Litschmann,T., Rožnovský, J..: Evaluation of automatic monitoring systems as tool to predict harmful factors impacts in fruit orchards.. Šiška, B. – Hauptvogl, M. – Eliašová, M. (eds.). Bioclimate: Source and Limit of Social Development International Scientific Conference, 6th – 9th September 2011, Topoľčianky, Slovakia

Automatizovaný systém signalizace škodlivých činitelů v ovocných sadech

Tomáš Litschmann[1)], Jaroslav Rožnovský[2)]

[1)] AMET, Velké Bílovice, Česká republika
[2)] Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Česká republika

Abstrakt

Článek popisuje fungující systém vyhodnocování meteorologických údajů ze sítě stanic umístěných v ovocných sadech ve vztahu k vývoji chorob a škůdců a distribuci výsledků k uživatelům. V současné době je tento systém provozován na 18-ti stanicích na území Česka a Slovenska, uživatelé dostávají informace prostřednictvím E-mailu a SMS zpráv každý den, v případě potřeby i několikrát denně.

Úvod

Ovocnářská výroba v našich zemích má poměrně dlouhou tradici, přestože rozsáhlejší výměry sadů a s tím i jejich intenzifikace se začaly prosazovat až po druhé světové válce, kdy v rámci kolektivizace zemědělství docházelo ke scelování pozemků a pěstování jednotlivých plodin na větších výměrách.

V současné době je více než polovina výměry našich sadů zahrnuta v integrované produkci (IP), která tak představuje nejrozšířenější pěstitelský systém. Od 90. let minulého století je rozvoj IP úzce spjat s činností SISPO (Svaz pro Integrované Systémy Pěstování Ovoce) a s aktivitami výzkumu. Významným fenoménem formujícím vývoj IP jsou v posledním desetiletí dotační tituly. Finanční podpory čerpané z různých zdrojů umožnily pěstitelům nejen ekonomicky zvládat komplikované postavení na trhu, ale také přispěly k modernizaci technologie, investicím do obnovy výsadeb a dalším pozitivním změnám.

Počátky ekologického pěstování ovoce v zahraničí spadají do období přibližně před 20 lety. Snahu v té době pokrývalo jen několik pěstitelů pokoušejících se amatérsky a bez potřebných znalostí o ekologickou produkci ovoce. Zároveň se tímto tématem zabývalo jen velmi málo výzkumníků. Řadu klíčových problémů se však od té doby podařilo vyřešit a v současné době jsou farmáři lépe vybaveni technikou, účinnějšími biologickými přípravky pro ochranu rostlin a také mají k dispozici více informačních zdrojů.

Mezi jedny z důležitých informačních zdrojů, sloužících k usměrnění a správnému načasování chemické ochrany, patří informace získané vyhodnocením meteorologických podmínek v příslušné lokalitě.

V současné době jsme dospěli do stavu, kdy nejsme limitováni problémy s měřící technikou, výpočetní technikou ani s komunikací mezi jednotlivými přístroji a uživateli. Během posledních 20-ti let rovněž byly znovu ověřeny některé vědecké poznatky ohledně závislosti vývoje chorob a škůdců na meteorologických podmínkách, popřípadě nalezeny nové.

Po více než dvou desetiletích poměrně úzké spolupráce se sadaři jsme v otázce měření, vyhodnocování a interpretace výsledků dospěli k těmto klíčovým závěrům:

vše musí probíhat automaticky. Pěstitel ovoce musí organizovat a zajišťovat velké množství činností, týkajících se samotného pěstování ovoce, jeho odbytu, zajišťování dotací a evidenci podkladů pro kontrolu jejich správného čerpání, takže na meteorologická měření mu zbývá velmi málo času, zejména pak ve vrcholné sezóně. Meteorologické záznamy, pokud jsou prováděny automatickými stanicemi, ale s přenosem údajů do počítače, vyžadujícím ruční obsluhu, jsou pak neúplné a většinou začínají pozdě na jaře a končí v období sklizně, což je pro vyhodnocení zejména teplotních sum nedostačující.

čím lepší sadař, tím menší odborník na práci s počítačem. Je tomu sice již 20 let, co se i v našich krajinách začaly objevovat první osobní počítače typu PC, přesto správný sadař dává přednost činnosti v sadu a v práci s počítačem ovládá pouze nejběžnější základní úkony. Pokud je po něm vyžadována jakákoliv odbornější práce, spojená s nastavením některých programů, je to nad jeho síly a musí vyžádat odbornou pomoc.

V zahraničí existuje celá řada systémů pro ovocnáře, založených na spojení bezdrátového přenosu meteorologických údajů na webový server, kam mají jednotliví uživatelé přístup a mohou si zadávat nejrůznější požadavky na vyhodnocení meteorologických údajů z nejbližší stanice pomocí různých modelů. Ve Švýcarsku je to např. systém SOPRA, ale známý je např. i systém DAS (Decision Aid System) provozovaný Washington State University (WSU) v USA. Podle Jonese a kol. (2010) se jedná o systém, který využívá meteorologické údaje ze 140 stanic provozovaných WSU ve státě Washington a zpracovává je pomocí několika modelů. Výstupy z těchto modelů jsou zobrazovány na internetu a v případě, že je indikováno chemické ošetření, je uživateli nabídnut seznam vhodných přípravků, šetrných k neškodným, popřípadě užitečným organizmům.

Cílem tohoto příspěvku je popsat systém, který využívá většiny předností moderní techniky a komunikace pomocí internetu a bezdrátových sítí ke sběru a vyhodnocování meteorologických dat přímo ze sadů a nabízí je uživatelům v co nejpřístupnější formě.

Materiál a metodika

Námi sestavený systém vychází z představy, že konečný uživatel je tu od toho, aby se staral o pěstování a sklizeň ovoce a nemusel se věnovat meteorologickým měřením a jejich vyhodnocením. Aktuální shrnující informace musí dostávat pokud možno co nejsnadněji, niž by musel strávit nějaký čas sledováním webových stránek, popřípadě zadáváním nějakých parametrů programů, nainstalovaných v jeho počítači. Vše probíhá automaticky a výsledky jsou uživatelům distribuovány těmito způsoby:

E-mailem: nejčastější způsob, který poskytuje po prohlédnutí elektronické pošty podrobný přehled o vývoji vybraných chorob a škůdců na dané lokalitě, včetně vysvětlujících informací. Poskytované údaje jsou v grafické i tabelární formě.

SMS zprávou: aktuální informace o stavu škodlivých činitelů lze předávat i prostřednictvím mobilního telefonu, sadař má tak k dispozici podklady pro koordinování své další činnosti, aniž by musel zapínat počítač a prohlížet E-mail, popřípadě webové stránky

Aktualizací webových stránek: uživatelé, kteří nemají zájem dostávat E-maily anebo SMS zprávy mohou sledovat signalizaci škodlivých činitelů na webových stránkách, které jsou pravidelně, nejméně jednou denně, aktualizovány. Podle svých potřeb tak mohou čerpat informace pro jednotlivé lokality a plošně navzájem porovnávat.

Popisovaný systém se skládá z těchto hlavních složek:

Meteorologické stanice:

Základním pilířem celého systému jsou automatické meteorologické stanice, lokalizované přímo v ovocných výsadbách. Jejich vybavení solárními fotovoltaickými panely a dálkovým přenosem prostřednictvím sítě GSM z nich učinilo vhodný nástroj pro potřeby monitoringu jednotlivých meteorologických prvků s minimálními nároky na údržbu. Tyto stanice je možno na dálku pomocí SMS zpráv anebo E-mailu konfigurovat a měnit např. periodu posílání zpráv (v létě častěji), kalibrační konstanty jednotlivých snímačů, seřizovat aktuální čas apod. Ačkoliv tyto stanice umožňují zasílat data E-mailem do schránek uživatelů, pro fungování popisovaného systému je rozhodující přenos těchto dat na webový server, kde jsou archivována a zobrazována graficky i v číselné podobě. Veličiny, měřené na většině stanic v sadech jsou tyto:

teplota vzduchu: základní veličina, ovlivňující vývoj rostlin, chorob a škůdců.
vlhkost vzduchu: veličina, vstupující do některých modelů na signalizaci houbových chorob
srážky: veličina, důležitá při signalizaci některých chorob, kromě toho poskytuje cenné informace pro agrotechnické operace, vláhovou bilanci půdy a účinnost některých postřiků
ovlhčení listů: klíčová veličina pro signalizaci houbových chorob, především strupovitosti jabloně, ale i dalších
vlhkost půdy: většina současných sadů je vybavena kapkovou závlahou, měření půdní vlhkosti přímo ve výsadbě umožňuje její efektivní řízení s ohledem na vláhovou potřebu plodin a další zdroje vody
přízemní teplota
teplota půdy

Na obr. 1 je ukázka této stanice, umístěné v jabloňové výsadbě.

Obr. 1 Meteorologická stanice umístěná přímo ve výsadbě jabloní

Webový server:
Je naprogramován tak, aby přijímal data přicházející z jednotlivých meteorologických stanic formou E-mailu, třídil je a zobrazoval na grafech průběhy jednotlivých měřených veličin. Umožňuje hlídat zadané meze pro každou veličinu a při jejich překročení anebo podkročení poslat varovný E-mail. Lze tak hlídat, zda-li ze stanic docházejí pravidelně údaje, zda-li se pohybují ve fyzikálně opodstatněných mezích apod. Údaje lze graficky zobrazovat za různá časová období podle potřeby. Rovněž je možno

data ve formě ASCII souboru stáhnout do počítače a libovolně zpracovat. Toho právě využívá vytvořený soubor programů, stahující si data z serveru, vyhodnocuje je a výsledky distribuuje jednotlivým uživatelům.

Soubor aplikačních programů:

Tento soubor obsahuje programy na
stažení dat z webového serveru pro jednotlivé stanice
zpracování těchto dat pomocí různých metodik na signalizaci chorob a škůdců, tyto programy produkují výstupy vhodné pro jejich další grafické a tabelární zpracování, sloužící jako příloha E-mailových zpráv a k aktualizaci webových stránek. Kromě toho poskytují rovněž text, který je odesílán jako SMS
odesílání E-mailů s předem definovanými přílohami a textem na zadané adresy
odesílání SMS zpráv zadaným uživatelům s příslušným textem. Jsou využívány SMS brány, umožňující bezplatné posílání těchto zpráv, což výrazně přispívá k minimálním nárokům na provozování tohoto systému
FTP přenos vybraných souborů na webové stránky

Všechny použité programy umožňují spouštění z příkazové řádky, což umožňuje jejich logické řazení do dávkových souborů podle požadovaného zaměření.
Výstupy z modelů rovněž slouží odborným poradcům k formulaci jejich vlastních doporučení s návrhem aplikace konkrétních přípravků.
Jednou měsíčně je zároveň automaticky odeslána E-mailem i sestava obsahující denní hodnoty, tak jak je vyžaduje nařízení vlády č. 79/2007 Sb., včetně přehledného grafu. Na sadaři je pak již jen jejich vytištění a archivace po dobu 10-ti let.

Výsledky a diskuse

Využití meteorologických údajů při stanovení termínu ošetření proti kadeřavosti broskvoní:

Kadeřavost broskvoně patří k závažných chorobám broskvoní. Je způsobena houbou *Taphrina deformans* a pokud není včas provedeno ošetření brzy na jaře, může zejména ve vlhkých jarních obdobích dojít k citelnému snížení výnosů. Pokud jde o fenologickou fázi, je zapotřebí zásah proti této chorobě provést ještě před fází B podle Baggioliniho, nejlépe ve fázi 01 podle stupnice BBCH. Problém je, že se jedná o první jarní fenofáze po zimním klidu, takže sadař nemá k dispozici žádné předchozí srovnání. V práci Litschmann, Pokorný (2003) je však uvedeno, že poměrně spolehlivě lze stanovit termín ošetření na dobu, kdy je dosaženo sumy aktivních teplot od 1.1. nad 7 ^{o}C 1100 – 1200 ^{o}C. U některých rannějších odrůd, zejména pak i u nektarinek, je zapotřebí tento zásah provést o něco dříve. Přesto je pro pěstitele broskvoní poměrně cennou informací údaj o velikosti této sumy v předjarním a jarním období. Je to dáno m.j. i tím, že v našem kontinentálním podnebí je vhodný termín pro provedení zásahu velmi proměnlivý, v některých letech se může vyskytnout již v lednu, zatímco v jiných až v dubnu. Jak dokládá Litschmann (2006), počátek sumace stanovený na 1.1. postačuje i v letech s mírnější zimou.
Aby byli sadaři včas informováni, jsou od počátku roku vyhodnocovány sumy aktivních teplot nad 7 ^{o}C a od dosažení hodnoty 200 ^{o}C jsou jim posílány E-maily a SMS obsahující hodnotu této sumy pro různé pěstitelské oblasti v naší republice. Jedná se o poměrně jednoduchou aplikaci, přesto je mezi pěstiteli broskvoní o tyto údaje značný zájem, což vyplývá z výše uvedené variability optimálního termínu v jednotlivých letech, doplněný navíc plošnou variabilitou na území republiky v závislosti na výskytu mlh a nízké inverzní oblačnosti.

Využití meteorologických údajů při modelování vývoje škůdců v sadech:

Při stanovení míry vývoje hmyzích škůdců jsou ve většině případů používány poměrně jednoduché modely, založené na sumaci efektivních teplot nad určitou prahovou hodnotou (často označovanou jako biologická nula). Sumace probíhá buď od určitého kalendářního data, což většinou bývá počátek roku anebo 1. březen, anebo od dosažení

určitého jevu, jako je např. zachycení prvních motýlů ve feromonových lapačích, zjištění vykladení vajíček apod. Tento druhý případ může být v pozdějších fázích vývoje vegetace přesnější, jeho nevýhodou je, že vyžaduje odezvu přímo od pěstitele o dosažení daného jevu, na což se nelze vždy spolehnout. Sumovat lze buď denní průměrné hodnoty, anebo hodinové, přičemž lze logicky předpokládat, že použití hodinových stupňů vede k přesnějším výsledkům, zejména pak při vyšších prahových teplotách.

Tab. 1 Ukázka výstupu z programu SUMAR

Prehled teplotnich sum pro jednotliva vyvojova stadia skudcu a chorob
u nichz aktualni hodnota tepl. sumy je od 50 do 100 %

Stanice: "VŠUO - Kamenec"
k terminu: 13. 4.2011 11 hod.

Skodlivy cinitel	vyvojove stadium	skut. suma	nast. suma	% vyvoje
Obalec jablecny	Zaveseni fer. lapaku	1023.	2000.	51.%
Obalec jablonovy	Maximum lihnuti housenek	120.	128.	93.%
Obalec pupenovy	Maximum rozlezani housenek	120.	130.	92.%
Obalec ruzovy	Poc. lihnuti housenek	3253.	3340.	97.%
Obalec ruzovy	Vrchol lihnuti housenek	3253.	4510.	72.%
Obalec ruzovy	Maximum rozlezani housenek	120.	132.	91.%
Obalec ruzovy	Pocatek lihnuti housenek	120.	139.	86.%
Obalec ruzovy	Maximum lihnuti housenek	120.	188.	64.%
Pilatka jablecna	Vrchol letu samic	136.	205.	66.%
Pilatka jablecna	Vrchol letu samcu	136.	220.	62.%
Pilatka jablecna	Pocatek letu	3253.	5420.	60.%
Pilatka jablecna	Vrchol letu	3253.	6240.	52.%
Sviluska ovocna	Pocatek lihnuti larev	120.	154.	78.%
Sviluska ovocna	Konec lihnuti larev	120.	228.	52.%
Sviluska ovocna	Pocatek lihnuti larev	48.	72.	67.%

Prehled skudcu a chorob, u kterych jiz byla prekrocena nastavena suma teplot

skodlivy cinitel	stadium vyvoje	skut. suma	nast. suma	%	ke dni:
Kvetopas jablonovy	1. vyskyt brouku	1567.	1560.	100.	1. 4.
Kvetopas jablonovy	Poc. klad. vaj.	1633.	1630.	100.	1. 4.
Kvetopas jablonovy	Vyskyt 1. larev	95.	86.	110.	7. 4.
Mera skvrnita	Vrchol kladeni vaj. 1. gen.	204.	200.	102.	12. 4.
Msice	Pocatek lihnuti nymf	69.	68.	101.	3. 4.
Msice	Maximum lihnuti nymf	95.	91.	104.	7. 4.
Msice jablonova	Pocatek lihnuti	2142.	2140.	100.	4. 4.
Obalec jablonovy	Pocatek rozlezani housenek	95.	90.	105.	7. 4.
Obalec pupenovy	Pocatek rozlezani housenek	100.	99.	101.	8. 4.
Obalec pupenovy	Poc. vylezani housenek	2394.	2390.	100.	6. 4.
Obalec pupenovy	Vrchol vylezani housenek	3107.	3100.	100.	11. 4.
Obalec zimolezovy	Poc. vylezani housenek prez. genera	2252.	2250.	100.	5. 4.
Obalec zimolezovy	Vrchol. vylezani housenek prez. gen	3131.	3120.	100.	11. 4.
Pidalka podzimni	Poc. lihnuti housenek	2434.	2430.	100.	7. 4.
Pidalka podzimni	Vrchol lihnuti housenek	3082.	3070.	100.	11. 4.
Pidalka podzimni	Rozvijeni listovych ruzic	120.	117.	102.	12. 4.
Pidalka podzimni	Pocatek lihnuti housenek	104.	101.	103.	9. 4.
Strupovitost jabloni	Zralost 1/2 askospór	309.	300.	103.	9. 4.

Na rozdíl od většiny ostatních programů, mezi něž patří u nás používaný program SUMÁTOR (autoři J. Juroch, R. Hrubý a M. Perutka), popřípadě dále zmiňovaný program WELTE, u

nichž lze získat přehled o vývoji jednotlivých škůdců postupně, vždy po jeho konkrétním zvolení, program SUMAR vychází z koncepce, která byla navržena sadařskými odborníky ve V. Bílovicích a zakomponována do programu Škůdci (autoři programu J. Pálka, P. Konečný a P. Martinák), jež je používán několika sadařskými podniky u nás k interaktivnímu vyhodnocení většiny známých teplotních modelů. Výstup z tohoto programu je uspořádán tak, že uživatel po aktualizaci meteorologických dat má okamžitý přehled o tom, u kterých škůdců dojde v nejbližší době k dosažení teplotní sumy pro dané vývojové stádium, v další části jsou pak uvedeni škůdci a jejich stádia, u nichž již tato suma byla dosažena anebo teprve v delší budoucnosti bude. Pěstitel má tak okamžitý přehled o aktuální situaci, aniž by musel postupně procházet jednotlivé škůdce.

V programu SUMAR jsou proto výsledky rozděleny do dvou částí, v té první je přehled vývojových stádií škůdců, u nichž bylo dosaženo od 50 do 100 % příslušné teplotní sumy. Pěstitel tak má dostatek času na to, aby učinil další opatření k detailnějšímu monitorování daného škůdce přímo v porostu. Po dosažení hodnoty 100 % se informace přesouvá do druhé části, kde jsou uvedeny údaje o datumu dosažní této sumy pro pozdější využití. V tab. 1 je ukázka výstupu tohoto programu, zasílaná každodenně uživatelům E-mailem. Kromě toho lze aktuální informace zasílat i jako SMS, což má význam např. o víkendech, kdy nejsou nuceni sadaři zapínat počítač a kontrolovat E-maily, a přesto mají přehled o aktuální situaci.

Kromě údajů pro jednotlivé škůdce obsahuje tabulka i hodnoty teplotních sum nad 0, 5, 8, a 10 ^{o}C od počátku roku pro denní i hodinové teploty. To má význam v tom případě, že uživatel potřebuje počítat hodnotu teplotní sumy od určitého data, tzv. biofixu, daného dosažením určitého jevu, např. výskytem motýlů ve feromonových lapácích, popř. nálezem vykladením vajíček.

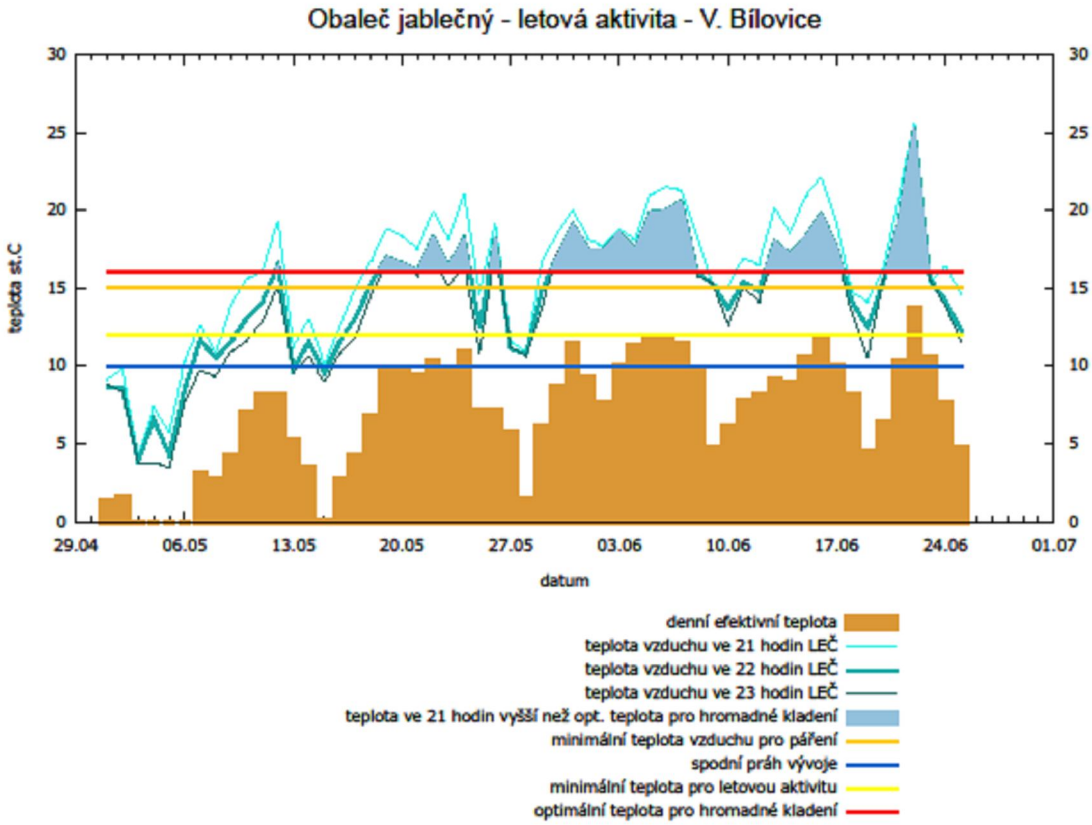
V průběhu roku 2011 byla tato sekce doplněna ještě o další praktické výstupy, týkající se nejvýznačnějšího škůdce jabloňových sadů, obaleče jablečného. Jsou to:

letová aktivita: na grafu je zobrazen průběh večerních teplot a porovnán s prahovými teplotami, limitujícími kladení vajíček na povrch listů a plodů. Pokud byl indikován na základě teplotních sum anebo přímo pomocí feromonových lapáků výskyt motýlů tohoto škůdce a současně jsou příznivé večerní teploty, lze předpokládat, že došlo k vykladení vajíček a po jejich vizuální kontrole je možno započít s jejich likvidací vhodnými preparáty. Ukázka tohoto výstupu je na obr. 2.

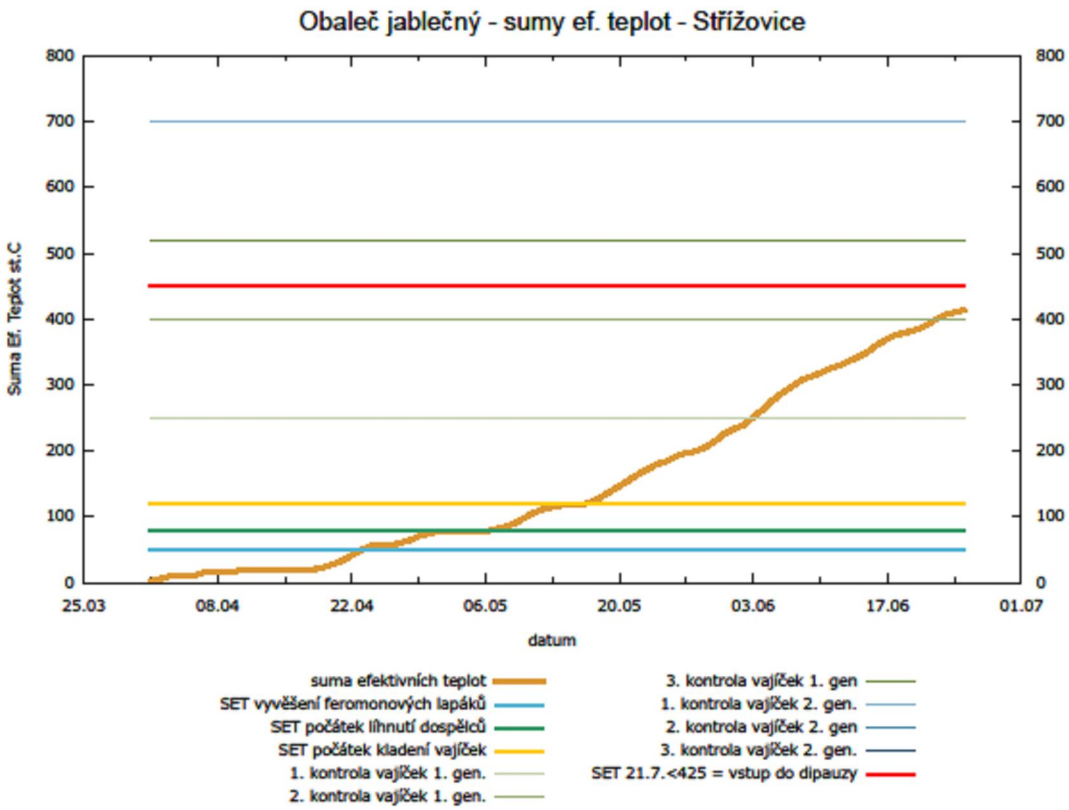
sumy efektivních teplot: graf v průběhu vegetace zaznamenává dosaženou hodnotu sumy ef. teplot a umožňuje ji porovnat s s jednotlivými prahovými hodnotami pro obaleče jablečného. Pěstitel je tak v předstihu upozorněn zejména na termíny jednotlivých kontrol kladení vajíček. Ukázka výstupu je na obr. 3

Porovnání některých použitých teplotních modelů s jinými programy

Jak již bylo uvedeno výše, tyto poměrně jednoduché teplotní modely jsou používány poměrně často v nejrůznějších programech. V Německu je mezi ovocnáři používán program WELTE, vyhodnocující na základě meteorologických údajů kromě infekcí strupovitosti jabloní též i teplotní sumy pro jednotlivá vývojová stádia hmyzích škůdců v ovocných sadech. Zpracovali jsme stejný vstupní datový soubor meteorologických měření z lokality Velké Bílovice programem SUMAR a programem WELTE za rok 2010. V tab. 2 je porovnání dosažených termínů oběma programy. Je zřejmé, že ve většině případů jsou rozdíly minimální a dosahují nejvýše několika dnů. Z toho vyplývá, že oba programy používají přibližně stejné teplotní modely, jejichž platnost ve středoevropské oblasti by mohla být ověřena.



Obr. 2 Ukázka výstupu grafu s letovou aktivitou obaleče jablečného



Obr. 3 Ukázka výstupu grafu se zakreslenou sumou ef. teplot nad 10 ^{o}C.

Tab. 2 Porovnání termínů signalizovaných pro jednotlivá vývojová stádia programem SUMAR a WELTE stanovených z meteorologických údajů pro V. Bílovice v roce 2010

Škodlivý činitel	**Vývojové stádium**	**Termín SUMAR**	**Termín WELTE**	**Označení WELTE**
Květopas jabloňový	Výskyt 1. imag	29. 3.	27.3.	first beetles
Květopas jabloňový	Počátek kladení vajíček	29. 3.	28.3.	oviposition begins
Květopas jabloňový	Výskyt 1. larev	4. 4.	31.3.	first larvae
Květopas jabloňový	Výskyt 1.imag (nové generace)	20. 5.	17.5.	first beetles (new generation)
Mšice	Počátek líhnutí nymf	29. 3.	28.3.	nymph hatch onset
Mšice	Maximum líhnutí nymf	5. 4.	1.4.	nymph hatch peak
Mšice jabloňová	Počátek líhnutí	4. 4.	1.4.	nymph hatch onset
Mšice jabloňová	První okřídlené	11. 5.	11.5.	first winged aphids
Obaleč jablečný	Zavěšení fer. lapáků	30. 4.	30.4.	hang up trap
Obaleč jablečný	Poč. letu motýlů 1. gen.	7. 5.	1.5.	moth flight
Obaleč jablečný	Poč. kladení vajíček 1. gen.	6. 6.	5.6.	oviposition onset
Obaleč jablečný	Poč. líhnutí housenek 1. gen.	12. 6.	12.6.	egg hatch onset
Obaleč jablečný	Poč. letu motýlů 2. gen.	12. 7.	13.7.	moth flight onset
Obaleč jablečný	Poč. kladení vajíček 2. gen.	18. 7.	19.7.	oviposition onset
Obaleč jablečný	Poč. líhnutí housenek 2. gen.	28. 7.	28.7.	egg hatch onset
Obaleč jabloňový	Počátek rozlézání housenek	4. 4.	1.4.	larvae migration onset
Obaleč jabloňový	Maximum líhnutí housenek	16. 4.	13.4.	larvae migration peak
Obaleč jabloňový	Počátek letu motýlů	28. 5.	25.5.	egg hatch onset
Obaleč pupenový	Počátek rozlézání housenek	7. 4.	4.4.	larvae migration onset
Obaleč pupenový	Maximum rozlézání housenek	17. 4.	14.4.	larvae migration peak
Obaleč pupenový	Počátek letu motýlů	31. 5.	28.5.	flying start
Obaleč růžový	Poč. líhnutí housenek	18. 4.	16.4.	egg hatch onset
Obaleč růžový	Vrchol líhnutí housenek	26. 4.	25.4.	egg hatch peak
Obaleč růžový	Počátek letu motýlů	11. 6.	10.6.	flying start
Obaleč zimolezový	Poč. vylézání housenek přez. genera	4. 4.	3.4.	larvae migration onset
Obaleč zimolezový	Vrchol. vylézání housenek přez. gen	16. 4.	13.4.	larvae migration peak
Obaleč zimolezový	Zavěšení fer. lapáků	12. 5.	13.5.	hang up trap
Obaleč zimolezový	Poč. letu 1. gen.	23. 5.	22.5.	flying start
Obaleč zimolezový	Vrchol letu 1.gen.	28. 5.	27.5.	flying peak
Obaleč zimolezový	Kladení 1. gen.	4. 6.	3.6.	oviposition onset
Obaleč zimolezový	Líhnutí housenek 1. gen.	13. 6.	12.6.	egg hatch onset
Obaleč zimolezový	Poč. letu 2. gen.	15. 7.	14.7.	flying start
Obaleč zimolezový	Vrchol letu 2.gen.	22. 7.	21.7.	flying peak
Obaleč zimolezový	Líhnutí housenek 2. gen.	8.8.	5.8.	oviposition onset
Obaleč zimolezový	Maximum líhnutí housenek 1.gen	28. 6.	26.6.	egg hatch peak
Obaleč zimolezový	Maximum líhnutí housenek 2.gen.	10. 8.	9.8.	egg hatch peak
Píďalka podzimní	Poč. líhnutí housenek	7. 4.	4.4.	egg hatch onset
Píďalka podzimní	Vrchol líhnutí housenek	15. 4.	12.4.	egg hatch peak
Pilatka jablečná	Počátek letu	30. 4.	26.4.	hang up trap
Pilatka jablečná	Vrchol letu	3.5.	1.5.	flying peak

Porovnání některých teplotních modelů se skutečností

Přestože porovnání dosažených výsledků oběma programy ukazuje na dobrou shodu, pokusili jsme se ještě porovnat některé dosažené výsledky se skutečností. K tomu jsme použili napozorované údaje z feromonových lapáků vyhodnocovaných v minulých letech pracovníky firmy AGROSAD s.r.o. ve Velkých Bílovicích. Meteorologické údaje byly získány rovněž z této lokality, měřeny byly automatickou stanicí AMET (obr. 4).

Feromonové lapáky jsou schopny zachytávat motýly samce příslušného druhu, jejich vyhodnocování probíhá v praxi v několikadenních intervalech. Lze proto porovnávat pouze vývojová stádia jednotlivých škůdců, která se týkají motýlů samců, ať již jsou to první výskyty anebo maxima náletů.

Obr. 4 Meteorologická stanice ve výsadbě jabloní ve V. Bílovicích

Obaleč jablečný

Jedná se o nejvýznamnějšího škůdce v jabloňových sadech. Housenky přezimují v zámotcích v prasklinách na kmeni, popřípadě v půdě a pod trsy trávy. Motýli se líhnou v květnu, po oplodnění kladou samice vajíčka na plody anebo listy v jejich okolí. Kladení probíhá za teplých večerů, kdy teplota vzduchu přesahuje 16 ^{o}C. Po jednom až třech týdnech v závislosti na teplotě se líhnou housenky, které se po krátkém povrchovém žíru zavrtávají do plodů. Plody napadené housenkami první generace opadávají, po napadení housenkami druhé generace dozrávají, bývají však často napadány monilií.

V teplotních modelech se používají sumace efektivních hodinových stupňů nad 10 ^{o}C , a to buď od 1.1. anebo od 1.3. Při sumaci od 1.3. nastává při dosažení sumy 2750 ^{o}C k počátku líhnutí motýlů první generace. V tab. 3 je

porovnání termínu dosažení této sumy v jednotlivých letech v lokalitě Velké Bílovice a termínu nalezení prvních motýlů ve feromonových lapácích.

Tab. 3 Signalizované a skutečné termíny výskytu motýlů obaleče jablečného ve V. Bílovicích

Rok	Signalizovaný výskyt	Skutečný výskyt	SET_8 4000 oC od 1.1.
2007	26.4.	23.4.	24.4.
2008	10.5.	1.5.	6.5.
2009	25.4.	27.4.	24.4.
2010	7.5.	3.5.	1.5.

Ve většině sledovaných let byly rozdíly pouze několikadenní s odchylkami na obě strany, pouze v roce 2008 byl první výskyt motýlů signalizován opožděně. Tento rok oproti ostatním se vyznačoval poněkud chladnějším počasím v jarních měsících. To by naznačovalo, že snížením hodnoty biologické nuly by bylo možno dosáhnout lepších výsledků. Pokusili jsme se použít jako prahovou teplotu 8 ^{o}C a vypočítat průměrnou hodnotu teplotní sumy od 1.1. do okamžiku nalezení prvních úlovků ve feromonových lapácích pro každý ze čtyř zpracovaných let. Tato suma se pohybovala kolem 4000 ^{o}C. V tab. Xxx jsou uvedeny i termíny dosažení této sumy ve zpracovaných letech a je vidět, že rozdíly se snížily, zejména v letech s chladnějším nástupem jara (roky 2008 a 2010). Tato prahová hodnota však nemá zatím oporu v odborné literatuře, bylo by zapotřebí více zpracovaných ročníků a více lokalit. Přesto naznačuje, že drobnými změnami by bylo možno dosáhnout přesnějších výsledků.

Podkopníček spirálový

Nebezpečnost tohoto škůdce spočívá v možnosti rychlého přemnožení. Mezi jeho hostitele patří jabloně, hrušně, peckoviny, hloh a jeřáb. Samičky kladou vajíčka na svrchní stranu listů, odkud se vylíhlé larvičky zavrtávají dovnitř. Destrukce mezofylu vede k předčasnému opadu listů a tedy narušení asimilační plochy. To způsobuje narušení plodnosti stromů a může mít vliv na sklizeň v dalších letech, protože dochází k předčasnému dozrávání plodů.

Vypracováním teplotního modelu k signalizaci doby chemické ochrany proti podkopníčku spirálovému se zabývali u nás v poslední době Kneifl a Kňourková (1999) a na napozorovaném materiálu za období 1994 – 1998 dospěli k závěru, že se vyskytuje jen jedna letová vlna motýlů první generace. Tato letová vlna, resp. období kladení škůdce, se nachází v rozmezí SET 3000 až 3300 hodinových SET nad 10 ^{o}C od 1.1. Uvedené teplotní rozmezí určuje dobu těsně před kladením až období kladení a tedy i optimální dobu aplikace ovicidů proti první generaci škůdce. V tab. 4 jsou uvedeny termíny dosažení sumy SET10 od 1.1.v některých letech a termíny maximálního počtu výskytu motýlů ve feromonových lapácích v sadech ve Velkých Bílovicích.

Tab. 4 Signalizované a skutečné termíny výskytu motýlů podkopníčka spirálového ve V. Bílovicích

Rok	Signalizovaný výskyt	Skutečný výskyt
2007	27.4.	30.4.
2008	10.5.	15.5.
2010	9.5.	13.5.

Z této tabulky je zřejmé, že teplotní model je v tomto případě poměrně spolehlivý a rozdíly jsou pouze několikadenní.

Další škůdci

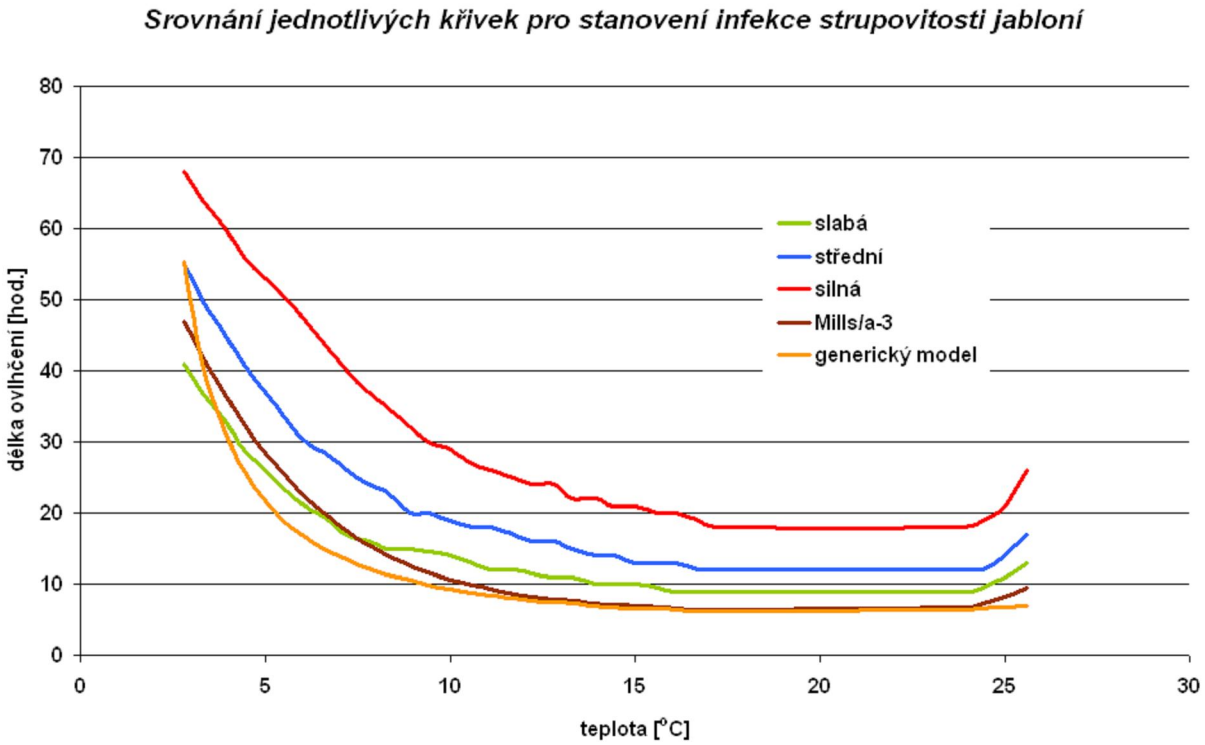
Kromě uvedených dvou škůdců, u nichž jsme měli k dispozici několikaletá pozorování výskytu pomocí feromonových lapáků a simulace pomocí teplotních modelů, byly na jednoletých řadách porovnávány výsledky i pro další škůdce.
U makadlovky broskvoňové byl v roce 2009 signalizován počátek letu na 10.5., zatímco v lapácích se první úlovky vyskytly již 7.5., tedy o tři dny dříve. Tento výsledek lze považovat za poměrně dobrou shodu.
Ještě lepší shoda byla v roce 2007 zjištěna u obaleče východního, datum 23.4. byl signalizován jako počátek letu a opravdu se shodoval s termínem zjištěných úlovků.

Využití meteorologických údajů při signalizaci strupovitosti jabloní v sadech:

Strupovitost jabloně patří k nejzávažnějším chorobám jabloní v našich klimatických podmínkách. Každoročně naši ovocnáři vynakládají finanční prostředky řádově v desítkách miliónů korun na provedení chemické ochrany proti této chorobě. Původcem choroby je houba Venturia inaequalis, která přezimuje v pletivech napadených listů a v jarním období v nich dozrávají asky a askospory, způsobující primární infekce. Askospory dozrávají a uvolňují se postupně v průběhu dubna až června v závislosti na průběhu počasí. K jejich uvolnění jsou zapotřebí dešťové srážky, během nichž navlhčené plodnice praskají a askospory jsou dále rozšiřovány větrem na povrch hostitelské rostliny.
Choroba napadá hlavně listy, plody a méně větvičky. Napadené listy postupně žloutnou, málo asimilují a často předčasně opadávají, zejména za sucha a tepla po předchozím vlhkém období. Napadené plody nesouměrně rostou a často předčasně opadávají, nedorůstají do tržní velikosti a nedosahují plných chuťových kvalit. Na starších plodech, které již nerostou, dochází v důsledku napadení strupovitostí ke vzniku trhlin, které se postupně stávají vstupní branou pro druhotné infekce, čímž nastává další znehodnocení. Vzhledem k tomu, že je tato choroba jabloní u nás i v zahraničí poměrně rozšířena, byla věnována velká pozornost vypracování chemické ochrany i metodám prognózy a signalizace výskytu tohoto patogena (Lednický, 1984)
K tomu, aby askospory vyklíčily a vyvolaly infekci strupovitosti je zapotřebí určitá délka ovlhčení listů. Touto problematikou se zabýval již od 30-tých let dvacátého století na území USA Mills, který stanovil závislost mezi teplotou vzduchu, délkou trvání ovlhčení listů a vznikem infekce, popřípadě její intenzitou.
Jím stanovené závislosti jsou v podstatě používány se zpřesňujícími změnami dodnes a jsou základem většiny programů na signalizaci splnění podmínek pro infekci strupovitosti jabloní. V literatuře se tak lze setkat s tzv. Millsovými tabulkami, udávajícími závislost mezi délkou ovlhčení listů, teplotou vzduchu během doby ovlhčení a intenzitou infekce. Mills rozdělil v závislosti na kombinaci těchto prvků infekce na slabé, střední a silné, přičemž, jak uvádějí ve své práci MacHardy a Gadoury (1989), neobjasnil, na základě jakých skutečností přiřadil jednotlivé kombinace teploty a vlhkosti intenzitám infekce. Proto tito autoři sestrojili vlastní křivku, představující hraniční podmínku pro vznik infekce. Jsou-li splněny minimální meteorologické podmínky, předpokládá se, že k infekci došlo. Jak uvádí Juroch (2010), intenzita infekce závisí na:
- aktuálním množství dostupných askospor,
- velikosti exponovaných pletiv hostitele,
- citlivosti exponovaných pletiv k infekci
- současná přítomnost či absence sekundárního inokula (askospor společně s konidiemi)
- trvání vhodných meteorologických podmínek i po splnění minimálních podmínek (přídatná doba ovlhčení)

Na obr. 5 jsou vyneseny jednotlivé křivky závislosti teploty vzduchu a ovlhčení listů stanovené Millsem pro jednotlivé síly infekce a jejich porovnání s křivkou Mills/a – 3 navrhovanou MacHardym a Gadourym (1989). Nově navržená křivka při nižších teplotách

vyžaduje delší dobu ovlhčení pro vznik infekce, naopak při vyšších teplotách infekci vyvolá i kratší doba ovlhčení listů.



Obr. 5 Srovnání jednotlivých křivek pro stanovení infekce strupovitostí jabloní podle různých modelů

Na začátku vegetačního období je důležité nejprve předpovědět termín zralosti askospor, tj. datum, od kterého se začínají uvolňovat askospory v takovém množství, aby byly za příhodných podmínek schopny vyvolat infekci. Touto problematikou se v poslední době zabýval Juroch (2010) a stanovil a v praxi ověřil podmínku, že ke zralosti a uvolňování askospor dochází po dosažení sumy ef. teplot nad 0 °C od 1.1. daného roku. Lednický (1984) uvádí, že k dozrání askospor dochází při dosažení hodnoty sum ef. teplot nad 0 °C 105 °C, ovšem od 1.3. daného roku. Vyhodnotil údaje devíti stanic ČR za období 1951 – 1980 a došel k závěru, že v průměru je tato suma dosahována na nejníže položených stanicích koncem března a opožďuje se s přibývající nadmořskou výškou o 2 dny na 100 m. V tab. 5 jsou uvedeny termíny dosažení sumy teplot 300 °C od 1.1. a 105 °C od 1.3. pro lokalitu Moravský Žižkov (okr. Břeclav) za desetiletí 2001 – 2010. Je zřejmé, že při použití hodnoty SET_0 105 °C od 1.3. jsou signalizovány ve většině případů dřívější termíny zralosti askospor, v některých letech je tento rozdíl více než dvoutýdenní. Průměrné datum v uvedeném desetiletí vychází na 24.3., Lednický (1984) uvádí pro obdobné oblasti jižní Moravy za období 1951 – 1980 datum 28., popř. 29.3. Tento posun směrem k dřívějšímu termínu je v dobré shodě s celkově teplejším obdobím posledního desetiletí, nicméně jak vyplývá z pozorování zachycených zralých askospor v oblasti Brna, v roce 2009 se objevily až 15.5., v roce 2010 13.4. (Juroch 2010). Rok 2009 se vyznačoval poměrně suchým dubnem a polovinou května, což znemožňovalo výlet askospor. Lze se proto domnívat, že při použití hodnoty SET_0 105 °C od 1.3. dozrávají askospory ve většině případů se značným odstupem po signalizovaném datu, což může vést ke zbytečným ošetřením, zatímco

druhý odpovídá zřejmě více realitě poslední doby.

Tab. 5 Porovnání termínu dosažení SET_0 150 a 300 ^oC pro lokalitu Mor. Žižkov

rok	**SET_0 105 ^oC od 1.3.**	**SET_0 300 ^oC od 1.1.**
2001	18.3.	4.4.
2002	17.3.	22.3.
2003	27.3.	18.3.
2004	25.3.	12.4.
2005	29.3.	13.4.
2006	3.4.	21.4.
2007	15.3.	10.3.
2008	23.3.	30.3.
2009	26.3.	8.4.
2010	25.3.	9.4.
průměr	**24.3.**	**5.4.**
nejdříve	*15.3.*	*10.3.*
nejpozději	*3.4.*	*21.4.*

První ošetření jsou signalizována, jsou-li splněny tyto podmínky:
- zralé askospory (viz metoda teplotních sum)
- jablobně jsou ve fenofázi zelený pupen anebo ve vyšších polohách myšího ouška
- délka ovlhčení listů odpovídá minimální době při dané teplotě pro splnění podmínek infekce

Signalizační model s názvem FUNGINA vyhodnocuje proto nejprve v rámci výstupu SUMÁŘ splnění podmínek pro zralost askospor a následně jsou vyhodnocovány v denním kroku velikosti infekce v závislosti na teplotě a délce ovlhčení podle křivky Mills/a-3, vyjádřené polynomem 4-tého stupně:

$$y = 86.37 - 18.0x + 1.57x^2 - 0.062x^3 + 0.00092x^4$$

kde y – minimální délka ovlhčení listů potřebná pro vznik infekce (hod.)
x – teplota vzduchu během ovlhčení (^oC)

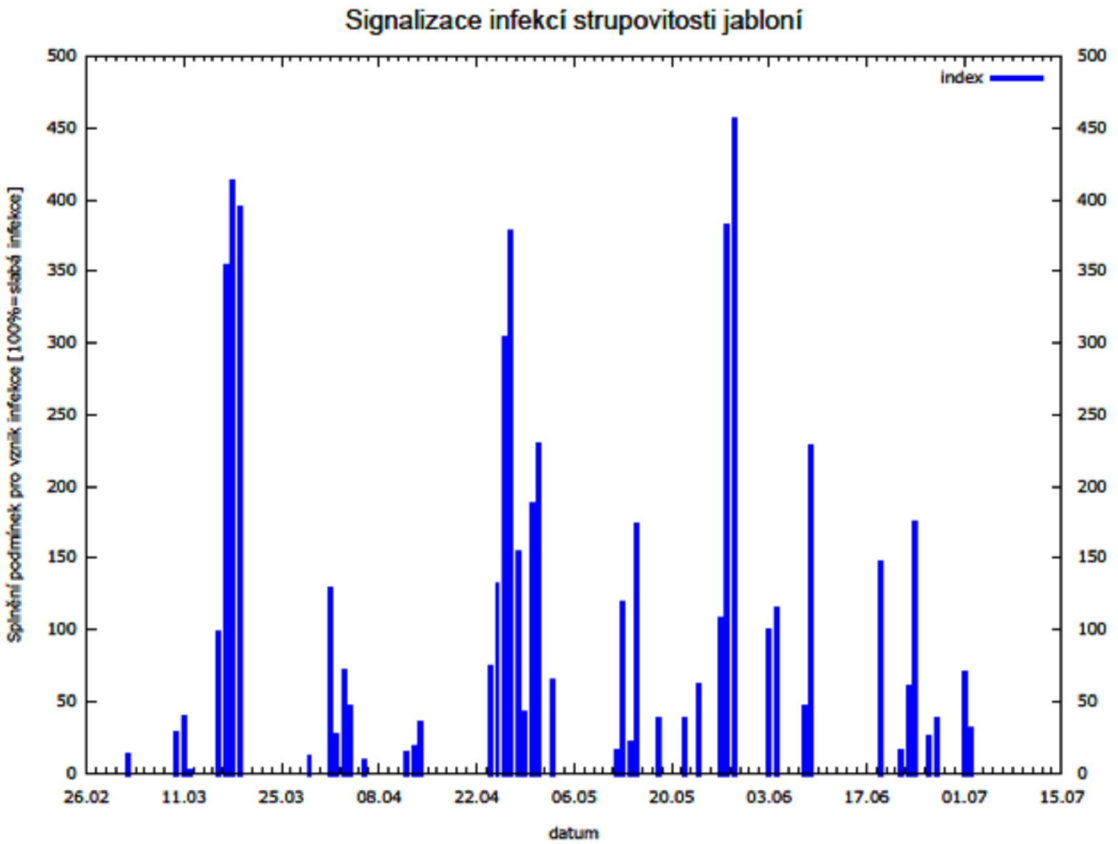
Uživatel každé ráno obdrží E-mailem tabulku, obsahující v záhlaví informaci o tom, na kolik procent byly během posledního ovlhčení splněny podmínky pro vznik infekce strupovitosti jabloní. Pokud se toto číslo blíží hodnotě 100 % a příhodné meteorologické podmínky nadále trvají, je předpoklad, že v brzké době bude dosaženo anebo překročeno 100 % a je zapotřebí naplánovat potřebná opatření, pokud již nebyla učiněna před srážkovou epizodou.
Ukázka výstupu programu, tak jak je zasílána uživatelům, je v tab. 6. V záhlaví je opět kromě nezbytných údajů o lokalitě a termínu posledního měření uvedena poslední infekce, její počátek, délka trvání orosení a výsledný index, tj., na kolik procent byly splněny podmínky pro vznik infekce. V případě, že index dosáhl hodnotu alespoň 50 % a doba od ukončení orosení je kratší než 50 hodin, je tato část posílána zájemcům jako SMS. Kromě textové části je uživatelům rovněž zasílán i graf (obr. 6) s denními hodnotami indexu, jež umožňuje učinit si názornější představu o jeho rozložení v čase a po doplnění i o pokrytí jednotlivých infekcí chemickým ošetřením.

Tab. 6 Ukázka výstupu programu FUNGINA pro signalizaci strupovitosti jabloní

```
Stanice:  "Střížovice, UEB"
Posledni inf. strup. jab., stav k: 16. 4.  5:00
poč. 16. 4.  2:15 od ukončeni uplynulo   1.0 hod., index:   1.%


            PŘEHLED JIŽ UKONČENÝCH INFEKCÍ


   počátek        konec          prům.  délka  krit. index
den měs hod   den měs  hod       tepl   ovlh   délka   %
 4. 4.  6:15   5. 4.  9:00        7.1   26.0   17.8  146.2
13. 4.  5:45  15. 4.  6:15        4.4   48.0   32.4  148.3
```



Obr. 6 Ukázka grafického výstupu programu FUNGINA pro signalizaci strupovitosti jabloní v roce 2011 v lokalitě Velké Bílovice

Program lze poměrně velmi snadno modifikovat i pro jiné houbové choroby, jejichž signalizace je založena na kombinaci teploty vzduchu a délky ovlhčení listů. Pro signalizaci infekci strupovitosti hrušní vyvolané konidiemi *Venturia pirina* odvodili Spotts a Cervantes (1991) podobnou rovnici závislosti minimální doby

ovlhčení listů potřebnou pro vznik infekce a teplotou vzduchu:

$y = 66.82 – 8.72x + 0.44x^2 – 0.0076x^3$

(význam proměnných jako v případě strupovitosti jabloní)

Poměrně univerzální generickou rovnici, kterou lze rovněž zakomponovat do vytvořeného počítačového programu FUNGINA, umožňující jednoduchou změnou parametrů stanovit kritickou dobu ovlhčení pro celou řadu houbových chorob nejen v sadech, publikovali ve své práci Magarey a kol. (2004). Tvar této funkce je:

$$W_{(T)} = W_{min}/f_{(T)} < W_{max}$$

kde W(T) – délka trvání ovlhčení potřebná pro vznik infekce při teplotě T

W_{min} – nejnižší hodnota doby trvání ovlhčení listů potřebná pro vznik infekce při libovolné teplotě

W_{max} – horní hranice maximální možné doby ovlhčení

$f_{(T)}$ – teplotní funkce vyhádřená vztahem:

$$f_{(T)} = ((T_{max} – T)/(T_{max} – T_{opt}))((T – T_{min})/(T_{opt} – T_{min}))^{(Topt – Tmin)/(Tmax – Topt)}$$

kde T_{max} – maximální teplota pro infekci

Tmin – minimální teplota pro infekci

Topt – optimální teplota pro infekci

Hodnoty Wmin, Wmax, Tmax, Tmin a Topt jsou v práci Magarey a kol. (2004) uvedeny pro nejrůznější houbové patogeny nejen ovocných stromů, ale též zeleniny a polních plodin. Pro použití v ovocných sadech v našich podmínkách z uvedených chorob přichází v úvahu *Venturia inaequalis* a *Venturia pirina*. V tab. 7 jsou uvedeny jednotlivé parametry potřebné pro konstrukci příslušné křivky závislosti teploty vzduchu a doby ovlhčení potřebné pro vznik infekce.

Tab. 7

patogen	W_{min} (hod.)	W_{max} (hod.)	T_{min} (^oC)	T_{max} (^oC)	T_{opt} (^oC)
V. ineaqualis	6	40,5	1	35	20
V. pirina	10	25	1	35	22

Na obr. 5 je pro porovnání s ostatními křivkami stanovenými buď na základě tabulky hodnot anebo polynomem uvedena i křivka (označená jako „generický model“) konstruovaná pomocí této univerzálnější metody. Je zřejmé, že tato křivka se příliš neliší od křivky Mills/a-3 při teplotách nad 10 ^oC, při nižších teplotách signalizuje splnění podmínek infekce při kratší době trvání ovlhčení listů.

Závěr:

Boj proti chorobám a škůdcům je nedílnou součástí práce sadaře v průběhu prakticky celého roku. S rostoucí výměrou sadů a intenzifikací, pod čímž lze rozumět i pěstování chuťově, výnosově i velikostně vyhovujících odrůd, avšak méně odolných proti patogenům, vzrůstá rovněž i potřeba cílených zásahů nejrůznějšími chemickými prostředky. Jejich včasná a cílená aplikace vyžaduje od sadaře soustředit co nejvíce relevantních informací. Mezi tyto informace patří i signalizace škodlivých činitelů prováděné na základě meteorologických prvků pomocí různých modelů. Těchto modelů byla ve světě i u nás vypracovaná celá řada, v předloženém systému jsme se pokusili využít ty, které jsou u nás již delší dobu používány, jejich výsledky jsou shodné s výsledky jiných programů používaných u nás i v zahraničí, popřípadě byly odborníky ověřovány přímo v našich podmínkách.

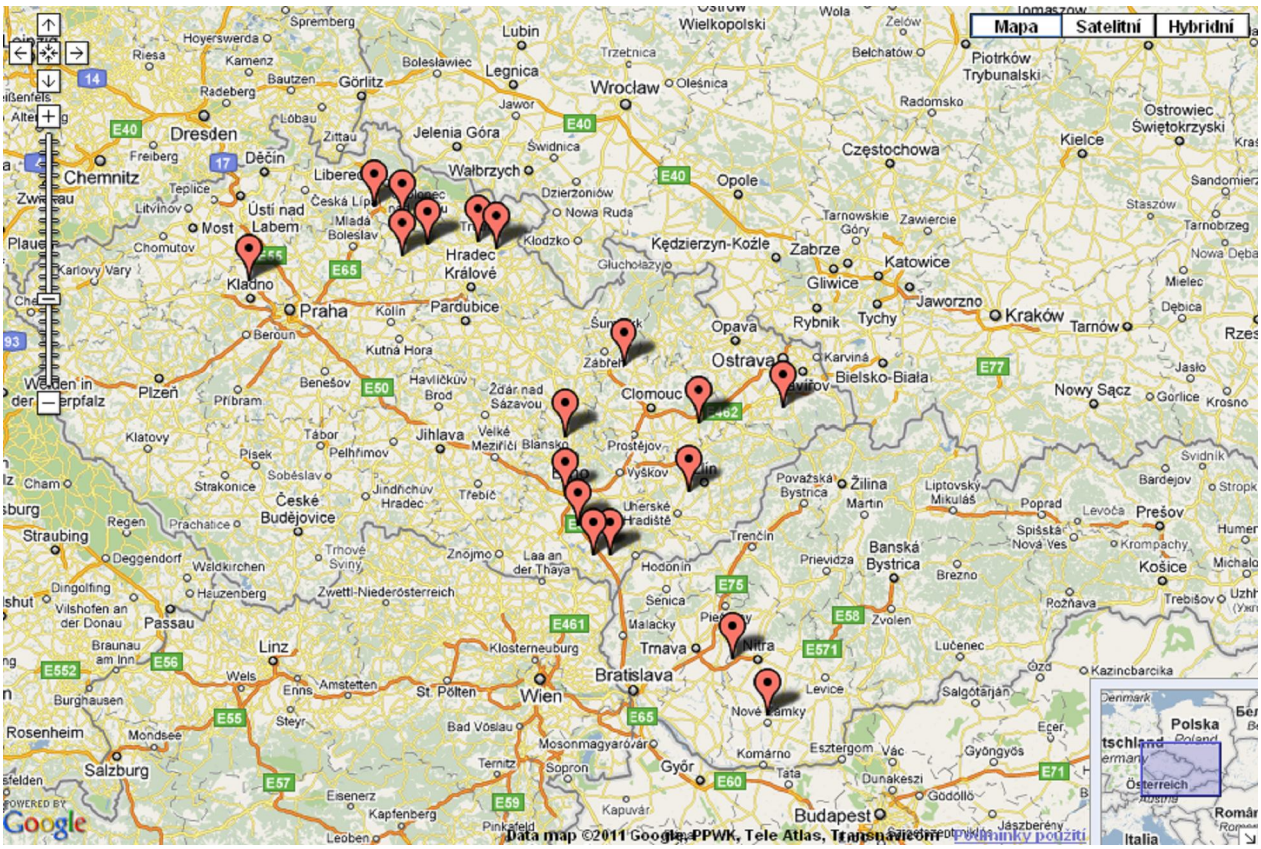
Vypracovaný systém využívá moderních technologií, umožňujících automatické měření meteorologických údajů přímo v sadu, přenos údajů na server, hromadné zpracování a opět přenos údajů k uživateli v reálném čase. Uživatel je tím oproštěn od technické stránky celého procesu, která činí některým praktickým sadařům problémy, popřípadě jsou časově

zaneprázdněni a obsluha přístrojů včetně vyhodnocení údajů je pro ně další činností navíc v jejich již tak namáhavé činnosti spojené s pěstováním ovoce. Poskytované informace získané vyhodnocením meteorologických měření je však zapotřebí ještě doplnit dalšími pozorováními přímo v sadu, aby se upřesnil časový výskyt a hustota populace daného patogena. I přes určité nepřesnosti sadaři mají k dispozici další zdroj informací, o nějž se můžou opřít při rozhodování.

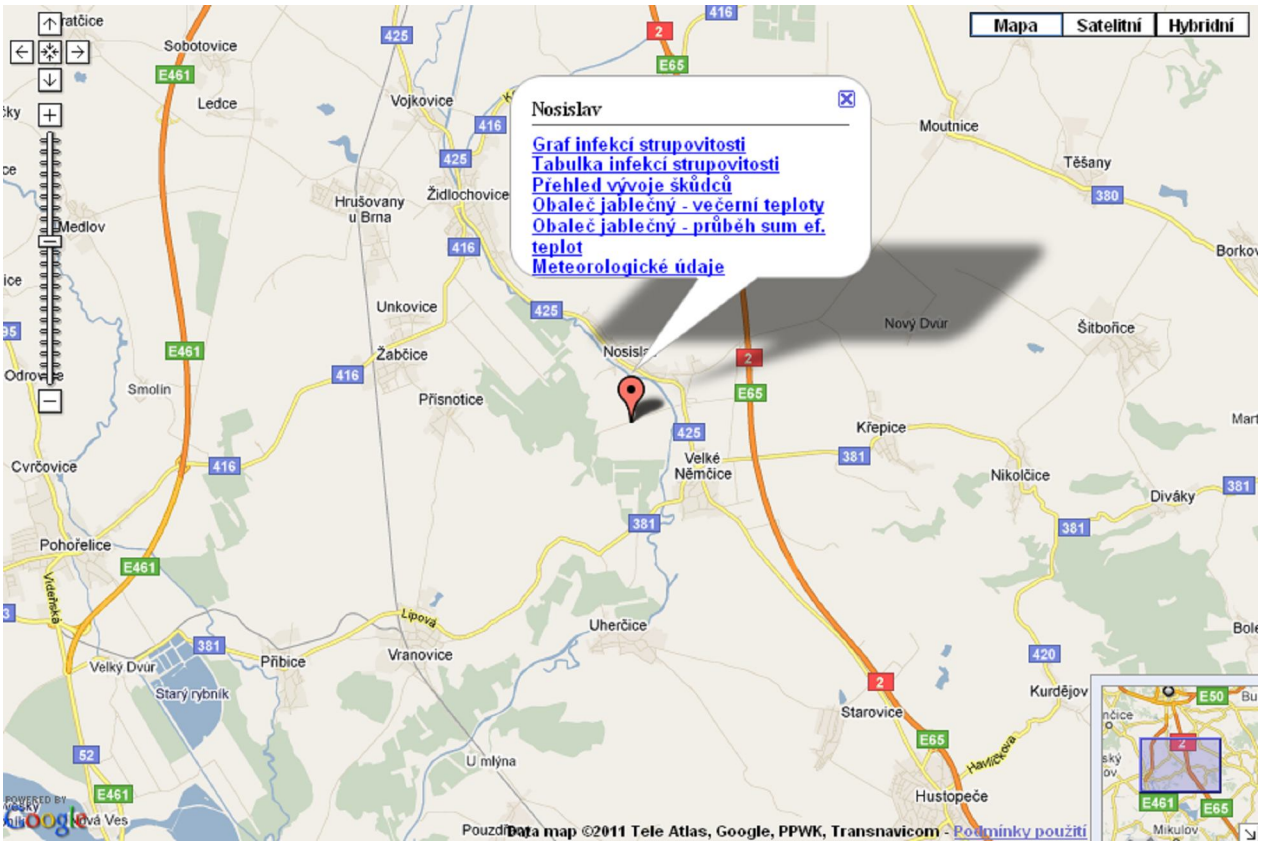
V roce 2011 byl tento systém provozován na 18-ti lokalitách, jejichž přehled je na obr. 8. Jejich uživatelům, popřípadě dalším zájemcům z blízkého okolí, byly v průběhu sezóny zasílány E-maily a SMS zprávy s aktuálním stavem vývoje jednotlivých škůdců a strupovitosti jabloní. Kromě toho jsou tyto informace volně přístupné na internetu, což umožňuje jejich využívání i dalšími zájemci. Mapové zobrazení rovněž dovoluje vzájemné plošné porovnání jednotlivých údajů a vyloučení případných chyb v měření, které mohou nastat i tím, že nedochází ke správné údržbě stanic, zejména pak výměně papírků ve snímači orosení listů..

Systém lze poměrně snadno doplňovat o další utility, provádějící např. detailnější signalizaci dalších chorob a škůdců, a to nejen v sadech. Je však zapotřebí pracovat na dalším ověřování použitých metod, popřípadě na jejich zpřesňování v závislosti na konkrétních podmínkách.

V současné době jsou připravovány další moduly, umožňující obdobným způsobem vyhodnocovat meteorologické podmínky ve vztahu k chorobám vinné révy a brambor.



Obr. 8 Mapa rozmístění jednotlivých automatických stanic v sadech v roce 2011



Obr. 9 Přehled informací pro každou lokalitu, dostupný na internetu

Poděkování:
Tento článek vychází z výsledků řešení projektu NAZV č. QH91254 s názvem *„Kvalifikované využití biotických a abiotických faktorů odporu prostředí v integrované ochraně ovoce“*.

Literatura:

Hluchý, M. a kol.:Obrazový atlas chorob a škůdců ovocných dřevin a révy vinné. Biocont Laboratory s.r.o., 428 s., 1997, ISBN 80-901874-2-1

Jones, V.P. a kol.: A web-based decision support systém to enhance IPM programs in Washington tree fruit. Pest Manag Sci, 2010

Juroch, J.: Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně (Venturia inaequalis (Cke.) Wint.). Závěrečná práce, Institut celoživotního vzdělávání, Mendelova universita v Brně, 95 s., 2010

Kneifl, V., Kňourková, J.: Signalizace nutných kontrol kladení obaleče švestkového (*Laspeyresia funebrana* Treischke). Vědecké práce ovocnářské, 15, s. 93-102, 1997

Kneifel, V., Kňourková, J.: Teplotní model k signalizaci doby chemické ochrany před podkopníčkem spirálovým *(Leucoptera malifoliella Costa).* Vědecké práce ovocnářské 16, s. 23 – 26, 1999, ISBN 80-902636-0-7

Kolektiv: Metodika k provádění nařízení vlády č. 79/2007 Sb., o provádění agroenvironmentálních opatření. 68 s., 2007

Lednický, V.: Signalizace a předpověď výskytu strupovitosti jabloní [Venturia inaequalis (Cke) Vint]. Meteorologické zprávy, 37, s. 59 – 62, 1984

Litschmann T., Pokorný, I.: Stanoveni terminu ošetřeni proti kadeřavosti broskvoni. Zahradnictvi, 2, s. 8–9, 2003

Litschmann, T.: Význam meteorologických měření v systému integrovaného pěstování ovoce. Zahradnictví, č. 3, s. 18 – 19, 2006

Litschmann, T. (2006): Možnosti stanovení jednotlivých fenofází broskvoní pomocí meteorologických faktorů a jejich využití při prognóze termínu sklizně. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (ed): „Fenologická odezva proměnlivosti podnebí“, Brno 22.3.2006, ISBN 80-86690-35-0

Litschmann, T., Oukropec, I., Křižan, B.: Predicting individual phenological phases in peaches using meteorological data. Hort. Sci. (Prague), *35*, s. 65–71, 2008

MacHardy, W.E., Gadoury, D.M.: A revision of Mill´s criteria for predicting apple scab infection period. Phytopathology, Vol. 79, p. 304 – 310, 1989

Magarey, R. D. , Sutton, T. B., Thayer C. L.: A Simple Generic Infection Model for Foliar Fungal Plant Pathogens. Phytopathology, Vol. 95, p. 92-100, 2004

Spotts, R.A, Cervantes, L.A.:: Effect of temperature and wetness on infection of pear by Venturia pirina and the relationship between preharvest inoculation and storage scab. Plant disease, 74, p. 1204-1207, 1991

Spotts, R.A, Cervantes, L.A.: Factor affecting Maturation and release of ascospores of Venturia pirina in Oregon. Phytopathology, Vol. 84, p. 260-264, 1994

Zelený, B.: Integrální ochrana ovocných rostlin. Ovocnictví a zahradnictví, č. 11, s, 292, 1965