



Agrometeorologija
Maja Telišman Prtenjak (telisman@gfz.hr)



Agrometeorologija/agroklimatologija

Literatura:

- 1.Pielke RA (2002): *Mesoscale meteorological modeling*. Academic Press.
- 2.Bonan G (2016):*Ecological Climatology. Concepts and Applications*. Third Edition. Cambridge University Press.pp 692.
- 3.Lalić Branislava, Eitzinger Josef, Dalla Marta Anna, Orlandini Simone, Firanj Sremec Ana, Pacher Bernhard, 2018: *Agricultural Meteorology and Climatology*. Firenze University Press. Firenze, Italy. 354 str.

-
- 1.Smith JW (1920): *Agricultural Meteorology-the effect of weather on crops*. The Macmillan company. New York.
 - 2.Venckevič GZ (1958): *Agrometeorologija*. Izdanje Saveznog hidrometeorološkog zavoda,Beograd.
 - 3.Smith LP (1975): *Methods in agricultural meteorology*. Elsevier, Amsterdam.
 - 4.Wood EF (1991): *Land surface – atmosphere interactions for climate modeling*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
 - 5.Stigter K (2010): *Applied Agrometeorology*. Springer, Berlin.
- +članci...

Agrometeorologija/agroklimatologija

Seminari (1/3 ocjene):

1. Kartsios i sur. (2021): Numerical investigation of atmosphere-fire interactions during high-impact wildland fire events in Greece. Atmos. Res. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105253>

(Jasmina Dobranić)

2. Sgubin, G., Swingedouw, D., Dayon, G., García de Cortázar-Atauri, I., Ollat, N., Pagé, C., & van Leeuwen, C. (2018). The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. Agricultural and Forest Meteorology, 250–251, 226–242. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2017.12.253>

(Filip Suk)

Zadaća (1/3 ocjene):

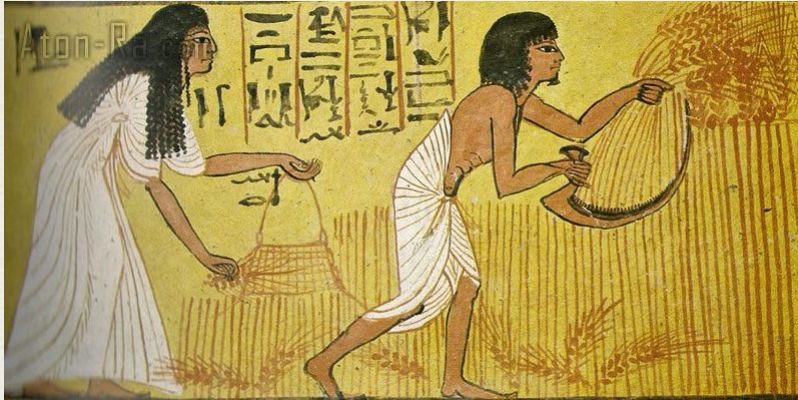
Projektni zadatak

Prezentacija (1/3 ocjene):

Korištenje modela AquaCrop

<https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/aquacrop/en/>

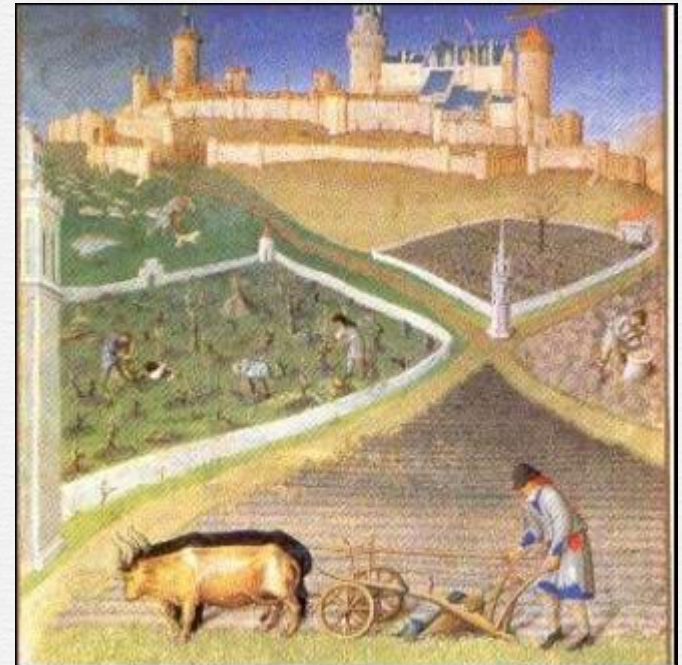
Poljoprivreda -nekad



quintocircolo.wordpress.com

Poljoprivreda datira još iz Plodnog Polumeseća (sjeverna Mezopotamija, Južno Istočna Anatolija, Palestina), gdje su prve uzgajane biljke bile žitarice, uključujući ječam, proso, pšenicu

Poljoprivreda se razvila u Neolitu oko 10 000 g. P.N.E., kada je čovjek shvatio da gajenjem biljaka može proizvesti više nego što je potrebno za opstanak zajednice



www.circolodidatticodivinci.it

Poljoprivreda -nekad

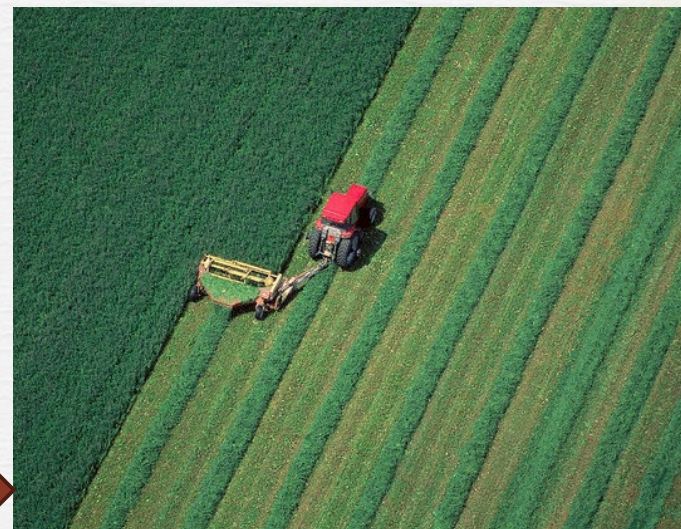
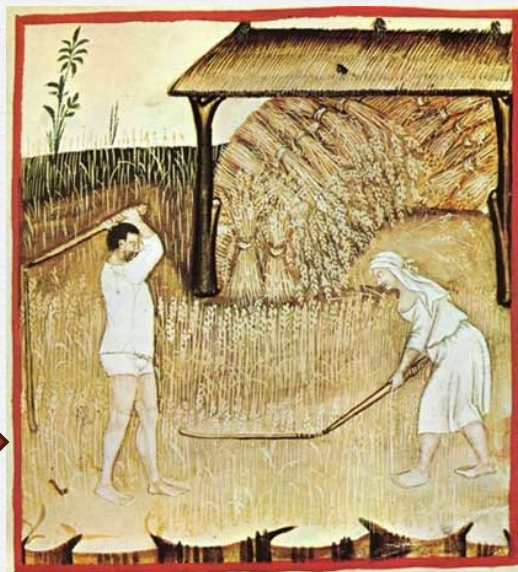
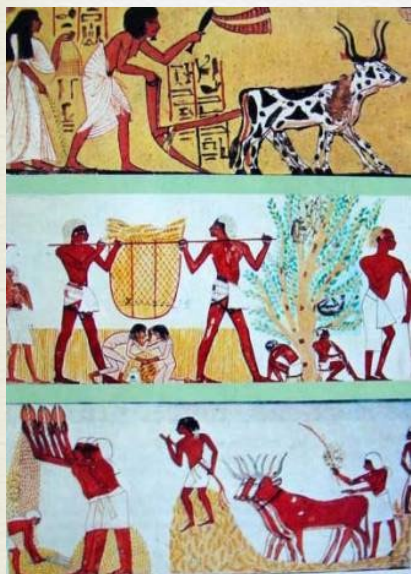
Prvi pokušaj čovjeka da unapredi proizvodnju žitarica bila je genetička selekcija. Početak se zbio s divljim biljkama adaptiranim na spontano širenje, ali ovo nije bilo zadovoljavajuće s aspekta proizvodnje



- Čovjek bira samo najbolje biljke sa dobrim osobinama i pune sjemena, pospješujući na ovaj način patološki karakter biljke
- to je vodilo gubitku sposobnosti njihovog samostalnog raseljavanja i istovremeno povećanoj ovisnosti o umjetnom načinu sjetve

Poljoprivreda – nekad i sada

Ovo je bio početak jedne ustaljene evolucije poljoprivrednih aktivnosti: genetičkog unapređivanja, metodologije proizvodnje, gnojidbe, mašinerije, itd.



Zašto agrometeorologija?

Osnovna pokretačka sila u poljoprivredi

Rast stanovništva

Prehrambene navike i njihove promjene

Nesigurnost uslijed klimatskih promjena

Globalne klimatske promjene vode prema:

- većim rizicima u poljoprivrednoj proizvodnji,
- manjim resursima za više ljudi.



Zašto agrometeorologija?

Agrometeorologija je znanstveno područje koje se bavi uzgojem biljkama (i životinjama) od oranja do žetve

Meteorologija	Agrometeorologija
Dio atmosfere fizike	Može se smatrati ili dijelom primijenjene meteorologije, ili dijelom poljoprivrede
Znanost o vremenskim prilikama; fizikalnim (i kemijskim) svojstvima atmosfere	Predstavlja kombinaciju poljoprivrede i fizikalnim (i kemijskim) svojstvima atmosfere
Dio fizike	Dio biofizike
Naglasak je na vremenskim karakteristikama	Naglasak je na savjetovanju poljoprivrednicima, a savjeti su bazirani na vremenskoj prognozi
Znanost koja povezuje društvo	Znanost koja povezuje poljoprivredne proizvođače

Agrometeorologija

Agrometeorologija – stavlja meteorološka znanja u službu poljoprivrede po svim aspektima radi:

- poboljšanja korištenja zemlje uz održivi razvoj (ne samo povećanje produktivnosti)
- omogućavanja maksimalne proizvodnje hrane za stanovništvo uvažavajući okoliš i ekonomske ishode
- izbjegavanja nepovratne zlouporabe zemljišnih resursa

Navodnjavanje

2600 km³ je na globalnoj skali navodnjavano



u nekim zemljama 80% vodnih resursa preusmjereno je na poljoprivredu te se tako povećava konkurencija korištenja vode između poljoprivrede, industrije i urbanih sredina.

Agrometeorologija

Obiteljska gospodarstva (OPG) proizvode oko 80% svjetske hrane

84 % OPG su < 2 ha²

Farme s P > 50 ha² zauzimaju 2/3 globalnog poljoprivrednog zemljišta

U zemljama s niskim prihodima, farme < 5 ha² zauzimaju do 70% poljoprivrednog zemljišta

U većini zemalja u razvoju, farme postaju sve manje i manje

Važnost obiteljskih (tradicionalnih) gospodarstava za globalnu sigurnost hrane i dobrobit zemalja

FAO (2014)

FAO=Food and Agriculture Organization of the United Nations

Izazovi za operativnom agrometeorološkom primjenom i daljnja istraživanja



Aktivnosti praćenja



Kratkoročne i dugoročne prognoze (suše, ekstremno vrijeme)



Sustavi podrške odlučivanju



Korisnički orijentirani s ekonomičnim, kratkoročnim i dugoročnim fokusom



Klimatsko mapiranje



Visoka prostorna razlučivost, s obzirom na klimatske promjene i specifične aspekte usjeva



Poboljšanje i kombiniranje alata



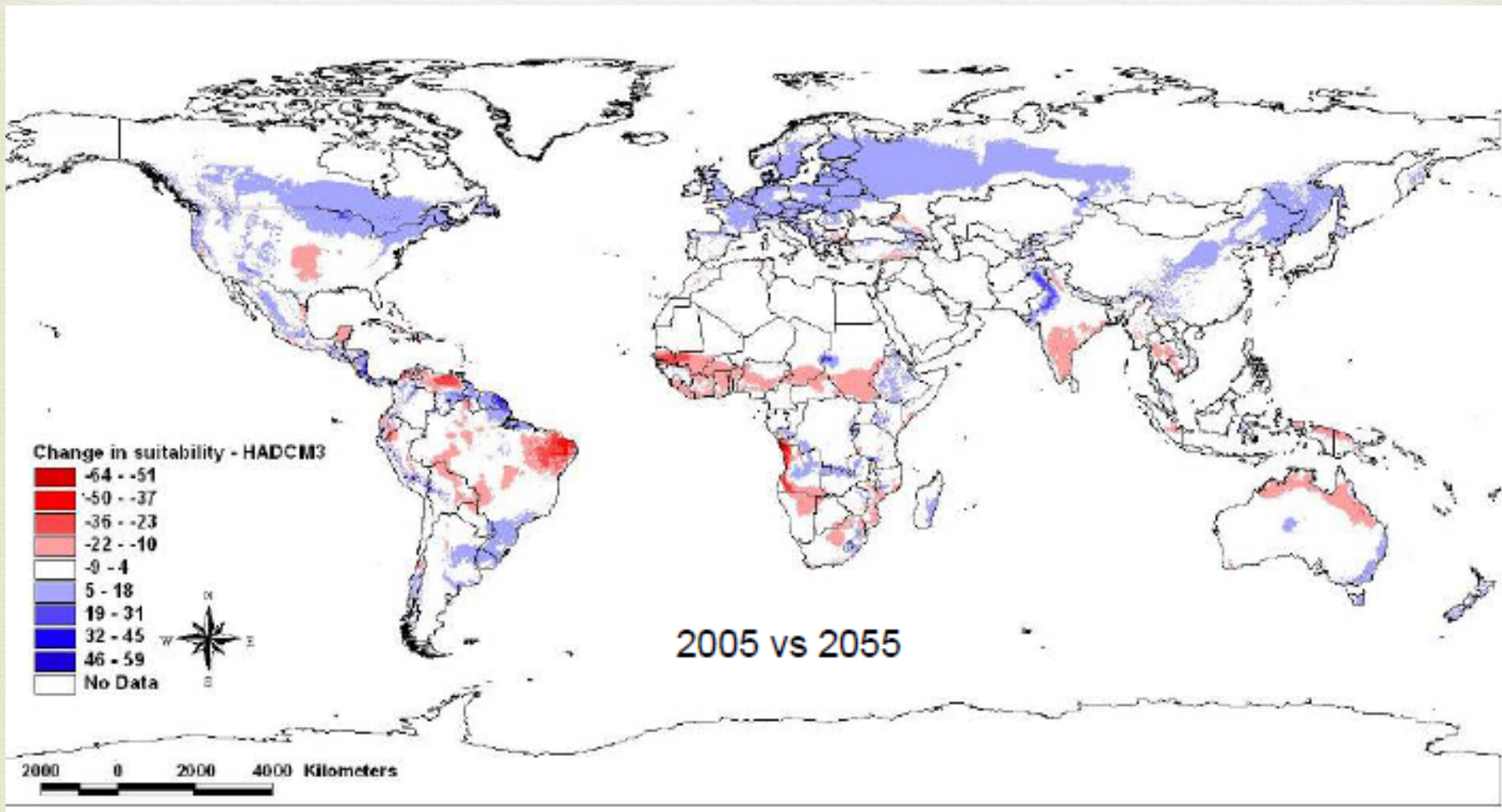
Daljinska mjerenja, GIS, agrometeorološki modeli za usjeve i navodnjavanja, mjerni sustav, prijenos i obrada podataka itd.

Izazovi za operativnom agrometeorološkom primjenom i daljnja istraživanja

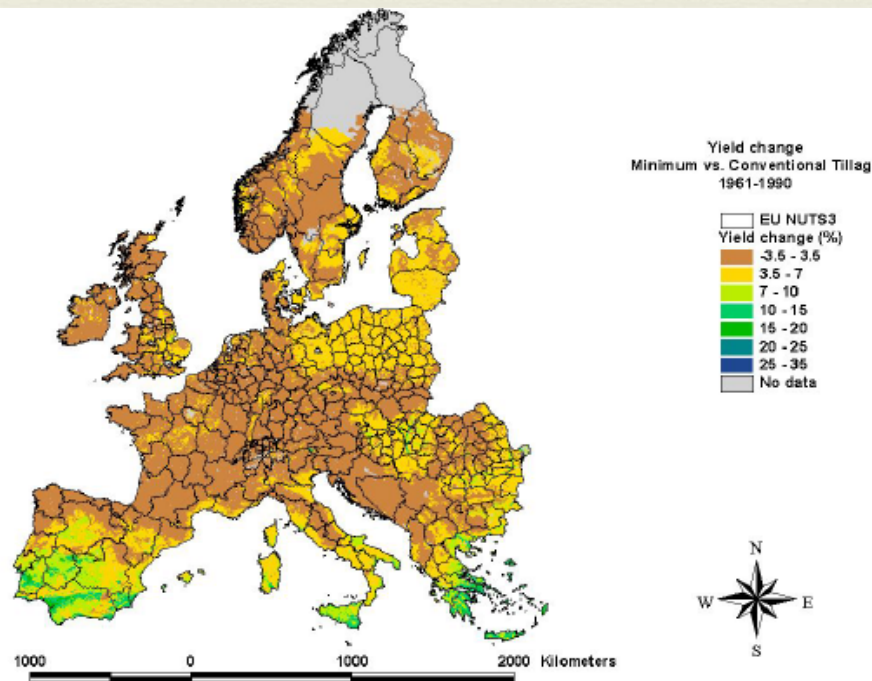
Mjerenja na licu mjesta od presudne su važnosti za mnoge agrometeorološke primjene (npr. zaštita usjeva)



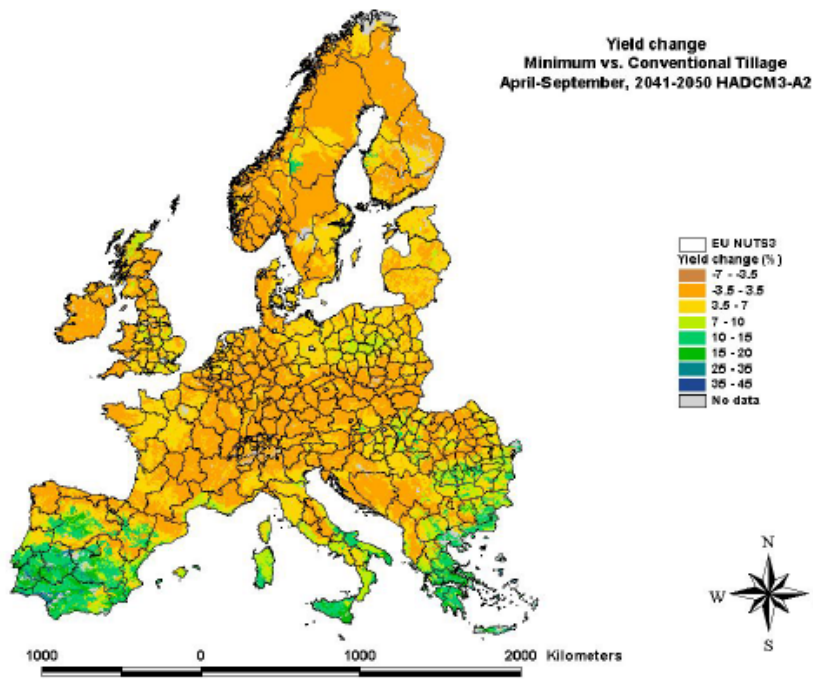
Prikladnost za usjeve

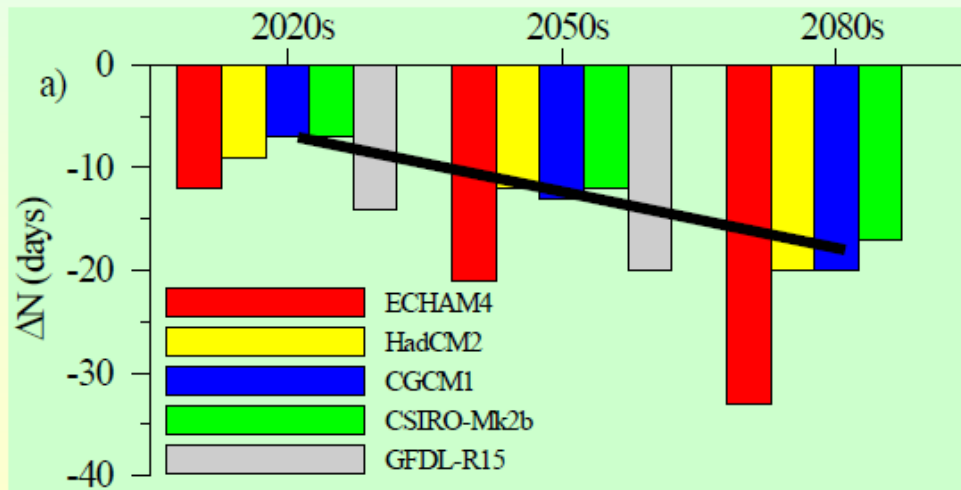
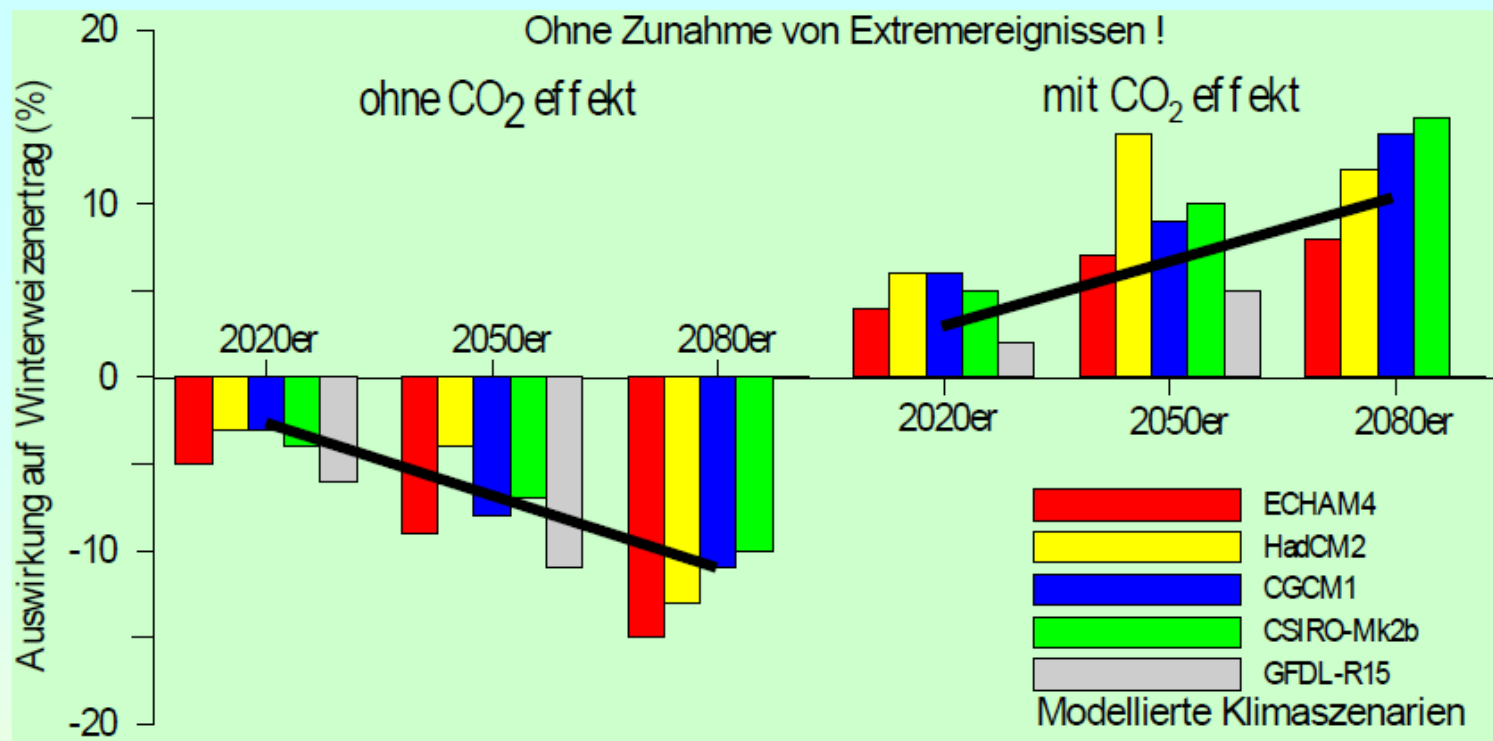


Lane & Jarvis (2007)



Promjena prinosa proljetne pšenice (%) između minimalne i konvencionalne obrade za razdoblje (1961-1990) i klimatske promjene (2041-2050 HADCM3-A2) (Simota, 2009)





Crop model applications

Climate change impacts on winter wheat yields in Austria

(Alexandrov and Eitzinger, 2001)

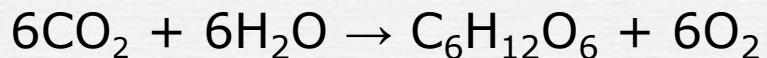
Agrometeorološke veličine

- Sunčevo zračenje
- Temperatura
- Vjetar
- Vlažnost zraka
- Površinska vlažnost lista
- Oborina

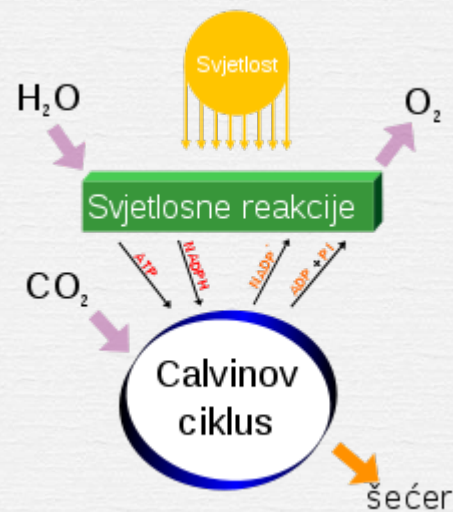
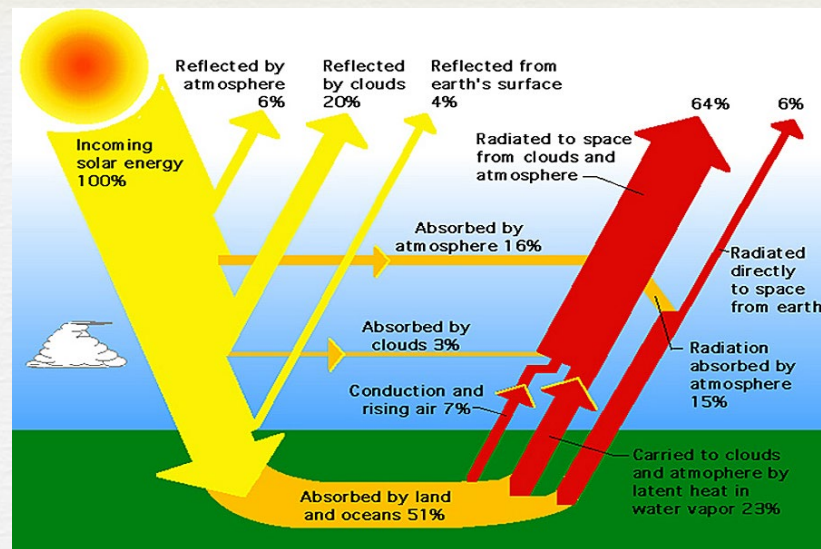
Sunčevo zračenje

Energetska bilanca utječe na dinamiku svih meteoroloških veličina

Fotosinteza je proces kojim se sunčeva svjetlost prevodi u kemijsku energiju, iz vode se oslobađa O₂, i vrši fiksacija CO₂ u šećere



Fotoperiodizam = reakcija biljaka na duljinu trajanja dnevnog osvjetljenja (fotoperioda) promjenom intenziteta i brzine vegetativnog i generativnog razvoja. Regulira zimsku dormanciju (uspavanost) pupoljaka, opadanje listova, formiranje lukovica, determinaciju spola kod biljaka i cvjetanje



Temperatura

Temperatura je jedna od najvažnijih veličina s obzirom na to da utječe na dva fundamentalna procesa u biologiji:

- ✓ Brzinu biokemijskih reakcija
- ✓ Brzinu transporta energije

Svi kemijski, fizički i kemijsko-fizički procesi koji stoje u osnovi bioloških reakcija u biljkama, ovise o temperaturi

Temperatura određuje:

- intenzitet biljnih reakcija (sazrevanja, apsorpcije korijena, fotosinteze, itd.)
- intenzitet mikrobioloških reakcija (humifikacija-truljenje, rastvaranje org. tvari i pretvaranje u zemlju, itd.)
- Brzinu razvoja biljaka, spolnu ekspresiju, klijanje sjemena, itd.

Temperaturna ograničenja

Veza između biljke i temperature se obično analizira upotrebom sljedećih ograničenja:

Optimalna temperatura: vitalne funkcije se odvijaju maksimalnom brzinom

Kardinalne temperature, minimalne i maksimalne, su one ispod ili iznad kojih životne funkcije prestaju, ali se eventualno mogu povratiti ako se temperaturni uvjeti poboljšaju

Kritična temperatura: ispod i iznad koje su funkcije i organi (biljaka) trajno ugroženi

Temperatura: Rast temperature

Temperatura: Dani s porastom temperature

Vrijeme potrebno da bi se upotpunile različite faze razvoja je funkcija ukupne topline usvojene od strane biljaka. Ova veza se izražava termičkim (termalnim) sumama, koje predstavljaju sumu dnevnih srednjih temperatura u okviru specifičnog opsega razvoja.

Granične vrijednosti (°C) termičke sume	
Kukuruz	10
Soja	10
Šećerna trska	8
Grašak	4
Pšenica	0-5
Riža	0-10

Termičke sume (°C)	
Krumpir	900-1000
Rajčica	1800-2000
Krastavac	1900-2200
Kukuruz	2000-2300
Grožđe	2800-3200
Agrumi	4000-4500

Fenofaze

- ▶ Suzenje ili plač
- ▶ Pupanje, rast i razvoj vegetacije
- ▶ Cvatnja i oplodnja



Fenofaze

- ▶ Rast bobica
- ▶ Dozrijevanje grožđa
- ▶ Priprema za zimski odmor
- ▶ Zimski odmor

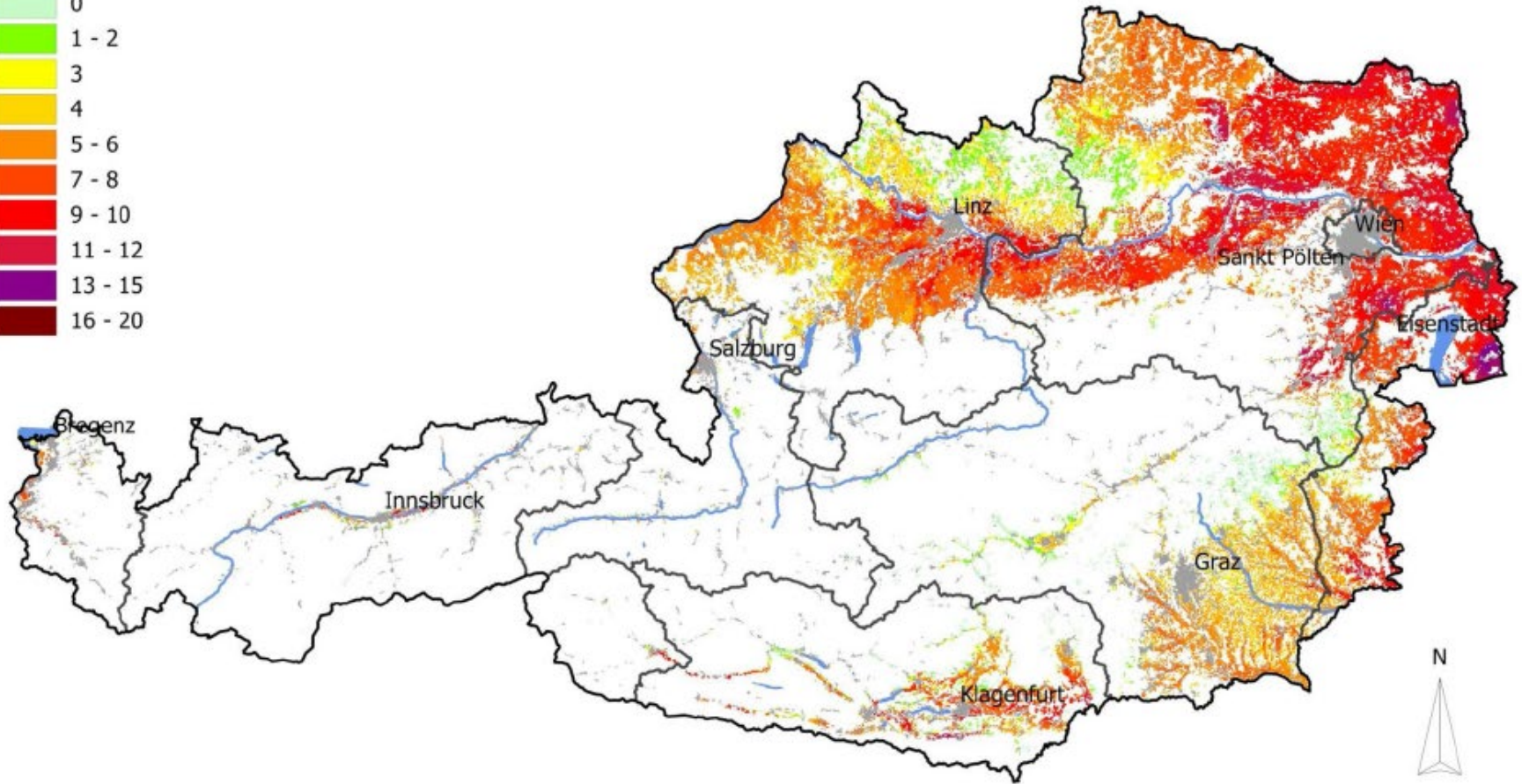


Agroklimatski indeksi-primjeri

Number of days with $T_{max} > 32^{\circ}\text{C}$
01.06.2015 - 27.07.2015



Crop Stress Indicator Sums



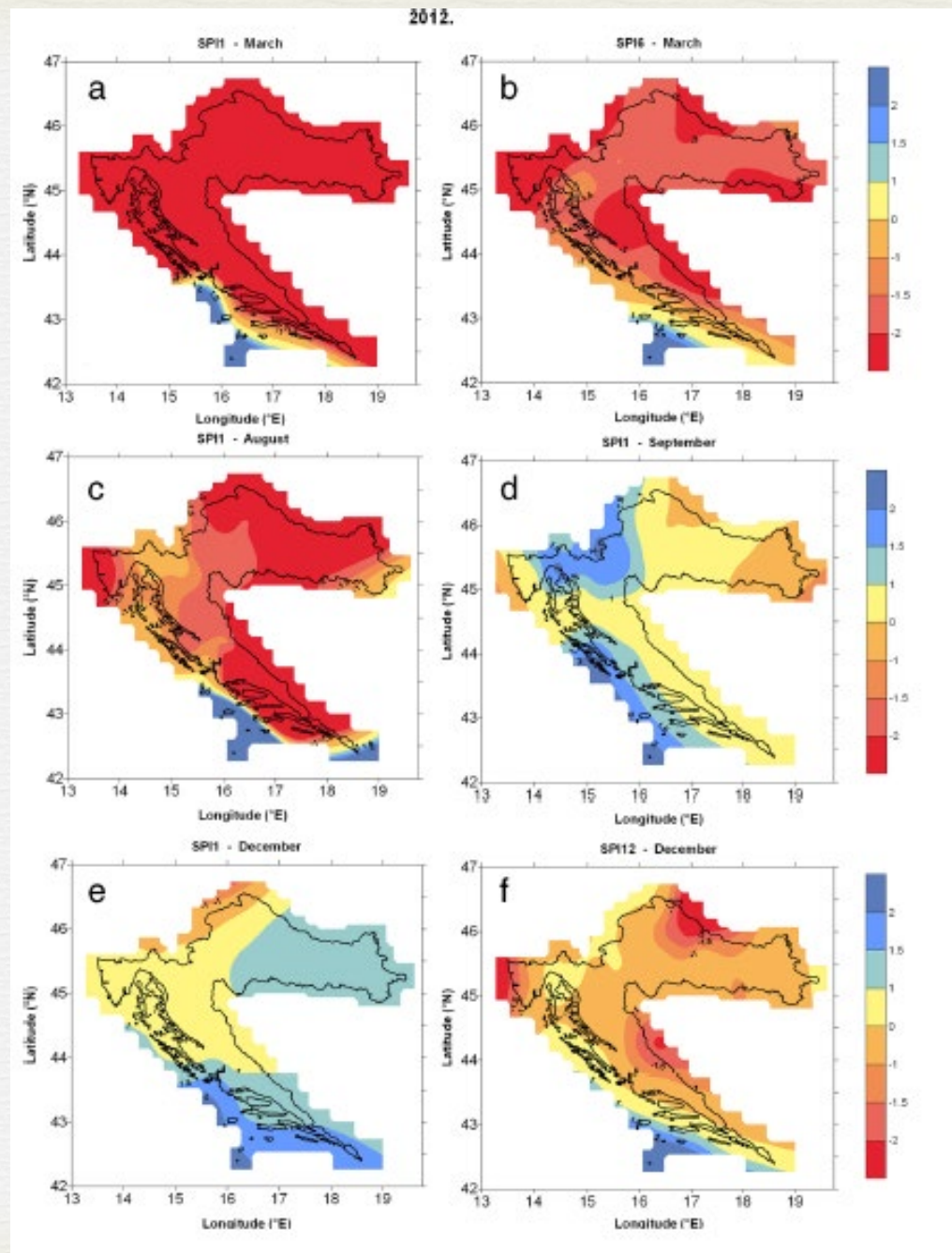
0 100 km

SPI-praćenje suše

$-1.49 \leq \text{SPI} \leq -1$
moderately dry,
 $-1.99 \leq \text{SPI} \leq -1.5$
severely dry,
 $\text{SPI} \leq -2$
extremely dry

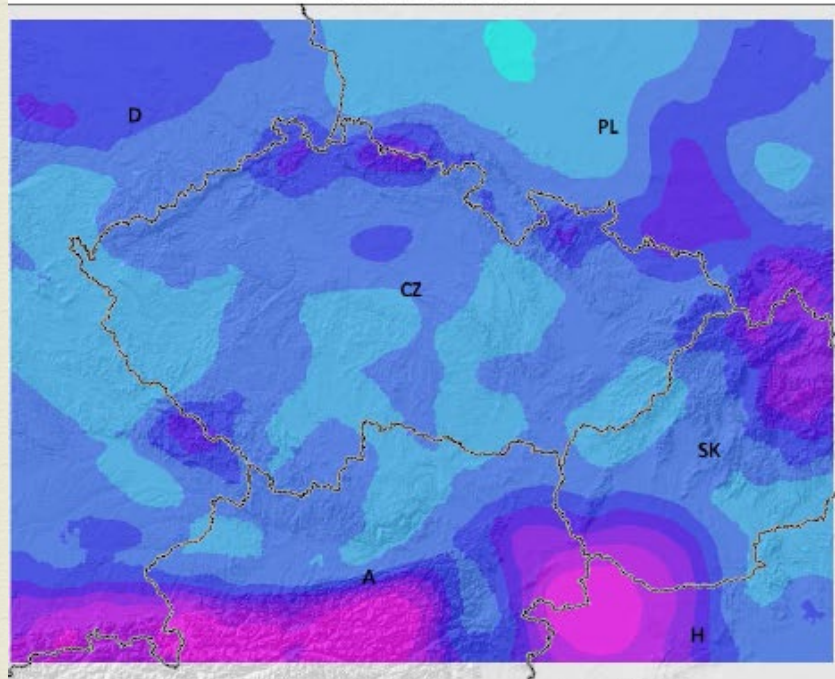
SPI-prostorna raspodjela
za vremenske skale od 1-,
6- i 12-mjeseci tijekom
2011.

Cindrić i sur.
(2016)

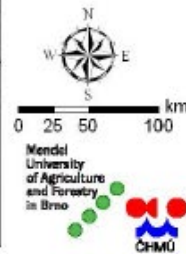


RCM – Rizik za mraz (Agriclim)

Late frost window



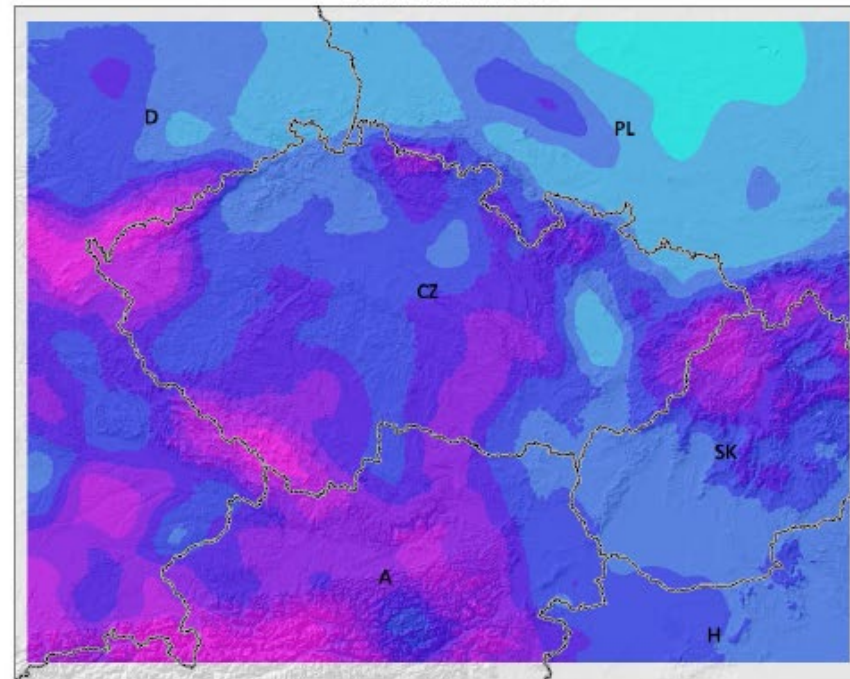
Legend: [days]
PRESENT



© Tmka M., Štěpánek P., Semerádová D., Farda A., Skalak P., Balek J., Eitzinger J., Hlavinka P., Zalud Z. (2008)

Median = 14 days
Min = 6 days
Max = 38 days

Late frost window

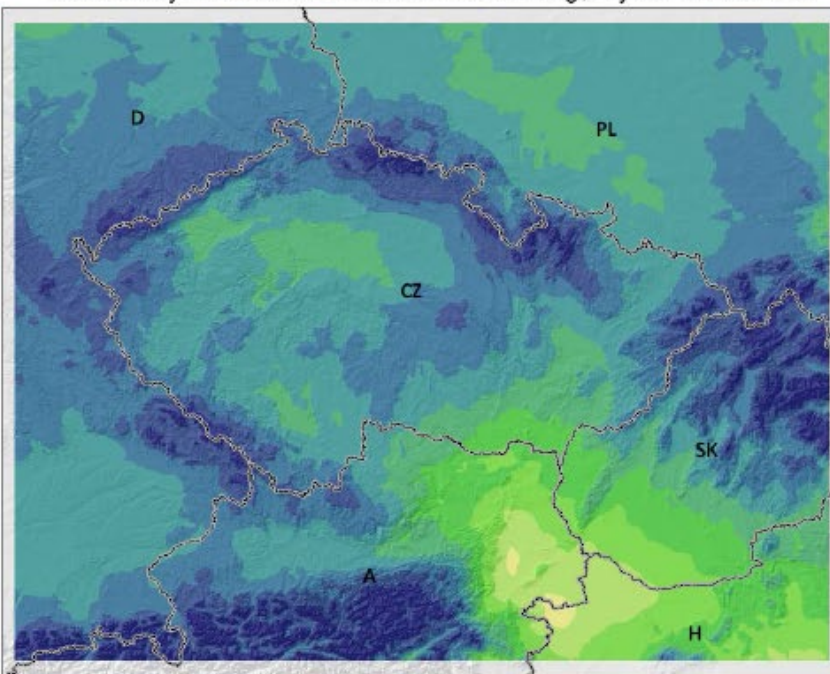


© Tmka M., Štěpánek P., Semerádová D., Farda A., Skalak P., Balek J., Eitzinger J., Hlavinka P., Zalud Z. (2008)

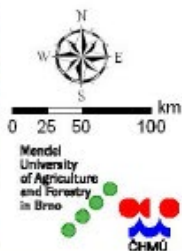
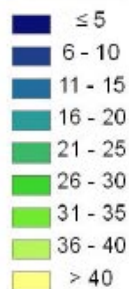
Median = 16 days
Min = 7 days
Max = 33 days

RCM – Uvjeti sjetve (rano proljeće)

Probability of suitable conditions for sowing; 2 year recurrence



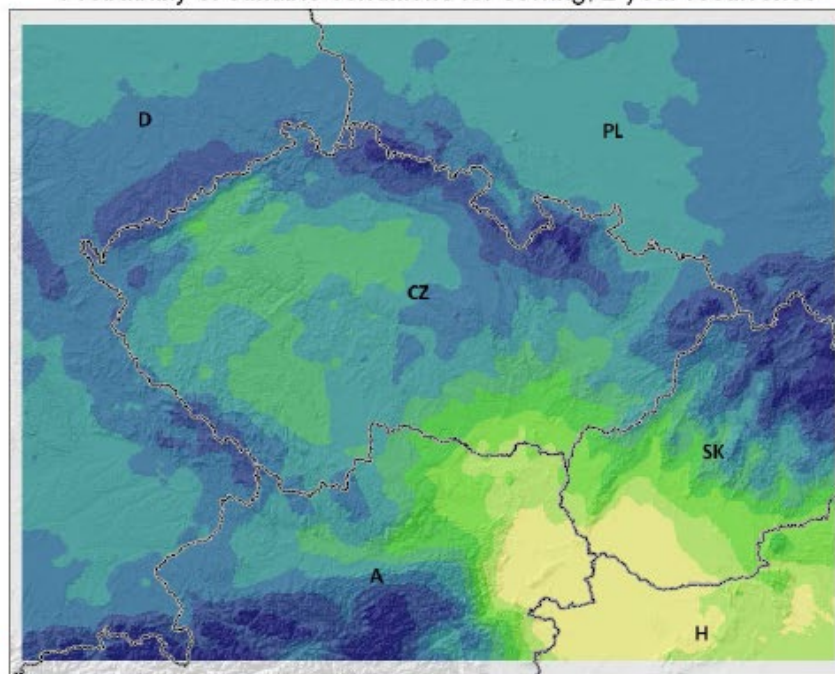
Legend: [%]
PRESENT



© Tmka M., Štěpánek P., Semerádová D., Farda A., Skalák P., Balek J., Eitzinger J., Hlavinka P., Zalud Z. (2008)

Median = 16%
Min = 0%
Max = 53%

Probability of suitable conditions for sowing; 2 year recurrence



© Tmka M., Štěpánek P., Semerádová D., Farda A., Skalák P., Balek J., Eitzinger J., Hlavinka P., Zalud Z. (2008)

Median = 16%
Min = 0%
Max = 60%

Vlažnost

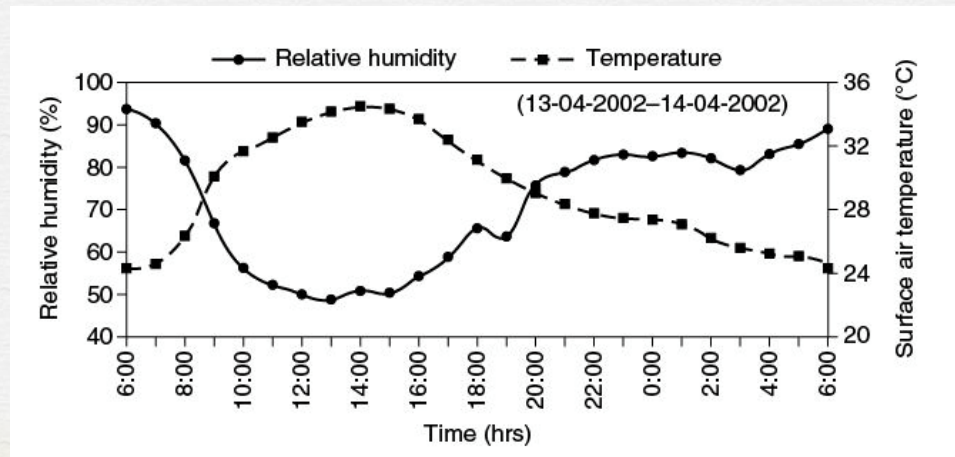
Vlažnost zraka = količina vodene pare koja je prisutna u atmosferi

Stvarni sadržaj vlage, može se izraziti kroz različite forme:

Apsolutna vlažnost: gustoća vodene pare po jedinici zraka (kg/m^3), (viša je tijekom toplijih sati/dana sa porastom evapotranspiracije)

Tlak vodene pare (e , e_s)

Relativna vlažnost: je odnos količine vodene pare koja je stvarno prisutna u zraku (e) i količine vodene pare koju zrak može sadržati pri maksimalnom kapacitetu (e_s) pri određenoj temperaturi (%)



Oborine

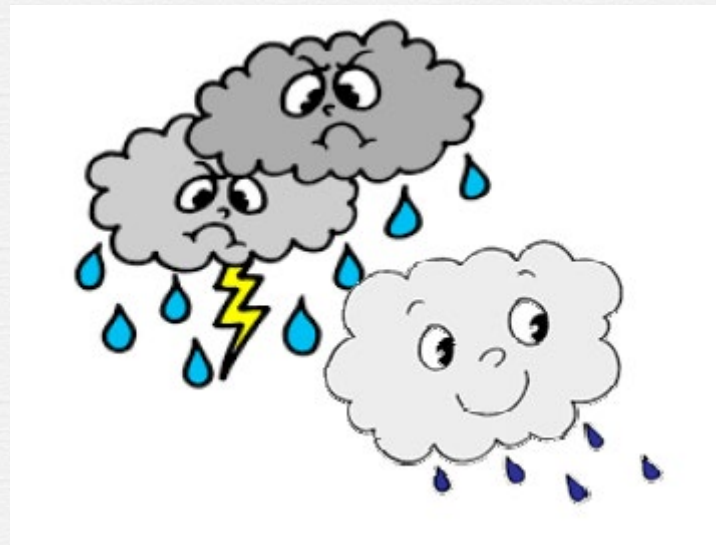
$$1 \text{ mm} = 1 \text{ L m}^{-2} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Količina (mm)

Intenzitet (mm/h)

Trajanje (h)

Učestalost (time)

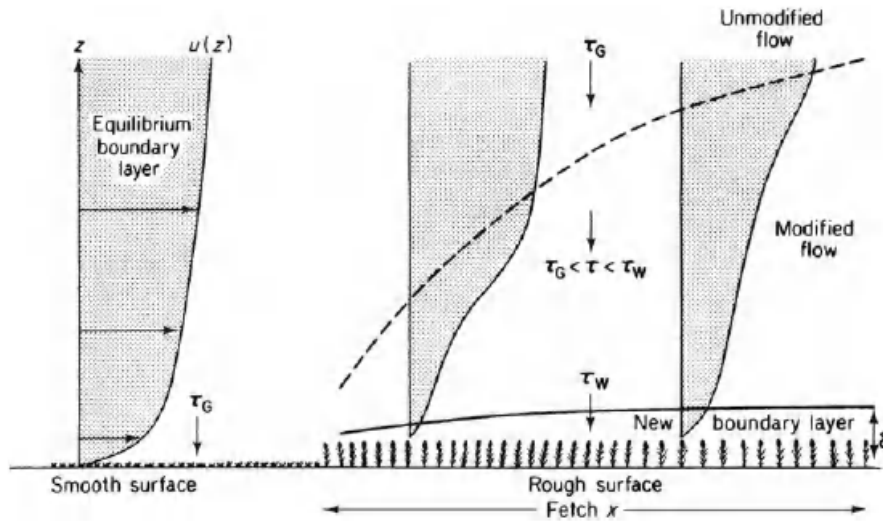


Efektivne oborine

Dio oborina dolazi do ispod zone korjenja dok dio otječe površinski-> ovakve oborine biljke ne mogu iskoristiti.

Drugim rječima, dio oborina je neefektivan.

Preostali dio se skladišti u zoni korijena i biljke ga mogu koristiti: to su tzv. **efektivne oborine**.



Babić (2016)

Development of a new equilibrium boundary layer when air moves from a relatively smooth to a rougher surface. The ratio of the vertical to the horizontal scale is about 20:1. The broken line is the boundary between unmodified flow in which the vertical momentum flux is τ_G and modified flow in which the flux is between τ_G and τ_W . The flux is τ_W below the height. δ .

Monteith & Unsworth (1990)

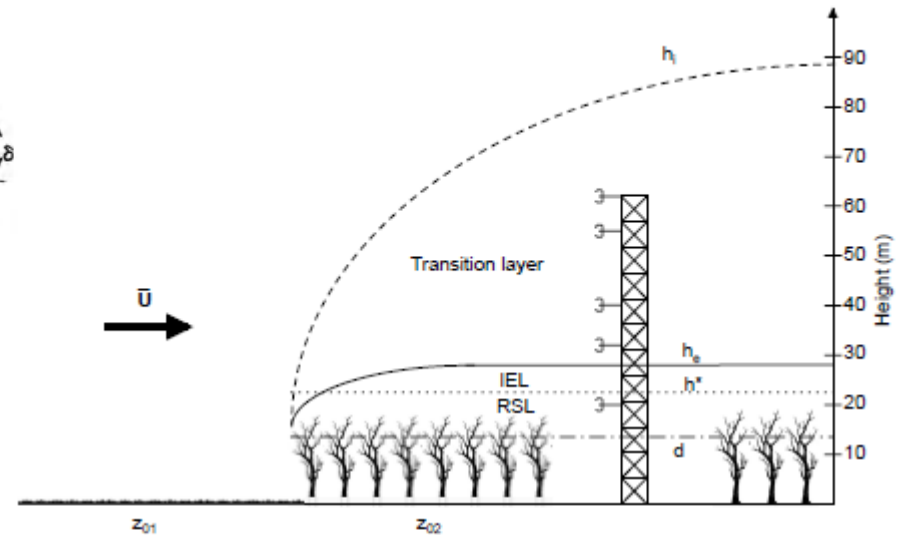


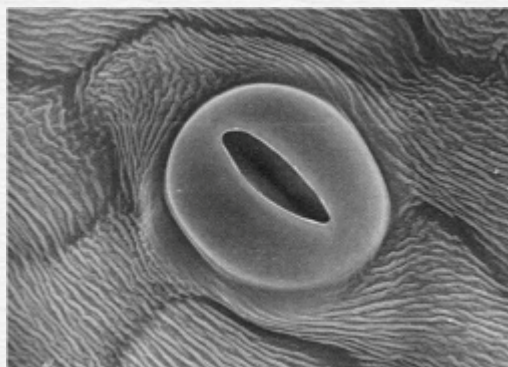
Figure 3.3: Conceptual sketch of idealized vertical layers after a step change in surface roughness for the long fetch case (~ 400 m) under neutral conditions. The depth of the IBL (h_i), which develops due to the change in roughness conditions, is estimated based on the model of Cheng and Castro (2002). Above the $h_i + d$ the flow is in equilibrium with the upwind surface. Within the internal equilibrium layer (IEL) the flow is in equilibrium with the forest. The transition layer indicates the transition zone between upwind and downwind equilibrium conditions. The dotted line denotes the height of the RSL, h^* , estimated based on the relation given by Raupach (1994). The dash-dot line shows the zero-plane displacement height (d) estimated as $3/4h_e$ (e.g. Stull 1988; Kaimal and Finnigan 1994). z_{01} and z_{02} correspond to upwind and downwind roughness lengths, respectively. The black arrow denotes the mean wind (\bar{U}) direction.

Evapotranspiracija



Evaporacija

Odlaženje vodene pare s vlažnih površina u atmosferu



Transpiracija

Odlaženje vodene pare s biljaka u atmosferu



Evapotranspiracija (ET)

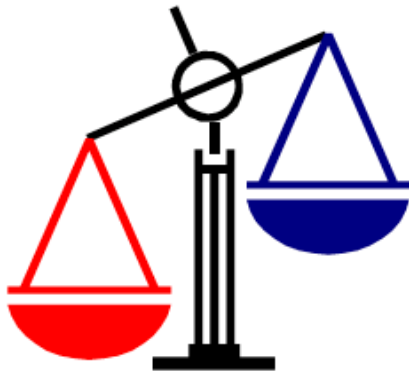
Suma vode isparene s površine u atmosferu putem
EVAPORACIJE i biljneTRANSPIRACIJE

Evapotranspiracija

Evapotranspiracija-kao dio vodne bilance i posljedica vlažnosti lista

- Demand

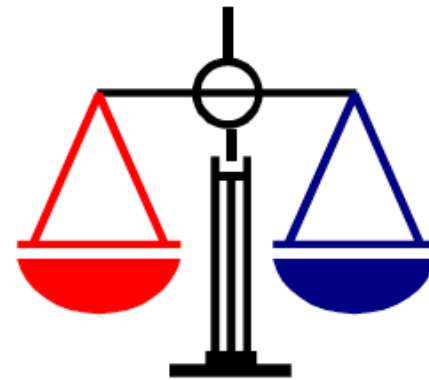
- Crop water requirement (ET_c)



$$ET_c > (P + S + G)$$

- Supply

- Rainfall (P)
- Soil water (S)
- Capillary rise (G)



$$ET_c = (P + S + G) + I_n$$

$$I_n = ET_c - (P + S + G)$$

Evapotranspiracija

Referentna ET (ET₀)

Referentna površina slična kratkoj, zelenoj travi

ET₀ odražava evaporacijski zahtjev atmosfere

Samo je funkcija vremena

Penman-Monteith jednadžba (Zračenje, T, Vjetar, RH)

ET Usjeva (ET_c)

$$ET_c = ET_0 \times K_c$$

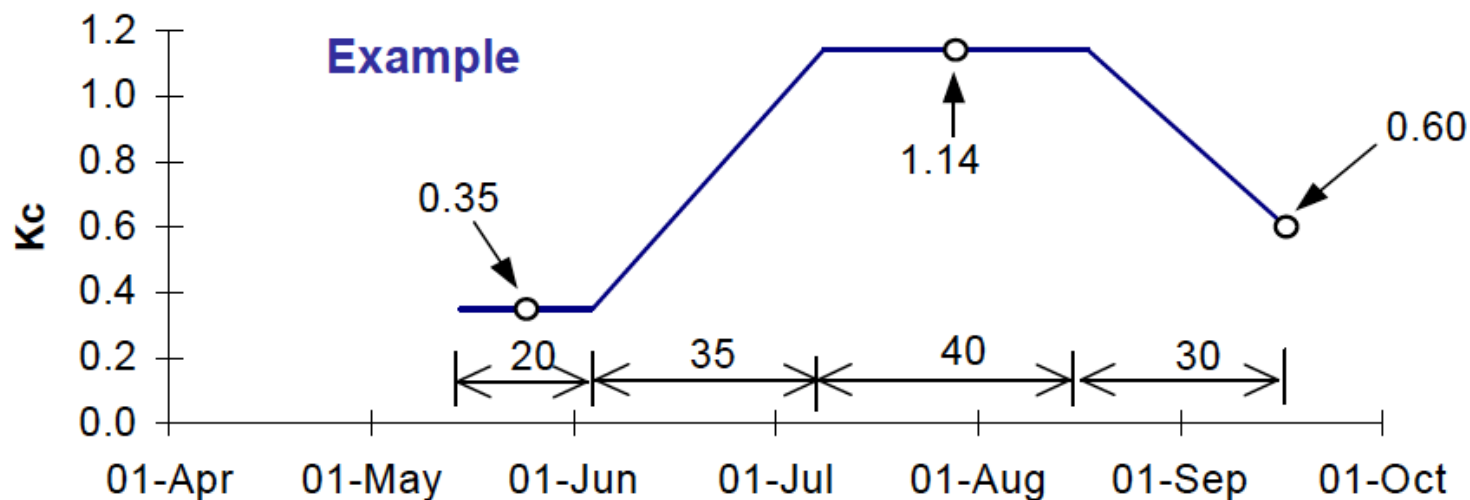
K_c objedinjuje sve karakteristike usjeva

K_c odražava optimalne uvjete, tako da ET_c predstavlja potencijalnu ET

- za taj usjev
- u specifičnoj fazi rasta

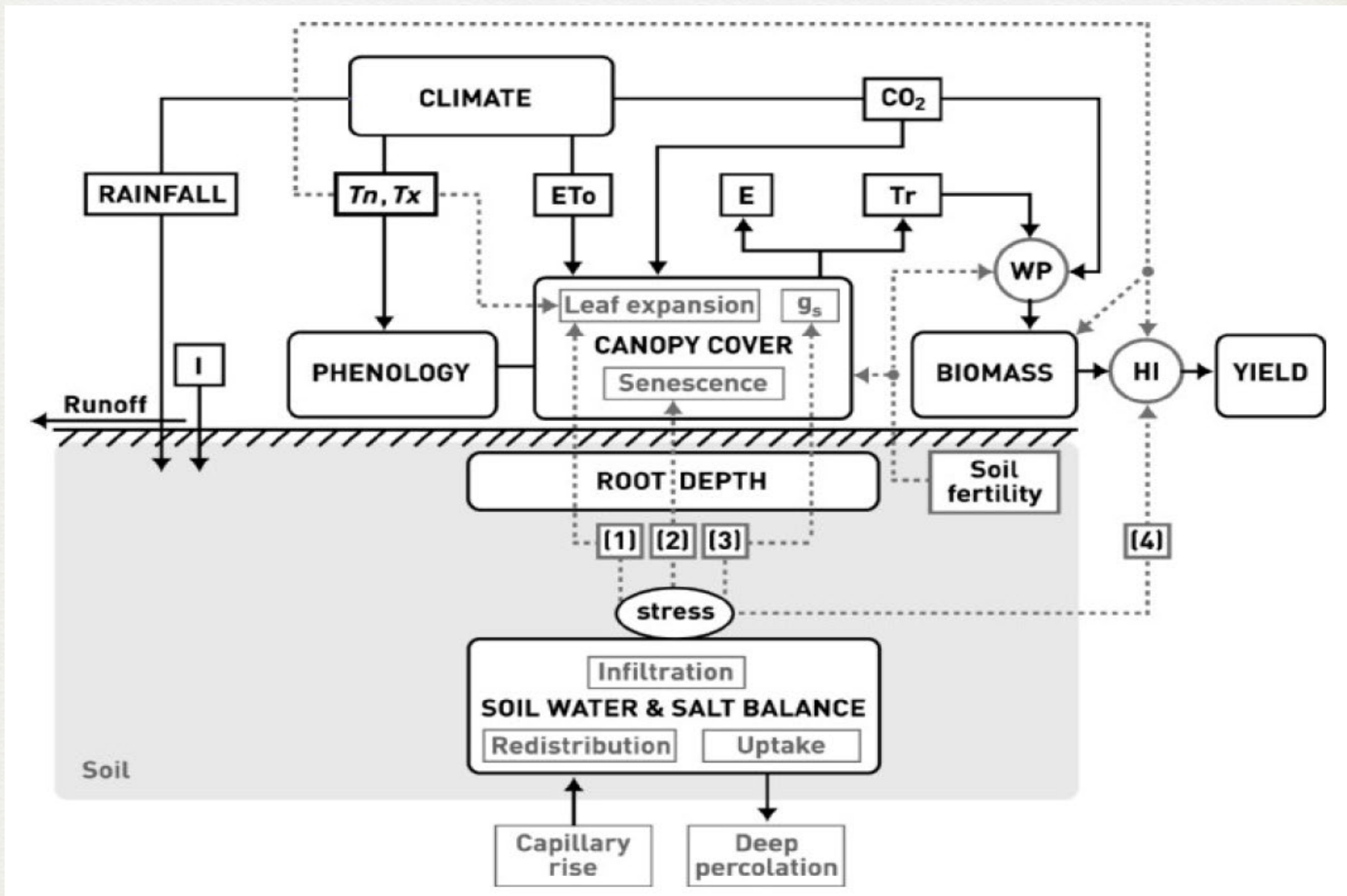
Evapotranspiracija

Kc krivulja za jednogodišnji usjev



Stage		Duration	Effect on Kc
I	Initial	<10% ground cover	ETc is dominated by soil evaporation and Kc will be low.
II	Development	end of stage I to effective full ground cover	Ground cover is developing and the effect of soil evaporation is reducing. Kc will be increasing.
III	Mid-season	end of stage II to start of maturing	Kc is at its maximum.
IV	Late season	end of stage III to full maturity	Kc will decrease as leaves go brown or fall off.

Evapotranspiracija



Dvije ravnoteže od presudnog značenja

SEB-neto bilanca zračenja

$$0 = Q_R - Q_G - Q_H - Q_L(-\Delta S)$$

Q_R = Neto zračenje

Q_G = tok topline u tlo

Q_H = konvektivni prijenos topline

Q_L = Latentni tok topline

(evaporacija)

ΔS = energija pohranjena u biomasi

Vodna bilanca

$$0 = P - LE - R - \Delta Sw + K - D$$

P = oborina

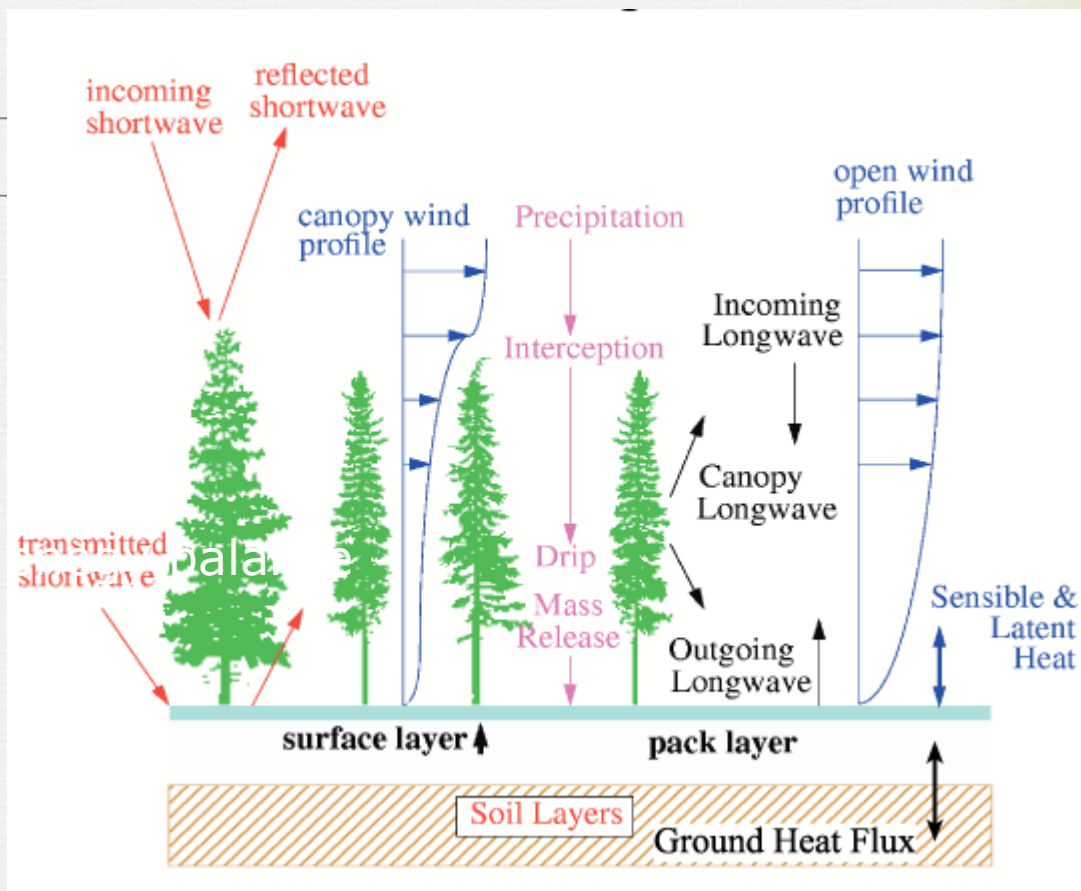
LE = evapotranspiracija

R = otjecanje (runoff)

ΔSw = promjena kapaciteta vode u tlu

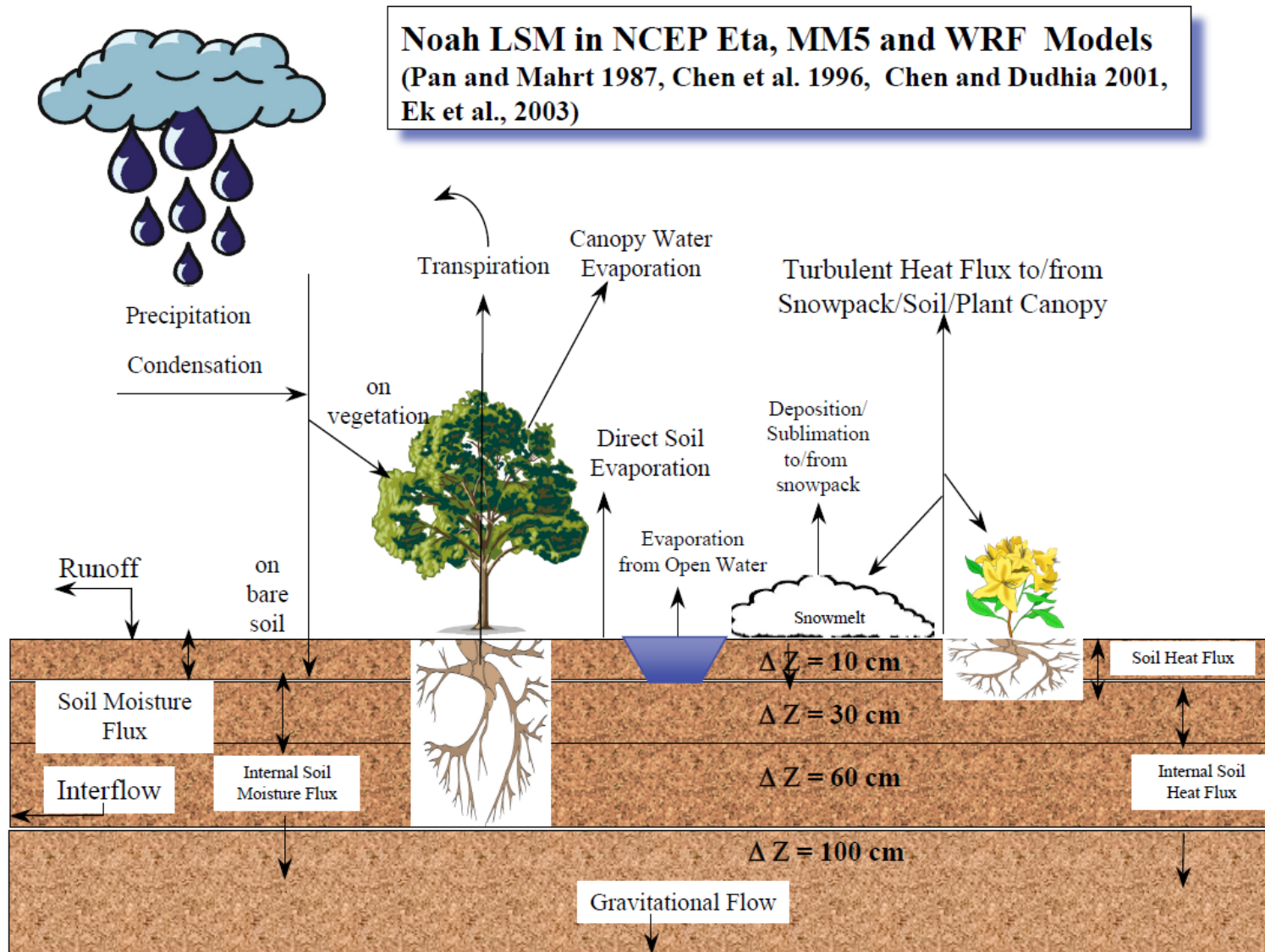
K = kapilarni uspon

D = ocjeđivanje/drenaža (Drainage)

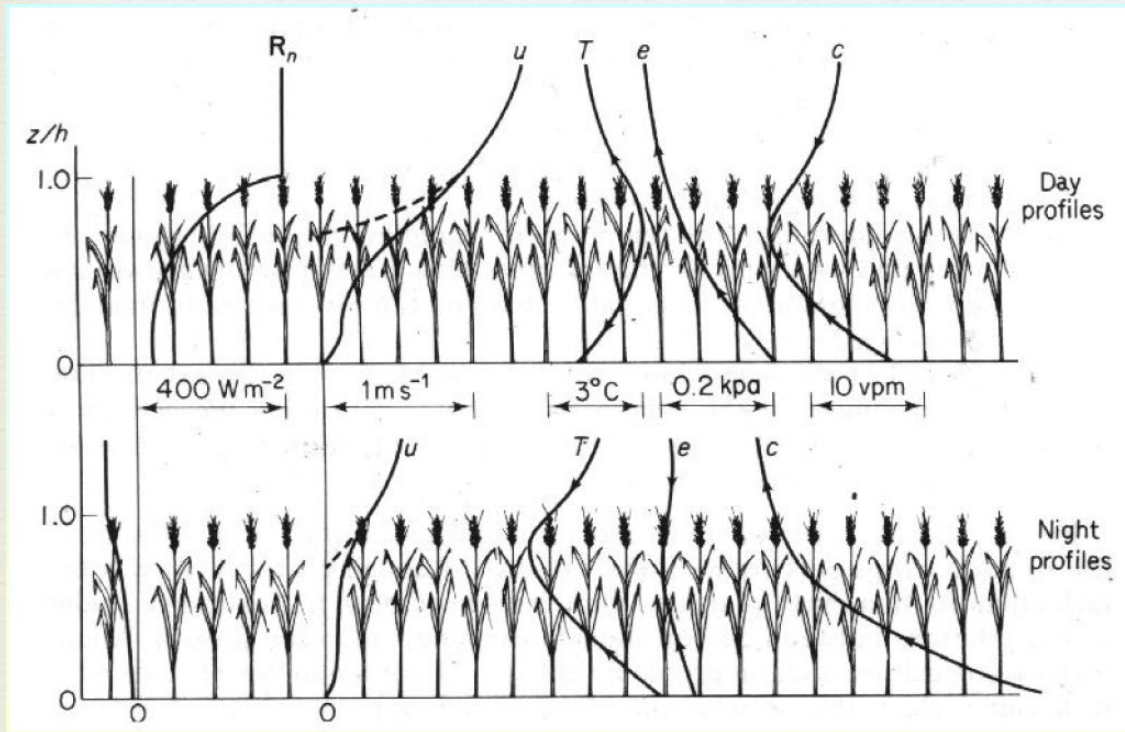


Runoff = površinsko otjecanje koje se događa kada je tlo potpuno zasićeno jer kiša pada brže nego što je zemlja može apsorbirati

Vegetacija u razmjeni energije atmosfera - tlo



IBL & „Canopy layer“-Natkriti sloj

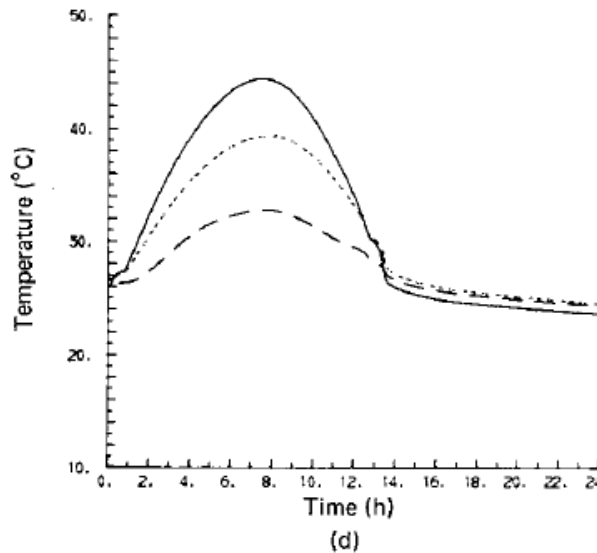
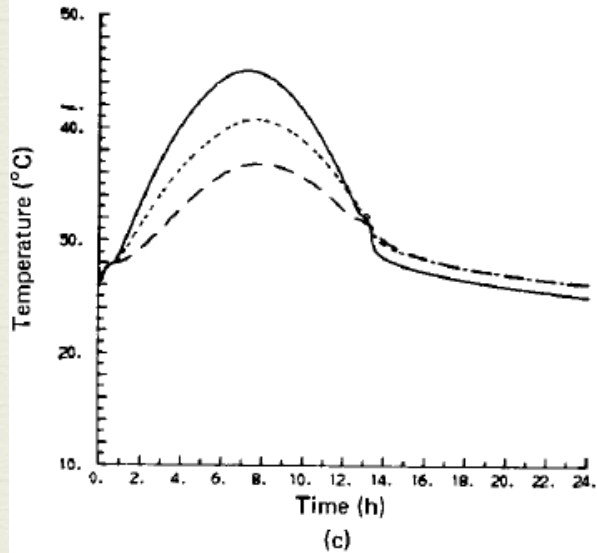
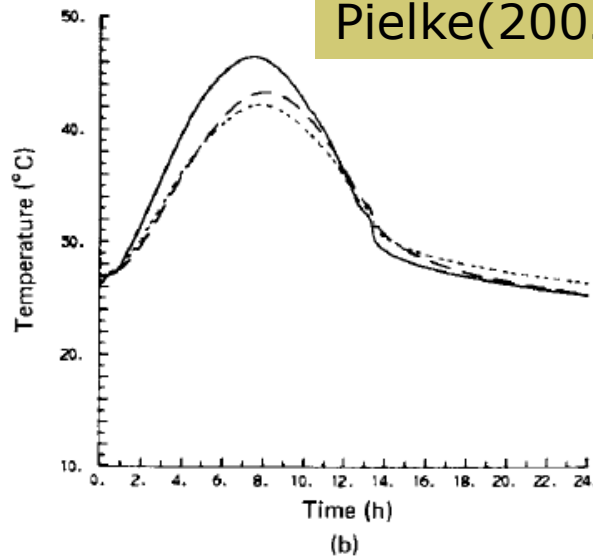
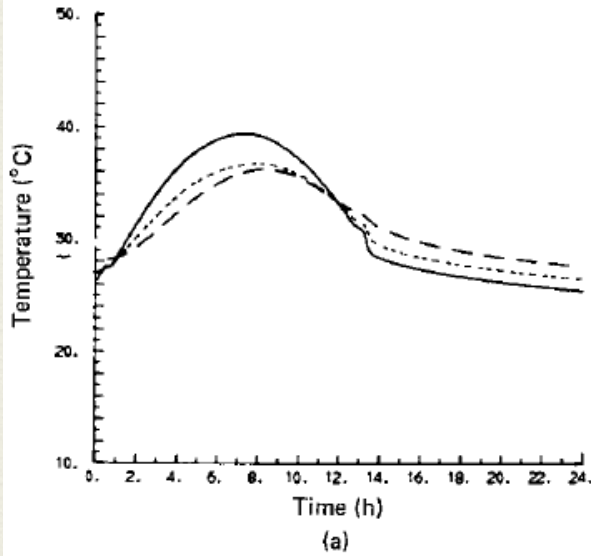


Canopy layer-može biti i 30 m iznad tla, sastoji se od preklapajućih grana i lišća stabala npr. šume.

Idealized profiles of net radiation (R_n), horizontal windspeed (u), air temperature (T), vapor pressure (e), and CO_2 concentration (c) in a field crop growing to a height h plotted as a function of z/h . The pecked wind profiles represent an extrapolation of the logarithmic relation between u and $(z - d)$ above the canopy.

Utjecaj vegetacije

Pielke(2002)



Usporedba dnevnog temperaturnog hoda za 4 kombinacije vegetacije i tla
 (a)= trava & treset ($\sigma_f=0.85$)
 (b)= trava & pješčana podloga ($\sigma_f=0.75$)
 (c)= drveće & pješčana glina ($\sigma_f=0.90$)
 (d)= drveće & pješčana ilovača ($\sigma_f=0.90$)

Tf=temp. lišća

(_____)

Taf=temp. natkritog sloja

(.....)

TG=temp. tla

(- - - - -)

VEGETACIJA

- Dodatno komplicira definiranje donjeg rubnog uvjeta
- Još uvijek nedovoljno poznavanje turbulentnih i radijacijskih tokova unutar sloja vegetacije
 - razlike golo-tlo/vegetacija u potencijalnoj temp. i do 3°C te visine sloja miješanja do 300 m

Postoje tri skale interakcije između vegetacije i atmosfere:

- biofizički (odnosi se na prijenos vodene pare preko biljaka; transpiraciju)
- biogeokemijska (odnosi se na rast vegetacije ispod i iznad tla)
- biogeografska (odnosi se na promjene u miješanju vegetacije i prostorno pomicanje biomase)

Deardorff (1978): izrađuje parametrizaciju za vegetaciju - *SINGLE LEVEL CANOPY* (ima karakteristike velikog lišća)

- pretpostavio da je pohrana topline u vegetaciji zanemariva
- temp. Ravnoteže T_f se određuje na temelju doprinosa i gubitka topline na vrhu sloja vegetacije i na samom tlu
- uvodi eng. *SHIELDING* faktor S_f (faktor pokrivenosti) predstavlja dio koji je pokriven u području mreže gustom vegetacijom
- L_A (eng. *leaf area index*) koji pokazuje koliko je kvadratnih metara pokriveno lišćem u odnosu na površinu tla. ($L_A = 7 S_f$)

Unutar Canopy sloja posebno se procjenjuje brzina vjetra, temp i specifična vlažnost