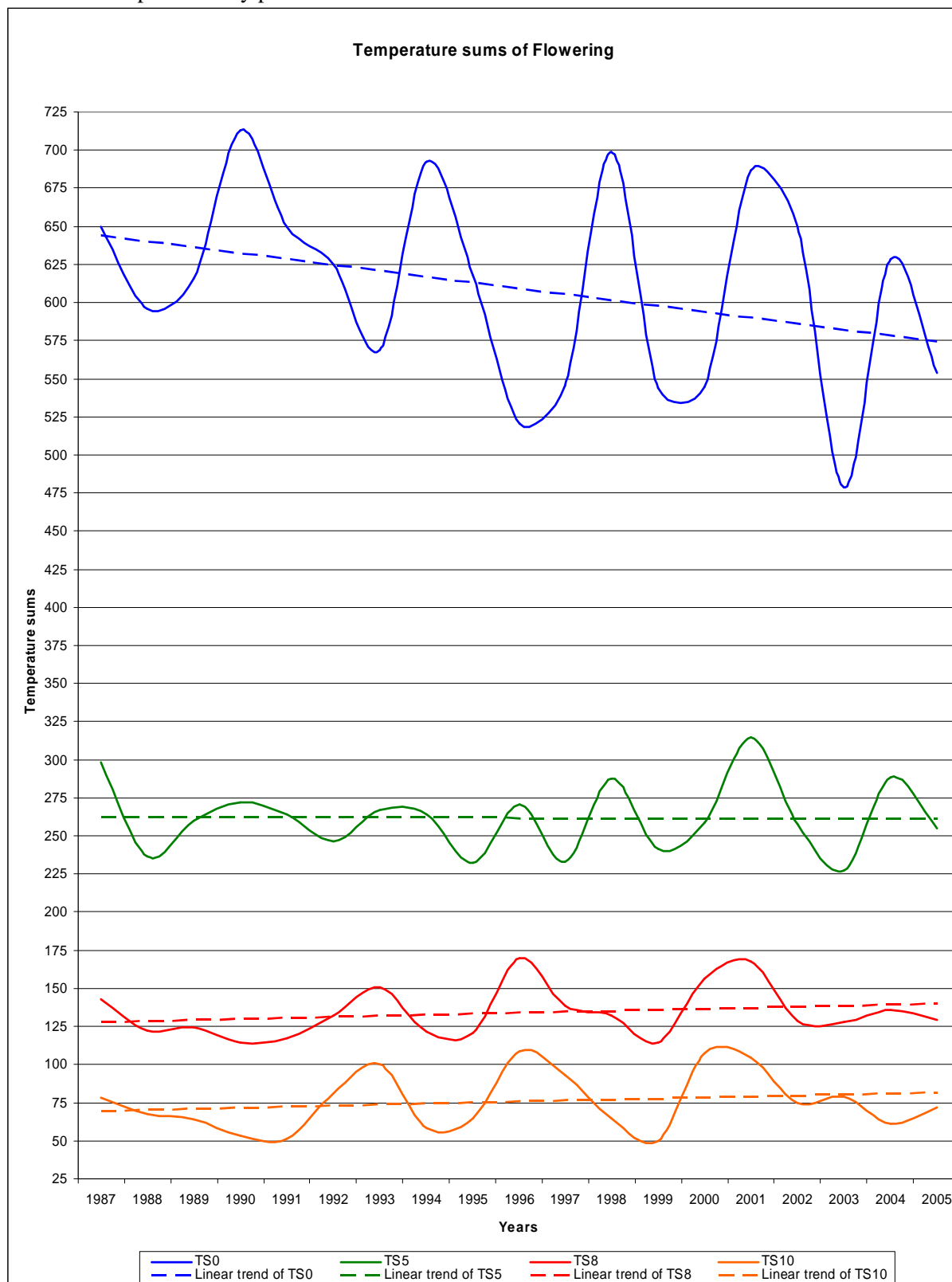
Obrázok 3: Teplotné sumy pre fenofázu začiatok pučania



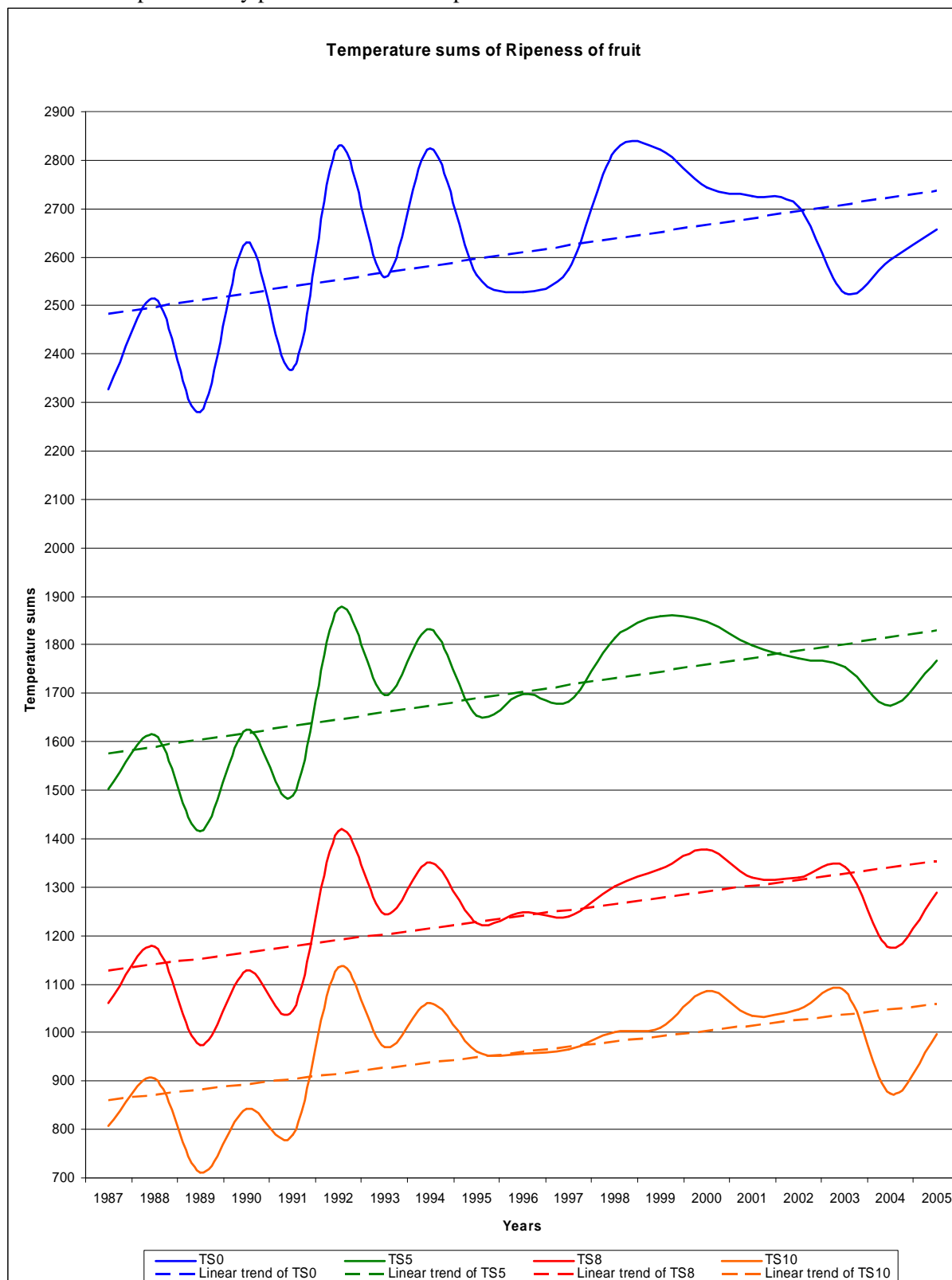
Obrázok 4: Teplotné sumy pre fenofázu všeobecne zalisťovanie



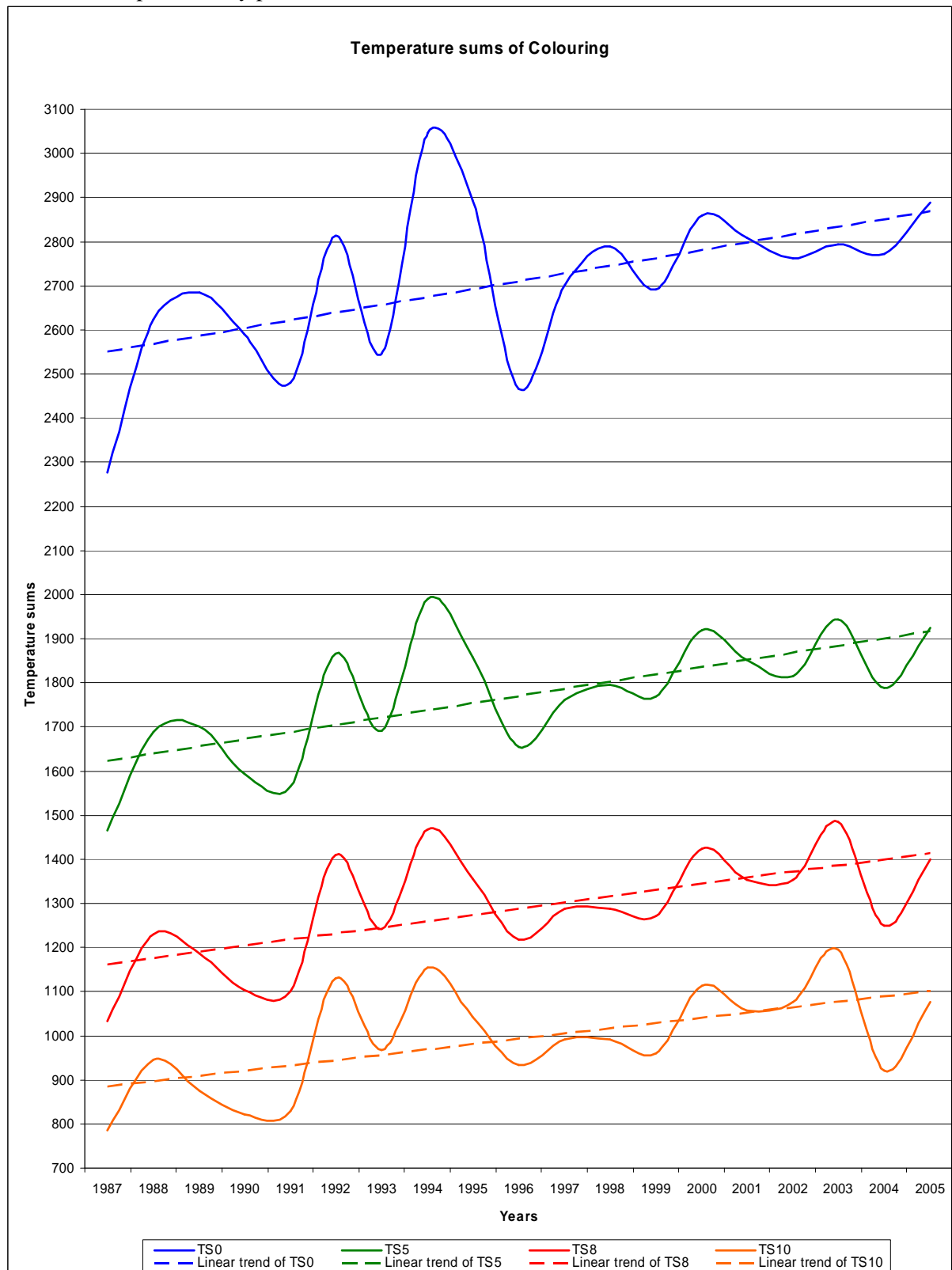
Obrázok 5: Teplotné sumy pre fenofázu všeobecnej kvitnutie



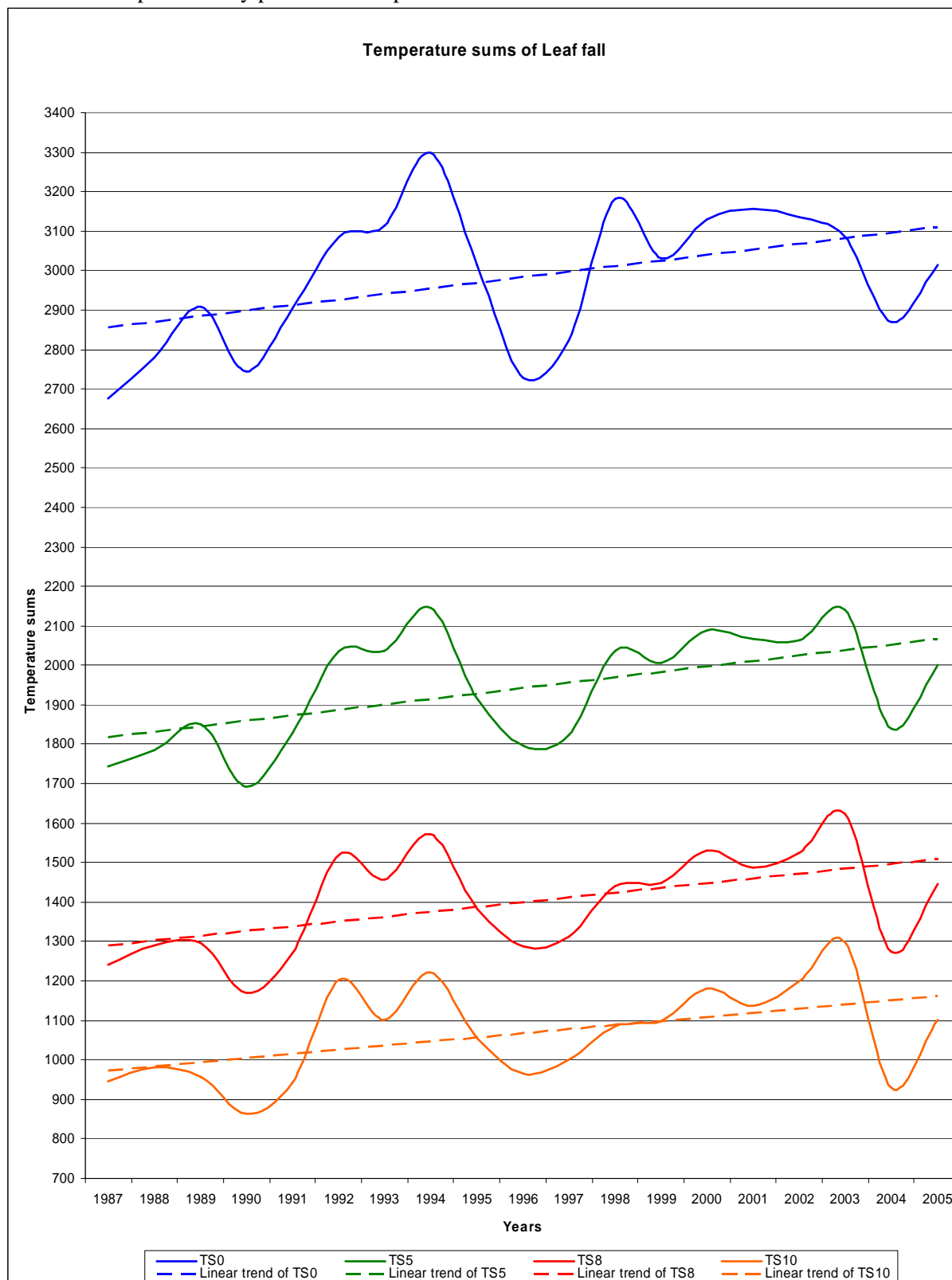
Obrázok 6: Teplotné sumy pre fenofázu zrelosť plodov



Obrázok 7: Teplotné sumy pre fenofázu žltnutie listov



Obrázok 8: Teplotné sumy pre fenofázu opadávanie listov



Literatúra

- [1] BEDNÁŘOVÁ, E. – MERKLOVÁ, L., 2006: Zhodnocení fenologických fází keřového patra na okraji smrkového porostu v oblasti Dražanská vrchovina. In.: ROŽNOVSKÝ, J. – LITSCHMANN, T. – VYSKOT, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. ČHMÚ, Brno, s. 8, CD Rom 9 s., ISBN 80-86690-35-0.
- [2] DEFILA, C., 1996: 45 years phytophenological observations in Switzerland, 1951-1995. Proceedings of 14th International Congress of Biometeorology 1-8 september, Ljubljana, Slovenia, p. 175-183. Inaugural – Dissertation, Philosophischen Fakultät, Zürich, 235 s.
- [3] LARCHER, W., 1988: Fyziologická ekologie rostlin. Academia Praha, 368 s.
- [4] KLABZUBA, J. – KOŽNÁROVÁ, V. – VOBORNÍKOVÁ, J., 1999: Hodnocení počasí v zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, 125 s.
- [5] KOŽNÁROVÁ, V. - KLABZUBA, J., 1996: Použití termopluviogramu pro hodnocení agrometeorologického roku (ročníku). In.: ROŽNOVSKÝ, J. – LITSCHMANN, T. (eds.): „Současná agroklimatologie 1995“, Ediční středisko MZLU Brno, s. 129 – 136.
- [6] KÖNIG, CH. – MAYER, H., 1989: Klimastatistik. Wissenschaftliche Mitteilung, LMU München, Nr. 64, 343 s.
- [7] MELO, M., 1991: Začiatok kvitnutia lipy malolistej na Slovensku v závislosti od niektorých fenologických a meteorologických faktorov. Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 49 s.
- [8] STŘEDA, T. – ROŽNOVSKÝ, J., 2006: Vliv teplotních sum na nástup fenofáze „Počátek květení“ u meruňky (*Prunus armeniaca* L.) In.: ROŽNOVSKÝ, J. – LITSCHMANN, T. – VYSKOT, I. (eds.): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. ČHMÚ, Brno, s. 28, CD Rom 6 s., ISBN 80-86690-35-0.
- [9] ŠIŠKA, B. – ŠPÁNIK, F., 1999: Predpokladané zmeny fenologických pomerov ozimnej pšenice a jarného jačmeňa v oblasti Podunajskej nížiny do roku 2075 ako dôsledok klimateckej zmeny. Meteorologický časopis, č.3, s. 35-39.