



H2020-TWINN-2015

# Osnove agrometeorološkog modeliranja

A. Dalla Marta, F. Natali, S. Orlandini

Department of Agrifood Production and Environmental Sciences  
University of Firenze, Italy



## Šta je model?

Model je pojednostavljeno predstavljanje sistema.

Sistem je dobro definisan deo realnog sveta.

U poljoprivredi sistem može biti:

- Useva (sklopa) sa svim njegovim organima (koren, stablo, listovi) i svim procesima i mehanizmima (rast, razvoj, fotosinteza, transpiracija, itd.)
- Razvoj patogena i njegov negativan uticaj na usev





## Šta je model?

Izgradnja modela sastoji se u identifikaciji niza matematičkih jednačina po kojima je moguće reprodukovati u najvernije moguće prikazati način ponašanja ispitivanog sistema.

Osnovna prednost se odnosi na mogućnost primene modela u poljoprivrednoj proizvodnji, gajenje i menadžment razlikuju se od onih u kojima su razvijeni modeli.





## Zašto koristiti modele?

Modeli i merenja...

“Niko ne veruje u simultanos modela osim onih koji su ga razvili...  
Svi veruju u eksperimentalne podatke osim onih koji su ih prikupili”

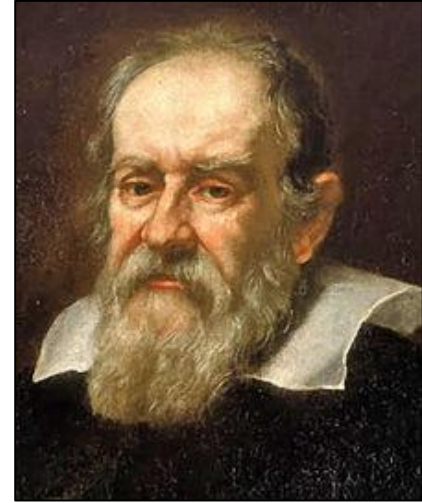
(Gaylon S. Campbell)





## Naučni metod...

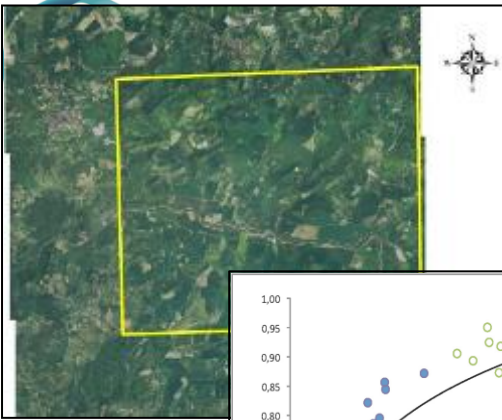
1. Stavljati primedbe
2. Prikupljati informacije
3. Formulisanjti hipoteze o tome zašto su stvari onakve kakve su
4. Izvođenje predviđanja
5. Izvođenje eksperimenata na osnovu tih predviđanja



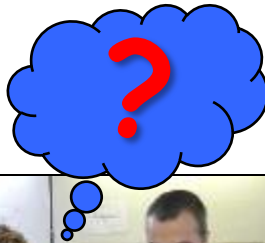
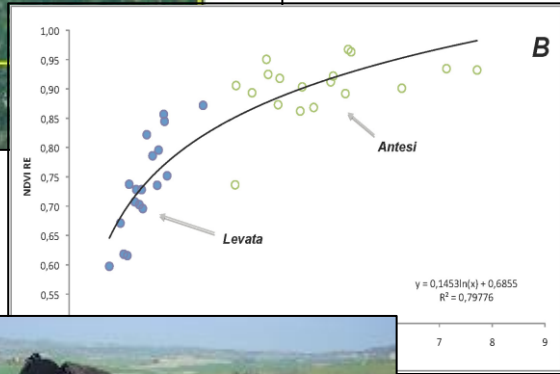
*Galileo Galilei (1564 – 1642)*

Šta to znači?





Excel



## Merenja:

1. Utvrditi veličinu uzorka i šeme
2. Sakupljanje uzoraka
3. Skladištenje uzoraka
4. Analiziranje uzoraka
5. Snimanje podataka na smislen način
6. Procesiranje podataka
7. Tumačenje podataka

U svakom od ovih koraka moguće je napraviti grešku



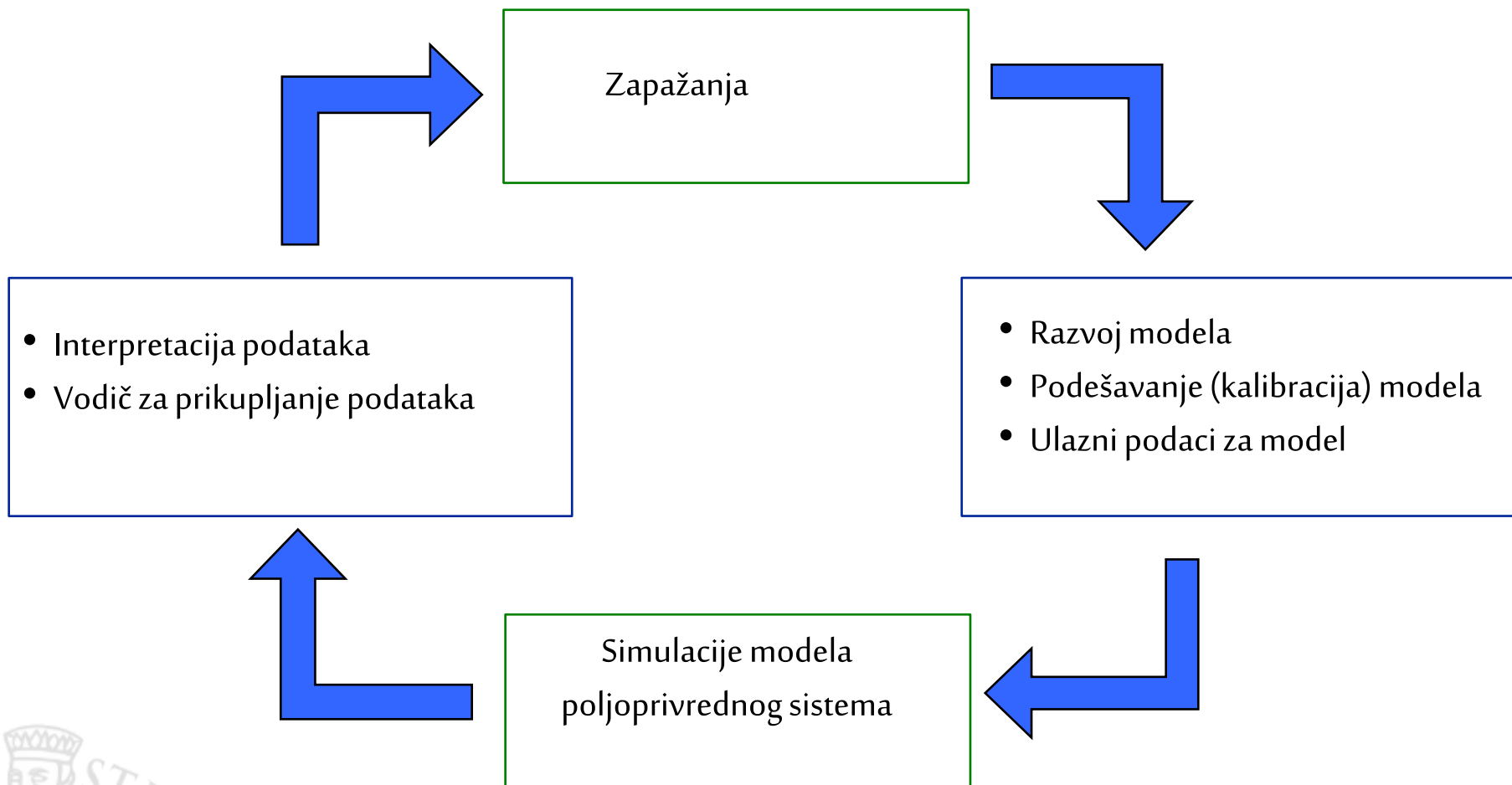
## Realnost

- Potreba za brzim informacijama (približno realnom vremenu) o tome šta se dešava u datoj situaciji ili šta će se promeniti u sistemu kao rezultat događaja (scenario analize)
- Ograničeni resursi za direktna posmatranja (naročito na procenama na regionalnom nivou)





## Da li su onda modeli zamene direktnog posmatranja?

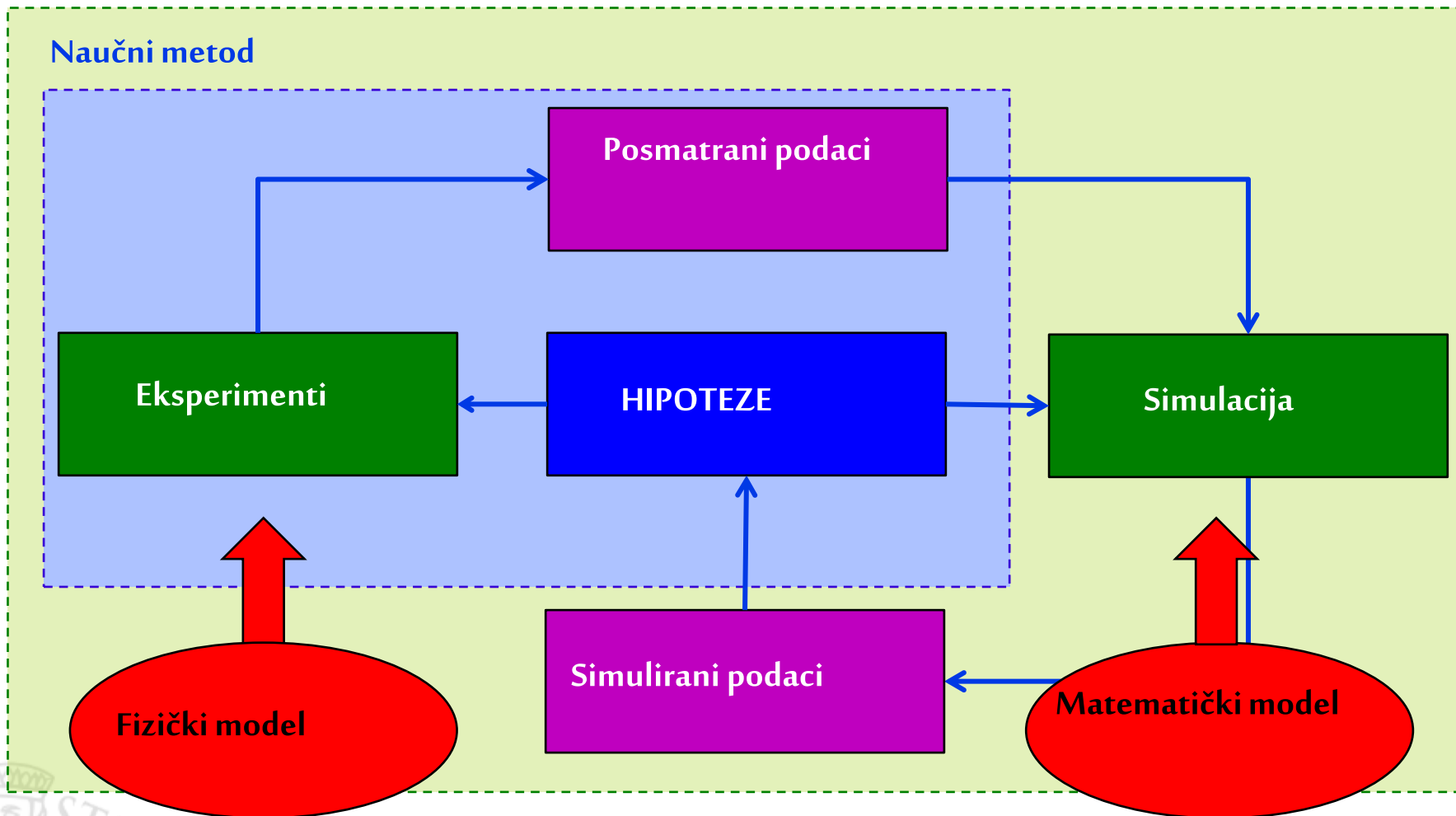


Odgovor je očigledno NE





### Prošireni naučni metod



Simulacioni modeli mogu se smatrati alatom za proširenje naučnih metoda



## Zašto koristiti modele za proučavanje realnosti?

- Potvrda sistema ne mora biti vidljiva, ako nema ekstremnih teškoća
- Tradicionalni eksperimenti mogu oštetiti sistem
- Nekad je neizvodljivo uslove koje želite testirati
- Vreme potrebno za eksperimente može biti veoma dugo, ili eksperimenti mogu biti veoma skupi
- Broj uslova za procenu može biti veoma velik





## Sektori primene

- ✓ Rast i razvoj useva
- ✓ Produktivnost useva
- ✓ Vodni bilans
- ✓ Zaštita od nepogoda životne sredine (ekstremnih događaja, suše, itd)
- ✓ Zaštita od bioloških nepogoda (štetočina i bolesti)
- ✓ Klimatske promene
- ✓ Pronalaženje nedostajućih podataka
- ✓ Prostorna i vremenska interpolacija





## Opšte prednosti

- o Bolje razumevanje fizičkih i bioloških procesa
- o Organizacija raspoloživog znanja i identifikacija nedostataka i budućih ciljeva istraživanja
- o Manipulacije na realnom sistemu za testiranje hipoteze o tome kako to radi
- o Evaluacija mogućih spoljnih intervencija s ciljem promene ponašanja Sistema
- o Primena kao didaktičkog sredstva za ilustraciju strukture i ponašanja sistema





## Opšte kritike

- Predviđanje operativnih procedura primene
- Limitiranost procedure verifikacije i validacije
- 
- Nedostaci ulaznih podataka
- Suvišna očekivanja u pogledu prednosti, posebno u odnosu na aplikaciju bez kontrole od strane stručnjaka iz oblasti

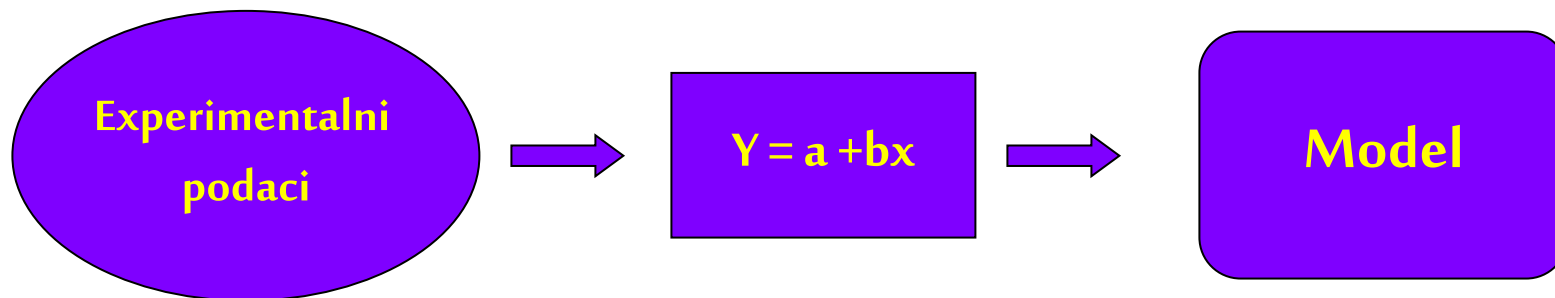






## Empirijski modeli

Empirijski modeli opisuju na pojednostavljen način ponašanje useva. Razvoj empirijskih modela se zasniva na identifikaciji, počevši od eksperimentalnih podataka, jedne ili više matematičkih jednačina sposobnih da predstve ispitivani proces

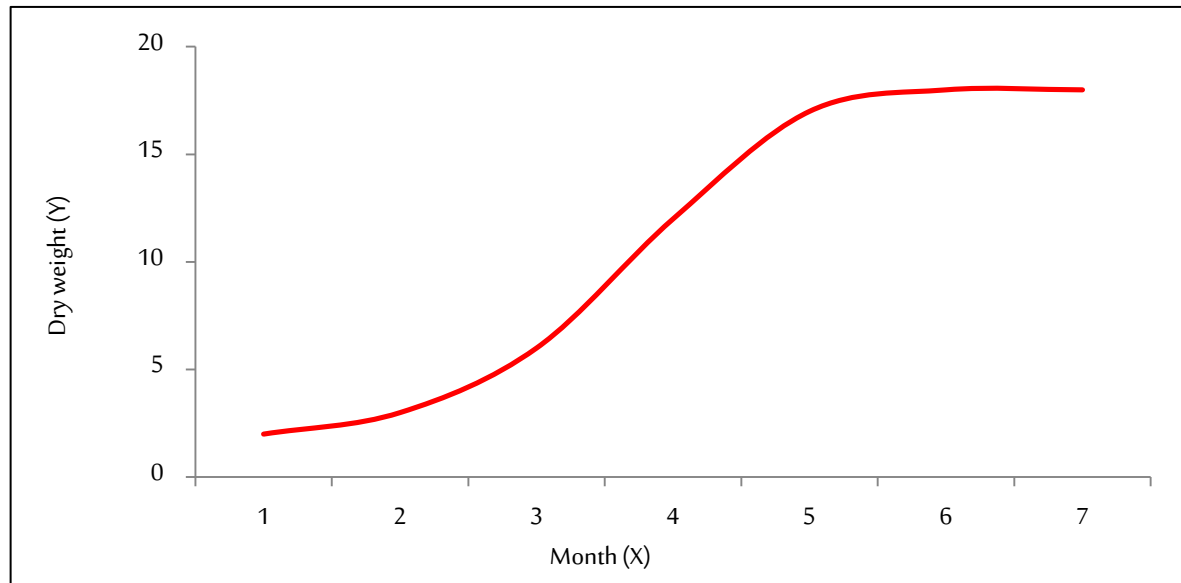




## Empirijski modeli

Jednostavan empirijski model je eksponencijalna matematička funkcija koja opisuje povećanje suve mase biljke tokom vremena

Ova funkcija zasniva se na jednostavnoj formuli, do određene faze biološkog ciklusa, relativna stopa rasta podrazumeva konstantnu vrednost u toku vremena



*Ona opisuje proces (rast), ali ne objašnjava bilo koji od fizioloških mehanizama koji regulišu to pitanje*





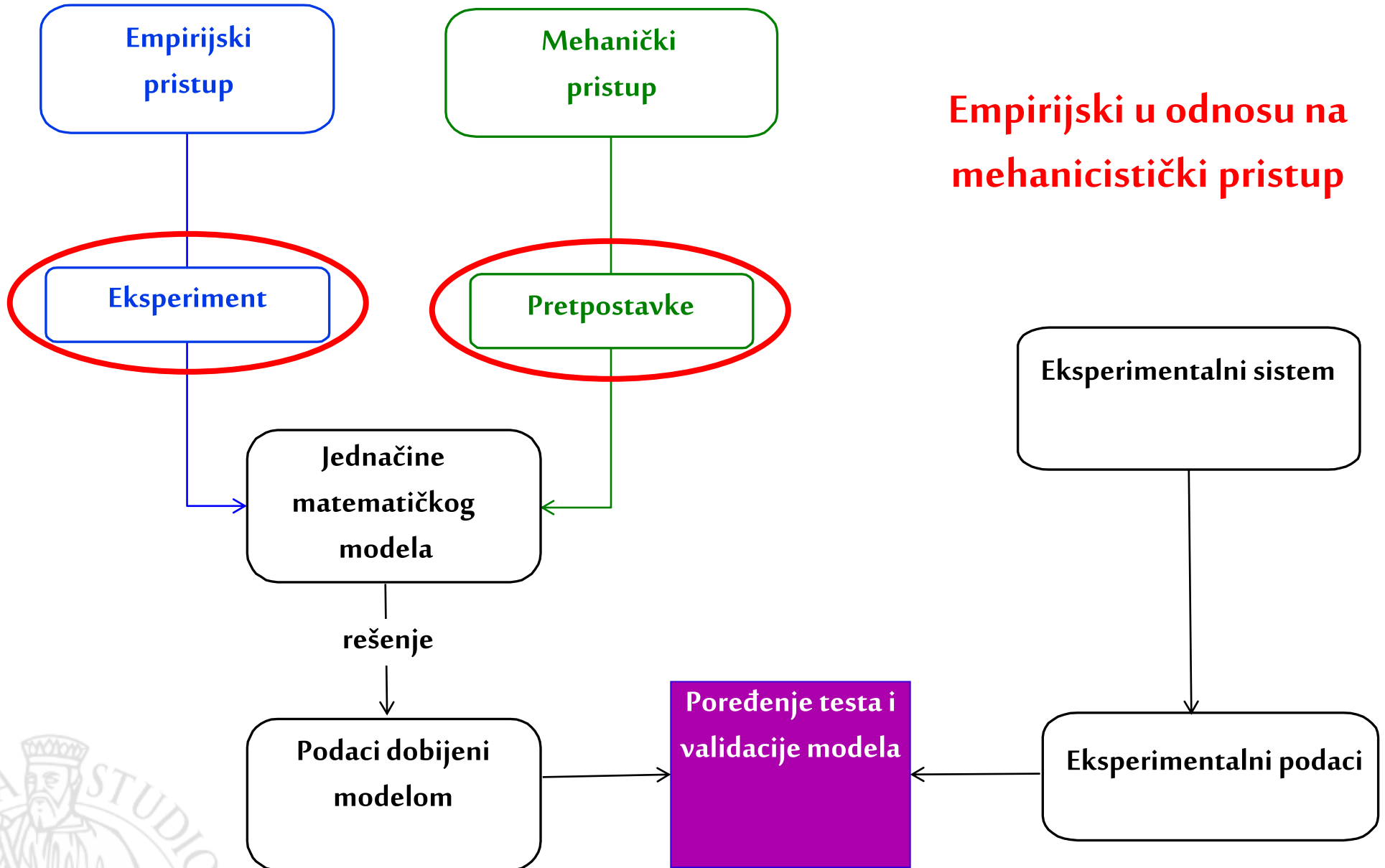
## Mehanicistički modeli

Mehanicistička modeli opisuju i objašnjavaju poseban fenomen na osnovu fundamentalnih mehanizama koji regulišu funkcionisanje sistema

Na primer, povećanje suve mase može se opisati nizom složenijih funkcija, od kojih svaka uzima u obzir manje procese, kao što je uticaj na ekofiziološke karakteristike vrste na uticaj svetla na fotosintezu, na proizvodnju asimilata i, samim tim, na povećanje suve mase

Dobijeni obrazac je dosta složen, ali (teoretski) u stanju je da predvidi rast biljke bez obzira na uslove životne sredine







## Statički i dinamički modeli

**Statički modeli:** oni predstavljaju odnose između varijabli koje se ne menjaju sa vremenom, a onda saznajete konačnu vrednost, a ne trend tokom vremena (npr modeli regresije)

**Dinamički modeli:** sadrže vreme kao eksplicitnu promenljivu. Opisuju način na koji se sistem menja tokom vremena (npr modeli simulacije bolesti)





## Deterministički i stohastički modeli

**Deterministički modeli:** prave prognozu dajući numeričku vrednost, bez davanja bilo kakve mere verovatnoće distribucije. Ulazne varijable pretpostavljaju fiksne vrednosti. Ne uzima se u obzir nesigurnost koja je povezana sa ulaznim varijablama

**Stohastički modeli:** (stohastički = usled šanse, slučajni) uzimaju u obzir varijacije (uzročno-posledične ili ne) od ulaznih varijabli, a zatim daju rezultate u smislu "verovatnoća"

Važno je naglasiti da ono što razlikuje deterministički model od stohastičkog je da u drugom se uzima u obzir varijabilnost ulaznih podataka.





## **Konceptualne faze**

Formulisanje ciljeva

Definisanje ograničenja

Konceptualizacija sistema i identifikacija elemenata

## **Faze razumevanja**

Stvarno prikupljanje podataka (literature, eksperimenti)

Formulacija modela

Verifikacija modela (poređenje sa podacima koji se koriste za njegov razvoj)

## **Pregledna faza**

Validacija (u odnosu na nezavisne podatke)

Analiza osetljivosti

Pojednostavljenje

Formulacija u postavljanju pravila za upravljanje usevom

Realizacija programa



## Primena modela simulacije

1. Tipa modela
2. Identifikacija i kvantifikacija procesa za simuliranje
3. Kalibracija
4. Procena potencijala (validacija i osetljivost analize)
5. Aplikacija





## 1. Izbor tipa modela

Kakva god da je specifična primena za koju se traži upotreba simulacionog modela, potrebno je:

1. Da se jasno identifikuju ciljevi (šta moj model tačno treba da uradi?) I uslovi primene (skala primene, dostupnost podataka, itd)
2. Da se izvedu kvantitativni kriterijumi za procenu različitih modela prema njihovoj podobnosti
3. Koristiti kriterijum namenjen uređenju modela
4. Izabrati najpogodniji model za specifičnu primenu (najbolji model za taj cilj, i u tim uslovima)
5. Kritički koristiti izabrani model



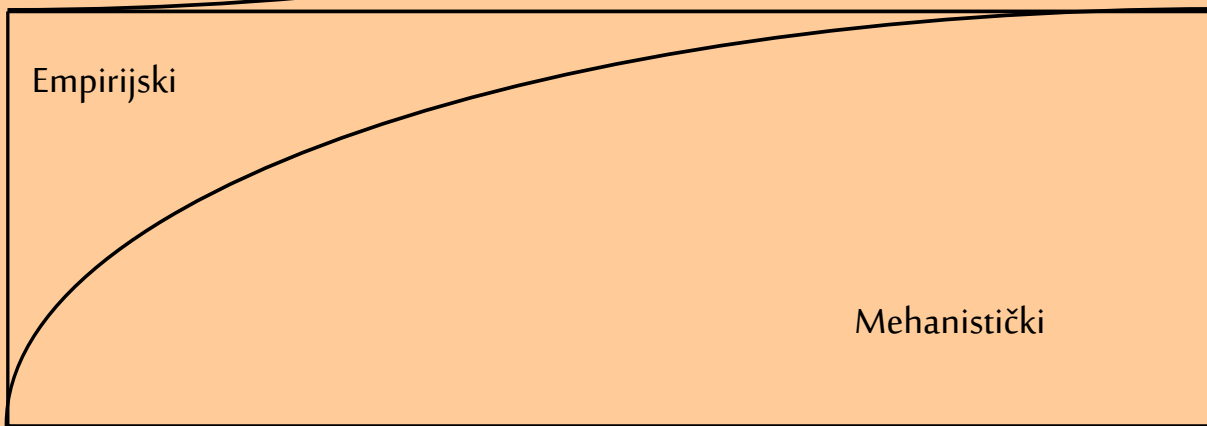


# 1. Izbor tipa modela

TIP MODELA

UPOTREBA

Sposobnost da se razume sistem



Empirijski

Mehanistički

Pregled podataka

Interpolativna predviđanja

Traženje propusta u znanju

Extrapolativna predviđanja

Interpretacija eksperimentalnih rezultata





## 1. Izbor tipa modela

### Dostupnost podataka (razvijanje, validacija i primena)

✓ **Razvoj modela:**

Mere efekta varijabli životne sredine na određeni proces (rast, razvoj, vodni bilans)

✓ **Validacija modela:**

Nezavisnost eksperimentalnih podataka u odnosu na pojedinačne procese podrazumevane modelom (fotosinteza, podela biomase)

✓ **Primena modela:**

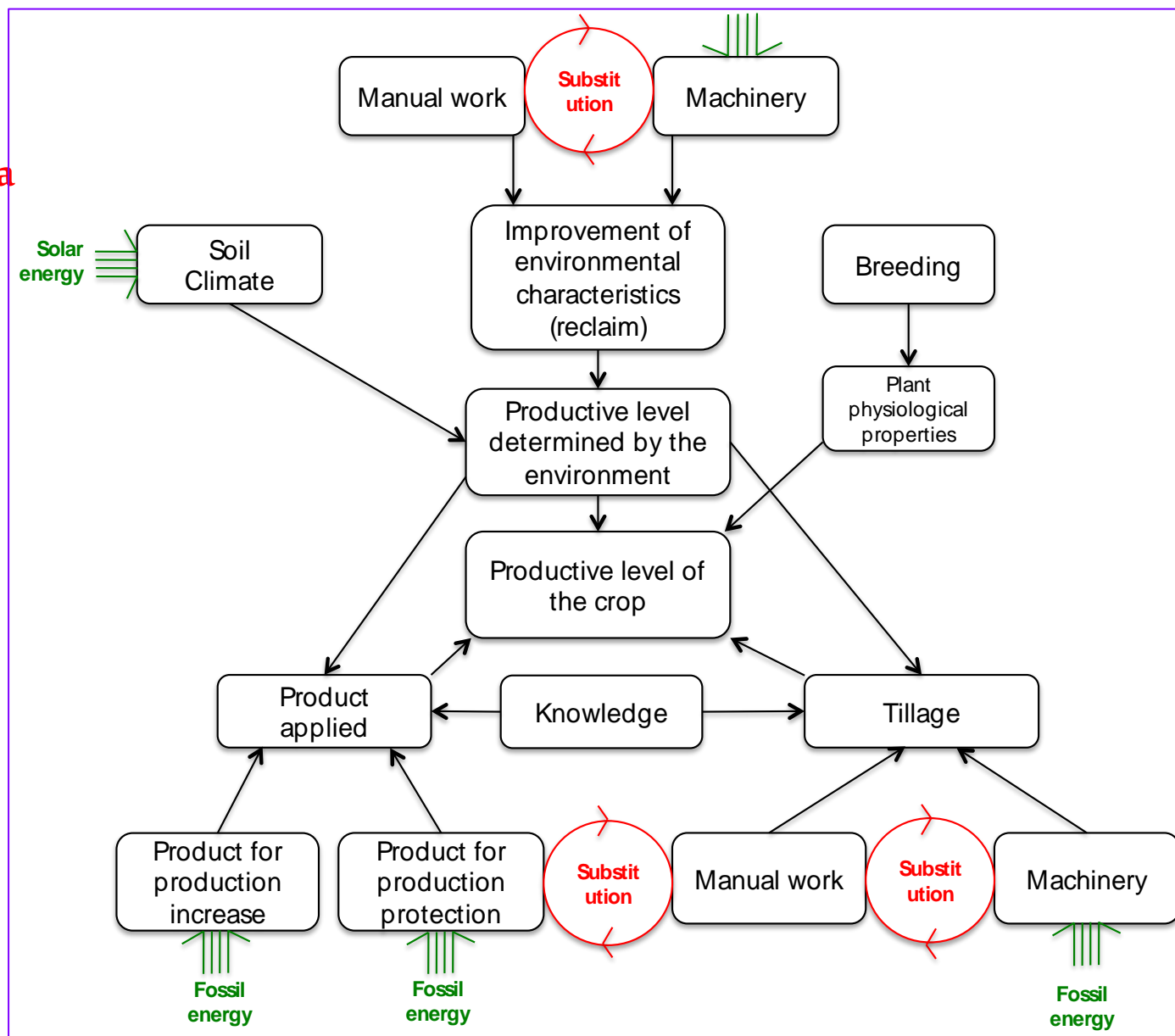
Podaci o prinosu (fenologija, rast), poljoprivredne tehnike (datum sejanja, hemijske primene) i o uslovima zaštite životne sredine (Meteo)



## 2. Identifikacija i kvantifikacija procesa simulacije

Model mora podrazumevati uslove uticaja testiranih procesa:

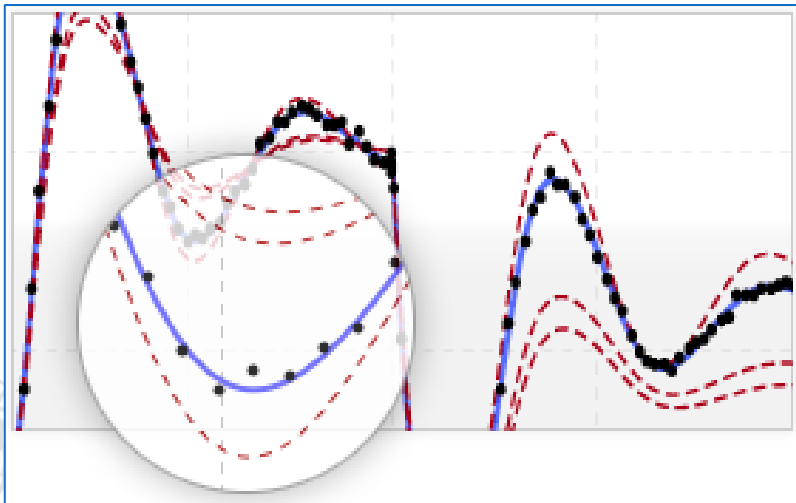
- Faktori sredine
- Fiziologija biljaka
- Patogeni
- Primenjeni produkti
- Tehnike gajenja





### 3. Kalibracija modela

Postupak za koji se koristi jedna ili više serija eksperimentalnih podataka za formulisanje modela, za upoređenje podataka dobijenih izvođenjem eksperimenata, eventualno da se preformulišu strukture modela ili da se podese neki parametri.





## 4. Procena potencijala modela

### Validacija

Postupak kojim se porede simulirani podaci iz modela sa eksperimentalnim podacima NE korišćenim u razvoju za identifikaciju tačnosti i preciznosti procene

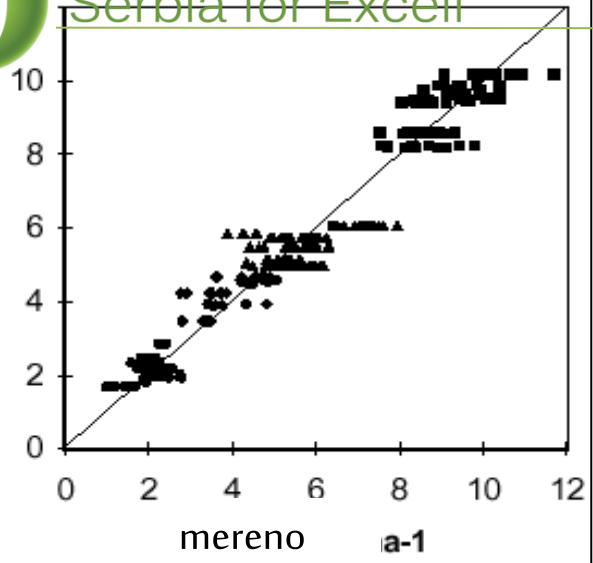
### Validacione procedure:

1. Subjektivna procena: razlika od strane stručnjaka utvrđena između simuliranih i posmatranih podataka
2. Vizuelne tehnike: grafičko poređenje između simuliranih i posmatranih podataka



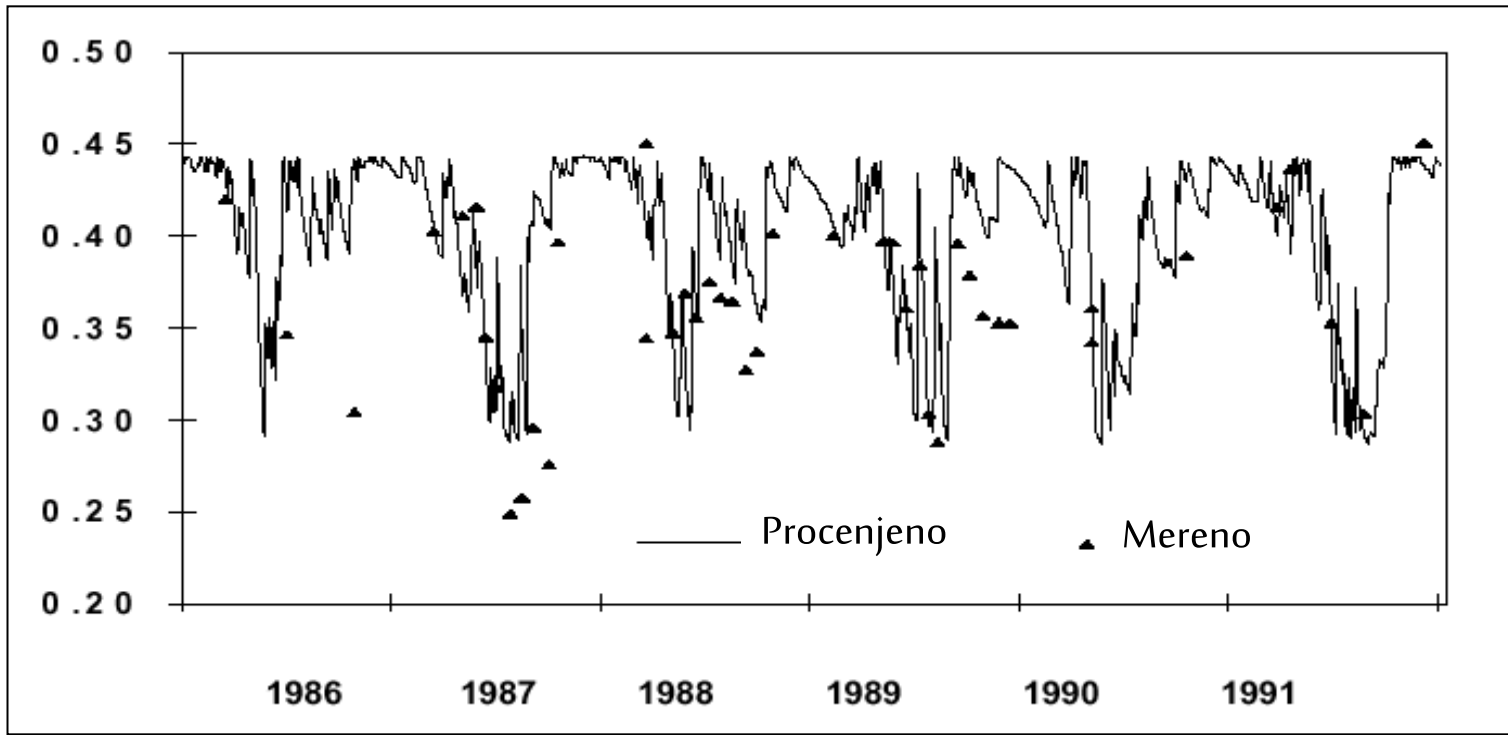


Procenjeno



- ◆ Soja
- ◇ Ječam
- Kukuruz

Validacija (vizuelne tehnike)





## Indeksi performansi modela

- o Srednja relativna greška

$$MRE = \sum_{i=1}^n (y_i - y_{st\ i})$$

- o Srednja apsolutna greška

$$MAE = \sum_{i=1}^n |y_i - y_{st\ i}|$$

- o Srednje kvadratna greška

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{st\ i})^2}{n}}$$

- o Koeficijent determinacije

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{st\ i})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_M)^2}$$





## Kalibracija i validacija



RAZLIČITI SKUPOVI PODATAKA ZA KALIBRACIJU I VALIDACIJU





## Analize osetljivosti

Postupak kojim možete proceniti odgovor modela na promene u životnoj sredini i klimatske parametre potrebne za sam model

	Promene (%)											
a	Temperatura					Relativna vlažnost						
	-10	-5	0	5	10		-10	-5	0	5	10	
1995	9.29	12.1	16.9	21.5	13.54		1.61	6.79	16.9	37	73.9	
1996	1.06	2.36	2.26	2.4	4.66		0.36	0.68	2.26	12.2	56.9	
1997	4.47	5.5	3.04	3.4	4.59		0.57	2.64	3.04	7.99	16.5	
1998	4.18	5.1	3.6	4.94	5.13		0.34	1.4	3.6	22.1	36.9	



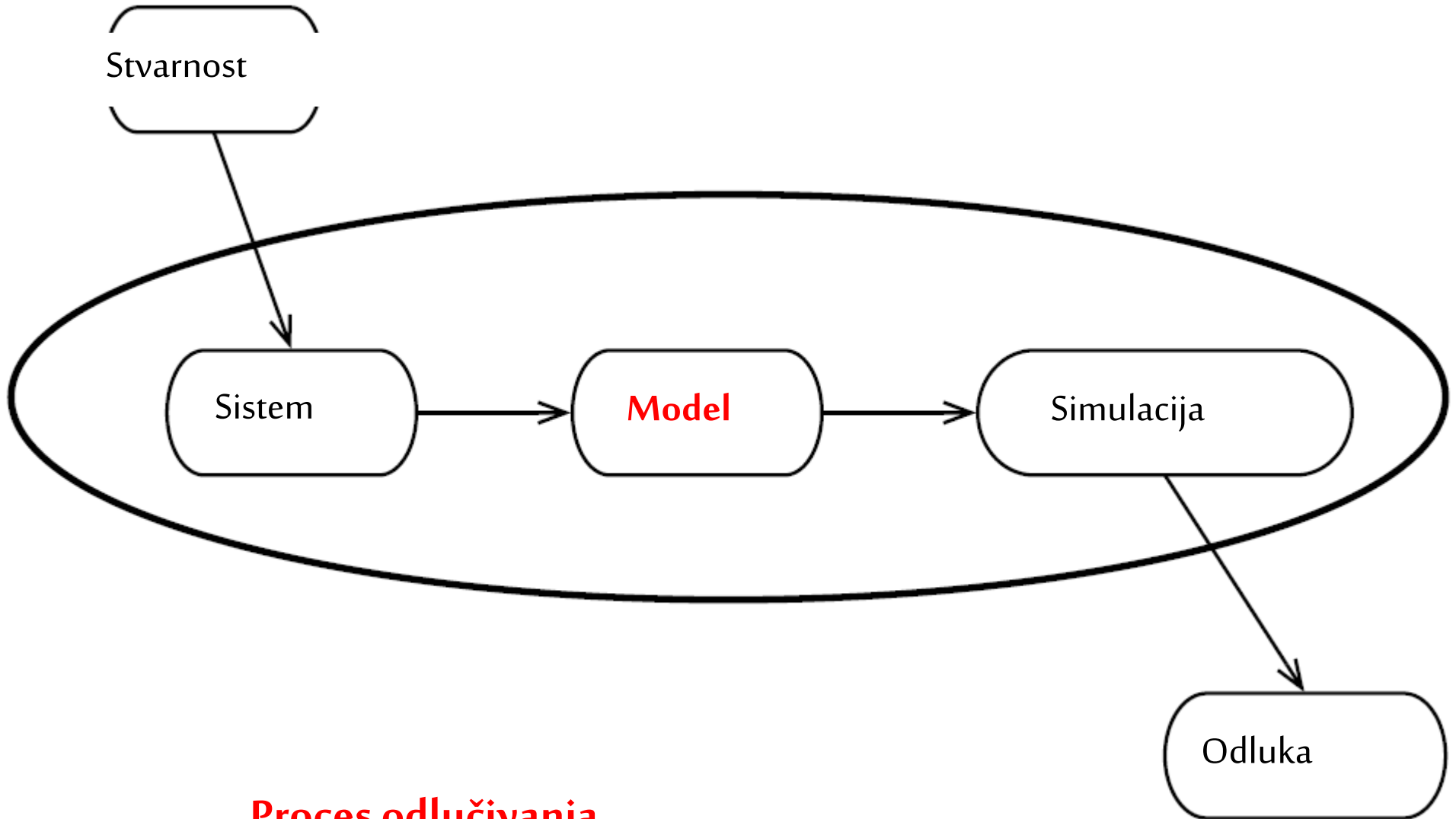




## 5. Primena

- Upravljanje tehnikama zaštite
- Dugoročno upravljanje
- Uticaj analize i proizvodne procene
- Analize proizvodnje
- Gajenje
- Održivost poljoprivrednih sistema
- Klimatske promene
- Osiguranja





**Proces odlučivanja**





## Interpretacija

The way the various solutions to a problem are presented affects the strategy that will be used; for example, in a model (or DSS) for crop protection the way with which the simulated degree of attack is communicated can affect the behaviour of the farmer Način na koji su predstavljena različita rešenja za problem utiče na strategiju koja će se koristiti; Na primer, u modelu (ili DSS) za zaštitu bilja, način na koji simulirani stepen napada je saopšten može da utiče na ponašanje farmera

Prag intervencije  
10%

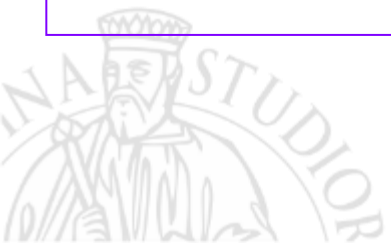
DSS

9.5% Napad patogena

**Prskati**

Ukoliko ste blizu praga

**Ne prskati** ako ste ispod  
praga





## Izvor literature

- o Confalonieri Roberto, Di.Pro.Ve. – University of Milano
- o Simone Orlandini, DiSPAA – University of Firenze

