

Agrovoc descriptors: climatic change, damage, greenhouse effect, air temperature, precipitation, storms, disasters, agriculture, plants, animals, agricultural policies, markets

Agris category code: P10, F01, L01

COBISS code 1.02

Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva

Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ¹

Delo je prispelo 15. aprila 2005; sprejeto 15. maja 2005

Received: April 15, 2005; accepted: May 15, 2005

IZVLEČEK

Globalno ogrevanje našega planeta postaja fizikalno izmerjeno dejstvo. Mnenje klimatologov je, da se bodo spremembe podnebja nadaljevale še bolj izrazito, saj bo prišlo do sprememb v celotnem klimatskem sistemu, ki ga sestavljajo poleg atmosfere še hidrosfera, kriosfera, biosfera in njihove interakcije. Spremenjene temperaturne razmere in razporeditev padavin, kakor tudi spremembe drugih meteoroloških spremenljivk, bodo vplivale na vsa področja človekovega delovanja. Kmetijstvo je kompleksno odvisno od vremenskih in klimatskih danosti in je v zvezi s podnebnimi spremembami močno ranljivo. Podnebne spremembe bodo lahko pozitivno ali negativno vplivale tako na rastlinsko kot živilnoprivo pridelavo. Najbolj je kmetijstvo ranljivo zaradi ekstremnega vremena, kamor štejemo zlasti suše, poplave, neurja s točo, pa tudi nizke temperature s pozebami ter vročinske valove. Pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov se bo povečala, regionalno pa se bo ob zvišani temperaturi zraka različno spreminjal padavinski režim. Ker bodo med učinki podnebnih sprememb na kmetijstvo prevladovali negativni, je nujno, da se kmetijstvo čimprej začne prilagajati napovedanim podnebnim spremembam. Prilagoditve pa so povezane ne le z odločitvami in ukrepi posameznega kmeta, temveč tudi s kmetijsko politiko, tržnimi mehanizmi ter razvojnimi in tehnološkimi raziskavami.

Ključne besede: podnebje, globalno ogrevanje, temperatura zraka, padavine, ujme, rastline, živina, Slovenija

ABSTRACT

CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE VULNERABILITY

Global warming is no longer just a theory or a distant threat. The overwhelming agreement among the world's preeminent climate scientists is that its impact can already be seen today and may grow worse in the future. This global warming is expected to significantly disrupt the climate system. As a result, regional temperatures and precipitation patterns will shift across the globe, affecting nearly every aspect of society. The linkages between agriculture and climate are pronounced and often complex. Crops and livestock are sensitive to climate change in both positive and negative ways. Agricultural systems are most sensitive to extreme climatic events such as droughts, floods and hail storms, and to seasonal variability such as periods of frost, cold or high temperatures, and changing rainfall patterns. Climate change could alter the frequency and magnitude of extreme events and could change seasonal patterns in both favorable and unfavorable ways, depending on regional conditions. Regional patterns of agriculture production are likely to change. Agriculture is fortunately a sector that can adapt but farmer adaptations are influenced by many factors, including

¹ Prof.dr., univ.dipl.meteor., Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za agronomijo, 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101, Slovenija

government agricultural policy, prices, technology research and development, and agricultural extension services.

Key words: climate, global warming, air temperature, precipitation, extreme climatic events, crops, livestock, Slovenia

1. UVOD

Kmetijstvo je kompleksno odvisno od vremenskih in klimatskih danosti in je v zvezi s podnebnimi spremembami močno ranljivo, najbolj zaradi ekstremnega vremena, kamor štejemo zlasti suše, poplave, neurja s točo, pa tudi nizke temperature s pozebami ter vročinske valove (Antle, 1996). Mnenje klimatologov je, da se bodo spremembe podnebja nadaljevale še bolj izrazito kot v zadnjih desetletjih. Slovenija se kot podpisnica Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja še premalo zaveda pomena podnebnih sprememb.

Ob naravnih dejavnikih ima človekov vpliv na klimo daljnoročne globalne razsežnosti. Energijska bilanca Zemlje se spreminja tudi zaradi človeških aktivnosti, ki spreminjajo sestavo in transmisijske lastnosti atmosfere: kurjenje fosilnih goriv, promet, emisije tovarn, kmetijstvo in podobno. Človek pa ob tem spreminja tudi rabo tal in s tem fizikalne lastnosti površja. Meritve meteoroloških spremenljivk v zadnjih 50 do 100 letih že kažejo na spremembe nekaterih klimatskih značilnosti (Houghton in sod., 2001). Povprečna temperatura na zemeljskem površju se je v 20. stoletju v Evropi zvišala za 0.8 ± 0.2 °C. Tudi v Sloveniji se je povprečna temperatura zraka v zadnjih 50 letih dvignila za $1,1 \pm 0.6$ °C, zadnjih 30 letih (1974-2003) pa je ogrevanje že preseglo mejo 1,5 °C/30 let. Bistvenih sprememb v skupni letni količini padavin pa še ni moč potrditi (Kajfež-Bogataj, 2001). V zadnjem desetletju so se tudi naravni ekosistemi (EEA, 2004; Črepinšek in Kajfež-Bogataj, 2003) in kmetijske rastline že odzvali na povečano temperaturo zraka (Hughes, 2000; Chmielewski in sod., 2004).

Osnova za oceno podnebnih razmer v prihodnosti so scenariji emisij plinov tople grede in aerosolov v prihodnosti oz. spremembe njihove vsebnosti v ozračju. Mednarodni forum o podnebnih spremembah (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) je na podlagi socio-ekonomskih scenarijev razvoja prebivalstva in gospodarstva izdelal različne scenarije emisij, ki jih razdelimo v štiri skupine.

Skupina A1 scenarijev predstavlja hiter gospodarski razvoj, rast prebivalstva do sredine stoletja ter kasnejše upadanje in hitro uvajanje novih, uspešnejših tehnologij. Skupina A2 scenarijev predstavlja zelo raznolike razmere na različnih predelih sveta. Poudarek je na samostojnosti ter ohranjanju lokalnih identitet. Predvideva hitro rast prebivalstva tekom celotnega 21. stoletja. Gospodarski razvoj je usmerjen regionalno, porast dohodka na prebivalstvo ter tehnološki razvoj naj bi bila prostorsko neenotna in počasnejša. Skupina B1 scenarijev, predstavlja enotnejši svet z dosegom viška prebivalstva v sredini 21. stoletja. Predpostavlja nagel preobrat v gospodarskih strukturah v smeri oskrbovalnega in informacijskega gospodarstva, manjšo porabo surovin ter vpeljavo čistejših in učinkovitejših tehnologij (slika 1). Poudarek je na globalnih rešitvah za gospodarsko, socialno in okoljsko trajnost, vključujoč večjo enakost brez uvajanja dodatnih bremen za podnebje. Pri B2 scenarijih je poudarek na lokalnih rešitvah za gospodarsko, socialno in okoljsko trajnost. Upoštevan je stalen

porast prebivalstva v 21. stoletju, a manjši kot v skupini A2 (Preglednica 1). Skupina B2 je usmerjena k zaščiti okolja in socialni enakosti, osredotočeni na lokalno raven.

Scenarij	Prebivalstvo	Gospodarstvo	Okolje	Enakost	Tehnologija	Globalizacija
A1FI						
A1B						
A1T						
B1						
A2						
B2						

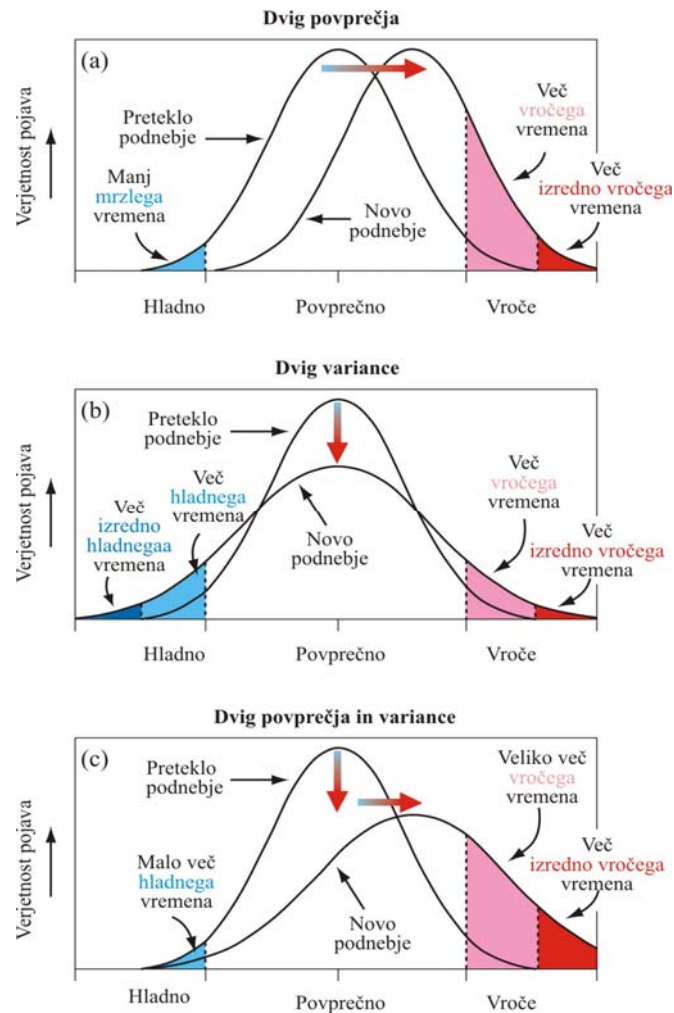
Slika 1: Dinamika različnih dejavnikov upoštevanih v scenarijih za 21. stoletje (Metz in sod., 2001).

Zaradi računske zahtevnosti modeliranja podnebja za celotno zemeljsko oblo je IPCC izmed vseh razpoložljivih scenarijev izbral po enega predstavnika vsake izmed osnovnih skupin A1, A2, B1 in B2. Pri predstavnikih posameznih skupin se moramo zavedati, da niso nič bolj verjetni od ostalih scenarijev v skupini. Izbrani so bili le kot najbolj ilustrativni predstavniki.

Preglednica 1: Število prebivalstva, povprečna koncentracija CO₂ ter relativni dvig temperature zraka glede na leto 1990 (Houghton in sod., 2001).

Leto / Scenarij	Prebivalstvo	Koncentracija CO ₂	Povečanje globalne temperature
1990 / --	5,3 milijarde	354 ppm	0,0 °C
2050 / A2	11,3 milijarde	536 ppm	1,4 °C
2050 / B2	9,3 milijarde	478 ppm	1,4 °C
2100 / A2	15,1 milijarde	857 ppm	3,8 °C
2100 / B2	10,4 milijarde	615 ppm	2,7 °C

Spremenjene koncentracije plinov tople grede in aerosolov v ozračju v prihodnosti, bodo vplivale na energijsko bilanco površja, kar se bo izražalo v spremenjenih podnebnih razmerah. Za modeliranje odziva podnebja na spremenjeno sestavo ozračja se običajno uporabljajo kompleksni modeli splošne cirkulacije (GCM), v katerih so z diferenčnimi enačbami zajeti glavni fizikalni, kemijski in biološki procesi v ozračju, oceanih, ledu in na zemeljskem površju ter njihova medsebojna odvisnost. Primerjave rezultatov simulacij ter izmerjenih vrednosti kažejo, da GCM dobro opišejo procese v globalni skali. Temperatura površja in zraka ob površju naj bi se ob upoštevanju scenarijev emisij v globalni skali v obdobju med leti 1990 in 2100 dvignila za 1,4 do 5,8 °C. Na kopnem bodo višje tako maksimalne kot minimalne temperature zraka, več bo vročih in manj mrzlih dni in dni s slano, pogostejši bodo vročinski udari in zmanjšal se bo dnevni temperaturni razpon (Slika 2). Skupaj z dvigom temperature zraka se bo zmanjševal obseg ledenikov in ledenih plošč, na severni polobli pa delež pokritosti kopnega s snegom ter morja z ledom.



Slika 2: Shematičen prikaz učinka spremembe podnebja a) povprečja, b) variance ter c) povprečja in variance skupaj na mejne vrednosti temperature zraka, ki ustreza normalni porazdelitvi.

Globalno povprečje količine padavin in izhlapevanja se bo predvidoma povečalo, a regionalno bo zaslediti tako povečanja kot zmanjšanja količine padavin (Mitchell in sod., 2002). Poleti in pozimi naj bi se količina padavin povečala v visokih geografskih širinah. Pozimi naj bi se količina padavin povečala tudi severnem delu srednjih geografskih širin, tropski Afriki in Antarktiki, poleti pa v južni in vzhodni Aziji. Zmanjšanje količine padavin naj bi v poletnih mesecih zasledili v srednji Evropi, Avstraliji, osrednji Ameriki ter južni Afriki, kjer naj bi se tako povečala nevarnost suše. V predelih z večjo količino padavin naj bi bila tudi spremenljivost količine padavin večja in obratno. V splošnem naj bi se povečalo število dogodkov z močnimi padavinami in pa tudi pogostnost suš (EEA, 2004).

Simulacije z GCM nudijo informacijo o spremenljivosti klime v prihodnosti v globalni skali, zaradi slabe prostorske ločljivosti pa neposredna raba rezultatov GCM v regionalnih študijah vpliva klimatskih sprememb na kmetijstvo, gozdarstvo ipd. ni primerna. Interpretacija rezultatov simulacij z GCM v regionalni oziroma lokalni skali je težavna. Z različnimi povezavami med dinamiko klime v globalni in dinamiko

klime v lokalni skali lahko premostimo prepad med rezultati simulacij GCM ter potrebami pri študijah vpliva sprememb klime v lokalni skali (Bergant in Kajfež-Bogataj, 2004).

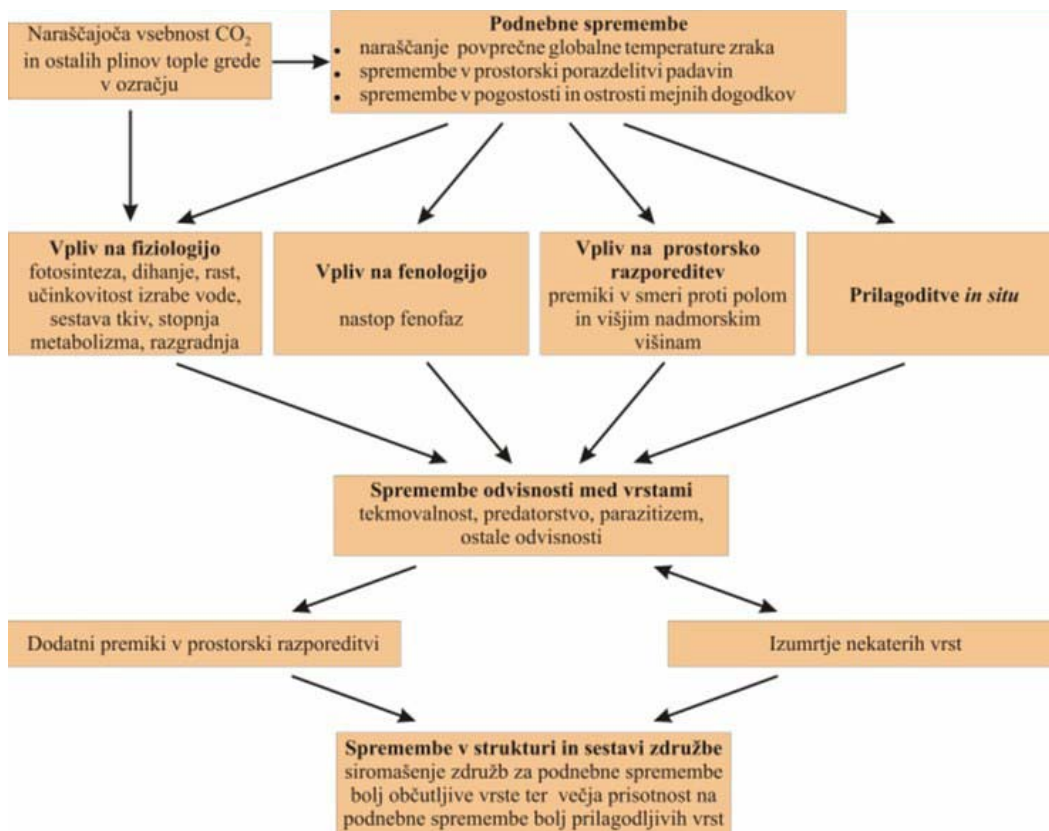
Ob predvidenem povečanju vsebnosti toplogrednih plinov in sulfatnih aerosolov se bo dvignila temperatura zraka na celotnem območju Slovenije. Pri tem ni opaziti izrazitih razlik med posameznimi območji Slovenije. Velikost predvidenih temperaturnih sprememb je v veliki meri odvisna od izbranega scenarija emisij. V obdobju 2001 do 2030 se bodo v Sloveniji temperature zraka predvidoma povečale za 0,5 °C (scenarij B2) do 2,5 °C (scenarij A1), v obdobju 2031 do 2060 za 1 °C (scenarij B2) do 3,5 °C (scenarij A1) in v obdobju 2061 do 2090 za 1,5 °C (scenarij B2) do 6,5 °C (scenarij A1). Manj zanesljive so napovedi spremembe povprečne količine padavin, razpon je od +10 % do -30 % ob enaki spremembi variance in verjetnosti pojava padavin.

2. RANLJIVOST KMETIJSTVA ZARADI SPREMENJENEGA PODNEBJA

Podnebne spremembe bodo vplivale na kmetijstvo na več načinov (slika 3). Pomemben je vpliv povečane koncentracije CO₂ s svojimi fiziološkimi vplivi, najvažnejše pa bodo spremenjene vremenske razmere, predvsem neposreden in posreden vpliv povečane temperature zraka (Bergant in sod., 2004). Ekonomski učinki so težje predvidljivi, saj so povezani s političnimi odločitvami - še zlasti, ko bo šlo za menjanje centrov in težišč kmetijske proizvodnje, večja tveganja pri kmetijski proizvodnji, različna subvencioniranja, uvoz in izvoz hrane (Perry in sod., 2004). Globalno gledano se bo zaradi klimatskih sprememb cena kmetijske proizvodnje povišala za 10-20 %. Močno se bodo povečala razna tveganja, ki spremljajo kmetijstvo, predvsem bo večja verjetnost vremenskih ujm, kot so vročina, suša (Doll, 2002) in neurja.

Podnebne spremembe in povečana vsebnost CO₂ v ozračju bodo vplivale na:

- **fiziologijo.** Spremembe vsebnosti CO₂ v ozračju ter spremembe vremena bodo neposredno vplivale na stopnjo metabolizma in razvoja pri številnih živalih ter na fotosintezo, dihanje, transpiracijo, rast in sestavo tkiv pri rastlinah.
- **prostorsko razširjenost.** Podnebne spremembe bodo preko dviga temperature in spremenjenih prostorskih vzorcev padavin vplivale na prostorsko razširjenost različnih rastlinskih in živalskih vrst. Rastlinske in živalske vrste bodo migrirale k višjim nadmorskim višinam in proti polom, v skladu s premiki klimatskih območij.
- **fenologijo.** Časovni potek razvoja organizmov se lahko spremeni. Višje temperature pomenijo skrajšanje obdobja med posameznimi fenofazami ter zgodnejši razvoj rastlin. Poleg tega bo razvojni krog škodljivcev krajši, razmere pa ugodne za razvoj večjega števila generacij v istem letu. Zaradi časovnih premikov fenofaz lahko pride do razklopa fenološke odvisnosti med različnimi živalskimi in rastlinskimi vrstami - npr. škodljivci in gostiteljskimi rastlinami.
- **prilagoditveno sposobnost.** Vrste s kratko življenjsko dobo in hitro rastjo populacije se bodo na podnebne spremembe lahko prilagodile evolucijsko, brez selitve na območja ugodnejših razmer, nekatere vrste pa bodo izumrle.



Slika 3: Vplivi podnebnih sprememb in povečane vsebnosti CO₂ v ozračju na rastline in živali (Bergant, 2003)

3. PODNEBNE SPREMEMBE IN PRIDELAVA HRANE

Vplive klimatskih sprememb na pridelavo hrane pri nas lahko delimo na tri kategorije (Preglednica 2): pozitivni vplivi, pogojno pozitivni vplivi in negativni vplivi. Pogojno pozitivni vplivi so tisti, kjer so posledice lahko nejasne in odvisne od specifičnih dodatnih dejavnikov.

Med pozitivne vplive štejemo učinke povečane koncentracije ogljikovega dioksida na rastline. Kratkoročen vpliv povečane koncentracije CO₂ na fotosintezo rastlin poznamo. Pri optimalni oskrbi s hranili, vodo in varstvu rastlin ter pri optimalni temperaturi rastline C3 tipa (pšenica, ječmen, večina vrtnin) močneje povečajo svojo fotosintetsko aktivnost in zato tudi svojo listno površino. Pri koruzi pa je povečanje v primerjavi z C3 rastlinami tudi do 3 krat manjše. Drug pomemben neposreden vpliv višje koncentracije CO₂ je delno zaprtje rež, kar zmanjša transpiracijo. Večja fotosintetska aktivnost in manjša transpiracija pomenita poleg povečanja pridelka tudi zmanjšanje potrebe po vodi za enoto biomase (Koch and Mooney, 1996). To je lahko pridobitev za rastline, ki rastejo v razmerah omejene vodne zaloge.

Zaradi ogrevanja se bo podaljšala potencialna vegetacijska doba za kmetijske rastline. Ta se bo pomladi začela prej in se jeseni kasneje končala, ne glede na nadmorsko višino ali toplotne zahteve rastlin (Ahas in sod., 2002). Povečala se bo tudi količina

toplote, ki jo bodo rastline akumulirale tekom rasti. Omenjen učinek bomo lahko izkoristili za zgodnejšo setev, v prilagojenem kolobarju, za večkratno setev (saditev) iste poljščine v istem letu ali za strniščne posevke, ki bodo lahko izkoristili podaljšano vegetacijsko dobo v jeseni. Daljša vegetacijska doba in pa več akumulirane toplote lahko na danes hladnejših območjih pripomore k izboljšanju toplotnih karakteristik in s tem do povečanja pridelovalnih zemljišč.

Preglednica 2 Učinki spremenjenega podnebja na pridelavo hrane

Pozitivni vplivi	Negativni vplivi
• Gnojilni učinek povečane koncentracije CO₂ • Daljša vegetacijska doba • Primernejše temperaturne razmere za gojenje toplotno zahtevnih rastlin	• Skrajševanje rastne dobe • pospešen razvoj rastlin • intenzivnejša evapotranspiracija
Pogojno pozitivni vplivi • Prostorski premiki kmetijske proizvodnje • Pomik vegetacijskih pasov, sprememba obsega pridelovalnih površin, premik v višje lege • Izboljšanje/poslabšanje toplotnih karakteristik zdaj prehladnih/že zdaj pretoplih območij • Sprememba kvalitete pridelkov • Spremenjen izbor sort • Spreminjanje ustaljene agrotehniške prakse • Sprememba časa setve, obrezovanja, žetve • Spremenjeni načini obdelave tal, spremembe časa in količine gnojenja	• Povečana pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov • neurja z vetrom, točo, nalivi • več pomladanskih pozeb • suše, požari • poplave, zemeljski plazovi • Sprememba pogostnosti in intenzitete napadov škodljivcev in bolezni • pospešen razvoj insektov in gljiv, • novi škodljivci in bolezni

Primernejše bodo temperature za gojenje C₄ vrste rastlin, za katere so optimalne temperature za fotosintezo od 30 do 35 °C. Ob ogrevanju pričakujemo, da se bodo zvišale tudi dnevne temperature zraka, kar bi pozitivno vplivalo na asimilacijo koruze, sirka ipd. Upoštevajmo pa, da so višje temperature zraka poleti združene tudi z neugodnimi pojavi meteorološke ali celo fiziološke suše. Do pozitivnih učinkov bo prišlo le v primeru, da drugi rastni dejavniki ne bodo v primanjkljaju.

Med pogojno pozitivne vplive štejemo, da bo ob povišanju temperature zraka prišlo do prostorskih premikov kmetijske pridelave: pomik vegetacijskih pasov, sprememba obsega pridelovalnih zemljišč - izboljšanje toplotnih karakteristik zdaj prehladnih območij, poslabšanje karakteristik že zdaj pretoplih območij, premik pridelovalnih zemljišč v višje lege ipd (Olesen in Bindi, 2002). Glede na majhne dimenzije Slovenije premiki v smeri sever/jug ne bodo pomembni, čeprav je ocena zanje 200 km na sever za 1 °C ogrevanja (Kajfež-Bogataj, 2000). Pomembnejši bodo pomiki po nadmorski višini, saj bodo višjeležeča območja postala temperaturno primerna za rastlinsko pridelavo, če bodo izpolnjevala tudi druge kriterije, kot so zadostna globina tal, založenost s hranili in primerna konfiguracija terena. V Sloveniji računamo, da pomeni ogrevanje za 1 °C pomik prostorskega potenciala za kmetijstvo za okrog 180 metrov navzgor. Ta nova zemljišča bodo bistveno manjša kot zdajšnja, poleg tega pa bodo višinske lege vedno izpostavljene drugim vremenskim stresom, kot so pojavljanje nizkih temperatur pozimi, nepredvidljive pozne pomladne slane (Žust in Sušnik, 2002), daljše obdobje s snežno odejo, močnejši vetrovi.

Klimatske spremembe utegnejo spremeniti tudi kakovost pridelkov, na katero bo vplivala tako spremenjena koncentracija CO₂, kakor tudi spremenjeno vreme. Pri žitih bodo višje temperature povzročale prezgodnje dozorevanje rastlin in skrajšanje faze polnjena zrnja. Posledica so manjša zrnja in slabša pekarska kakovost. Utegne se

spremeniti tudi krmna kakovost travinja, saj spremenjena koncentracija CO₂ spremeni razmerje C:N oziroma razmerje ogljikovih hidratov in beljakovin v korist prvih. Vse to bo vplivalo na sortno izbiro. Na danes hladnih legah bo moč izbirati tudi med poznimi kultivarji, ki sedaj bodisi zaradi predolge rastne dobe ali zaradi prenizkih temperatur zraka niso bili primerni. Prihajalo bo do opuščanja zgodnjih standardnih kultivarjev, ki zaradi prezgodnjega dozorevanja ne bodo več dajali kakovostnih ali količinsko primernih pridelkov. Primernejše bodo bodisi pozne sorte, lahko pa bodo zaradi problemov z vodo poleti jare sorte zamenjale ozimine. Zaželjeni bodo kultivarji, odporni na sušne razmere in druge ekstremne pojave (pozeba, poganje zaradi močnega vetra ipd.). Povečala se bo tudi raba mešanic semen z različnim časom cvetenja. Na mnogih območjih pa bo potrebno kot prilagoditev novim klimatskih razmeram izbrati drugo rastlinsko vrsto (Kapun, 2003).

Če se bo rastlinska pridelava hotela prilagoditi novonastalim razmeram v okolju, bo nujno tudi spreminjanje ustaljene agrotehniške prakse v najširšem smislu. Prvi sklop sprememb zadeva časovne premike setve, saditve, gnojenja, obrezovanja, žetve, ipd. Drug sklop bodo spremenjene potrebe rastlin po hranilih in vodi (Schmidt in sod., 2004). Pri že obsoječih sistemih namakanja gre računati z večjo porabo vode, ki pa ni vedno na voljo v potrebnih količinah. Tretji sklop zavzema spremembe v načinu obdelovanja tal (npr. globina oranja) in v porabi ter apliciranju sredstev za varstvo rastlin, saj bo toplejše podnebje ugodnejše za razvoj rastlinskih bolezni in škodljivcev.

V zvezi s podnebnimi spremembami moramo biti posebej pozorni na potencialne negativne vplive. Skrajševanje rastne dobe, torej števila dni od setve do žetve, in s tem povezano prezgodnje dozorevanje pridelkov je že taka negativna posledica ogrevanja. Prehiter prehod rastlin iz vegetativne v generativno fazo pomeni manj dni na voljo za asimilacijo in potencialno manjšo listno površino in zato manjši pridelek slabše kakovosti (Kajfež-Bogataj, 2004b). Pospešen fenološki razvoj (zgodejše olistanje, cvetenje, dozorevanje) je v izjemnih primerih lahko dobrodošel (npr. gojenje zelenjave ali rezanega cvetja), vendar njegovi negativni učinki prevladajo. Omenimo naj le škode zaradi zadnjih pomladnih slanih tokov, ko se je vegetacija zaradi milih zim predčasno razvila.

Višje temperature zraka bodo povečale porabo vode tako v kmetijstvu kot v drugih gospodarskih sektorjih (UNESCO, 2003). Povečana evapotranspiracija bo na tistih območjih Slovenije, kjer se suša redno pojavlja že zdaj, povzročila povečan stres suše. Dalj časa trajajoča obdobja s pomanjkanjem padavin lahko prizadenejo tudi širša območja in povzročijo veliko družbeno stisko, okoljsko škodo in ekonomske izgube. Le v primeru povečanja količine padavin bi se problemom v zvezi s sušo lahko izognili. Seveda pa bi imelo povečanje količine padavin tudi svoje negativne učinke, kot so povečano izpiranje hranil, erozija tal ipd., kar ne bo pozitivno vplivalo na pridelke.

Vremenske ujme imajo že danes izjemno negativen vpliv na kmetijsko pridelavo, pa naj gre za močan veter, pozne/zgodnje slane, ekstremno nizke/visoke temperature zraka, žled, točo z neurji, dolgotrajno sušo (požarna ogroženost) ali poplave. Globalno ogrevanje bo povečalo pogostnost naštetih ekstremnih vremenskih dogodkov in posledično tudi gospodarsko škodo (Mirza, 2003). Direktna obramba pred navedenimi

ujmami v večini primerov ni možna ali pa je ekonomsko nespremenljiva. Edini možnosti sta pasivna obramba in pa primerna zavarovalniška politika. Pasivna obramba pomeni pravilno izbiro lokacij, ki so potencialno manj izpostavljene vremenskim ujmam. Tako se do neke mere lahko izognemo na primer pozebam in poplavam, ne moremo pa se npr. pasivno obraniti pred neurji s točo. Če se bodo uresničili scenariji, ki predvidevajo ob dvigu temperature celo zmanjšanje padavin, gre pričakovati, da se bosta število sušnih dni, kot tudi obseg območij s pomanjkanjem vode v Sloveniji, povečala.

Zaradi milih zim bo prezimilo več škodljivcev, toplejše in bolj vlažno podnebje bo ugodnejše za bolezni, kar bo vodilo k večji porabi sredstev za varstvo rastlin (Sutherst in sod., 2000). Glede škodljivcev lahko predvidevamo, da se bo z naraščanjem temperatur življenska sposobnost nekaterih povečala, večje bo število letnih generacij (Kajfež-Bogataj, 2003). Pričakujemo tudi pritisk do sedaj tipičnih predstavnikov emtomofavne toplejših območij proti krajem, kjer jih do sedaj ni bilo. Pričakujemo tudi premike insektov na višje ležeče predele (pašniki, travniki), kjer bo posredno večja škoda na krmnih rastlinah. Klimatski dejavniki vplivajo tudi na začetek in razvoj rastlinskih bolezni (Celar in Knapič, 2002). Višje dnevne temperature ustrezajo večini parazitski gliv in podobno velja za vlažno okolje, zato se največ bolezni pojavi v toplih, vlažnih dneh. Ogrevanje podnebja bo pomenilo večjo rabo sredstev za varstvo rastlin. Tudi v primeru sprememb v intenzivnosti padavin, ki bi vodile v večje število dneževnih dni, bodo klimatske spremembe povzročale več glivičnih okužb.

Gozd, ki v Sloveniji pokriva kar okoli 60 % ozemlja, bo zaradi podnebnih sprememb izpostavljen stresu na večini rastišč. Posebej ranljiva so nižja in srednje visoka rastišča, na katerih je bila sestava gozdov v preteklih stoletjih antropogeno spremenjena z uvajanjem smreke, ki sicer naseljuje hladnejše predele. Ogrožena bo tudi varovalna vloga gozda na izpostavljenih rastiščih. Prednost slovenskih gozdov pri prilagajanju spremembi podnebja je že tradicionalna sonaravna usmeritev gospodarjenja z gozdovi, ki se izogiba ranljivejšim monokulturnim sestojem.

Možni odzivi gozdnega ekosistema na podnebne spremembe so spremembe v lokaciji, sestavi in produkciji gozda. Škoda zaradi sprememb podnebja bo zaradi manjše možnosti prilagoditve zlasti velika v čistih gozdnih sestavih (smrekov gozd) in v izoliranih gozdovih z revnejšimi razmerami okolja. Predvideva se, da bodo najbolj prizadeti iglavci, zlasti jelka in smreka (Simončič in sod., 2001). Hkrati s spreminjanjem sestave gozda se bodo spreminjale tudi splošne razmere v gozdnih ekosistemih, zaradi višjih temperatur in daljših sušnih obdobj pa bo večja tudi nevarnost požarov. Kvantitativna ocena gospodarskih posledic zaradi številnih negotovosti še ni možna (Kajfež-Bogataj, 2001), najverjetneje pa se bodo stroški pri gospodarjenju z gozdovi povečali.

4. VPLIVI NA ŽIVINOREJO

Živinoreja je kompleksno odvisna od vremenskih in klimatskih danosti, saj vreme vpliva na počutje živali in pridelavo krme. Možne vplive podnebnih sprememb bomo obravnavali prek sprememb pri pašnikih in paši, zdravju in prehrani živine.

Pašniki se na spremenjene podnebne razmere s fiziološkega vidika odzivajo podobno kot ostalo rastlinje, seveda pa je odziv rastlin na pašnikih vrstno odvisen. Imamo tako intenzivno obdelane monokulturne pašnike kot tudi vrstno bogate, neobdelane pašnike, kjer je raznovrstnost pogojena predvsem z lastnostmi tal in ureditvijo vode ter seveda podnebnimi razmerami (Bélanger in sod., 2002). Intenzivno obdelani pašniki so občutljivi na zaloge vode in hranil, predvsem dušika. Težave v povezavi z dušikom lahko rešimo z dognojevanjem, v primeru zalog vode pa smo vezani na padavinski režim, saj namakanje pašnikov ni gospodarno. Višje temperature zraka in povečana vsebnost CO₂ v ozračju pomenijo za intenzivno obdelane ter s hranili in vodo bogate pašnike pridobitev. Rast trave je namreč omejena z nizkimi zimskimi in pomladnimi temperaturami ter primanjkljajem vode poleti. Višje temperature bi vodile v hitrejši začetek rasti spomladi ter kasnejšo upočasnitev jeseni. Na samo rast trave vpliva tudi pogostost in čas paše oziroma košnje. Kjer pa bodo zaloge vode omejene, bo prihajalo do pogostejših poletnih suš. Pri neobdelanih, višinskih pašnikih z veliko raznovrstnostjo rastlin se bodo rastlinske vrste odzivale različno na spremenjene podnebne razmere; to bo vplivalo na tekmovalnost med njimi in s tem na rastlinsko sestavo pašnikov (Nijs in sod., 1993). Pri tem pomembno vlogo igra razpoložljivost hranil v tleh, saj ima na rast in razvoj največji vpliv dejavnik, ki je v minimumu (Kaiser in Drennen, 1993). Večje, hitro rastoče trajnice na rodovitnih tleh se bodo izraziteje odzvale na povečano vsebnost CO₂ v ozračju kot enoletne zeli ter počasi rastoče trajnice na slabo rodovitnih tleh, ki se na povečano vsebnost CO₂ skoraj ne odzovejo. Zgodaj cvetoče vrste bodo cvetele tudi do nekaj tednov zgodneje.

Z višjimi temperaturami se bo podaljšalo pašno obdobje, morebitne poletne suše pa bodo zaradi omejene rasti rastlinja pašnikov povečale potrebo po dodatnem hranjenju živine. Spremembe prostorske razporeditve padavin, lahko skupaj z višjimi temperaturami in razpoložljivostjo hranil privedejo do prostorskih premikov območij ustreznih za pašo (Batima, 2003). Ugodnejše podnebne razmere, predvsem višje temperature, bi za višinske pašnike lahko upravičile uporabo gnojil ter privedle do širitve intenzivnega kmetijstva v višje lege.

Preglednica 3: Učinki spremenjenega podnebja na živinorejo

	<i>Pozitivni vplivi</i>	<i>Negativni vplivi</i>
PAŠNIKI IN PAŠA	• hitrejši začetek rasti trav pomladi ter kasnejša upočasnitev jeseni • podaljšano pašno obdobje • širitve paše tudi v višje lege	• pogostejše poletne suše • spremenjena sestava travne ruše
ZDRAVJE ŽIVINE	• manj pogost stres mraza • manj energije za ogrevanje hlevov pozimi	• več energije za prezračevanje in hlajenje hlevov • bolj pogost vročinski stres • večja verjetnost bakterijskih okužb • ob pogostejših ujmah (poplave, nevihte, orkanski veter) se poveča smrtnost živali • intenzivnejši napadi zajedalcev
PREHRANA ŽIVINE	• povečan pridelek rastlin z večjo potrebo po toploti	• pomanjkanje pitne vode • slabši apetit • slabša prebavljivost krme • bolj tvegana pridelava krme • višja cena krme

Poleg genetske zasnove na rast, razmnoževanje in vedenje živine ter njeno ješčnot vpliva tudi okolje, v katerem živi. Spremenljivost podnebja ima neposreden vpliv na apetit in zdravje živine. Številni učinki podnebja na zdravje živine pa so posredni, saj vreme in podnebje vplivata na živalske bolezni in škodljivce. Preko vpliva na pašo in krmo pa podnebje še dodatno vpliva na živino oz. na njeno prehrano. Tu gre tako za produktivnost krmnih rastlin in s tem razpoložljivost in ceno krme, kot tudi produktivnost pašnikov ter zaloge krme na njih.

Toplokrvne živali vzdržujejo telesno temperaturo okrog 37 °C, pri višjih temperaturah lahko pride do poškodb mišic, pri nižjih temperaturah pa so življenske funkcije upočasnjene. V obeh primerih so živali izpostavljene temperaturnemu stresu - vročinskemu stresu ali stresu mraza. Vročinskemu stresu, ki je lahko pogojen tudi z dolgotrajno izpostavljenostjo močnemu vpadnemu sevanju, bodo ob dvigu temperature zraka živali v topli polovici leta izpostavljene pogostejše (Klinedinst in sod., 2003). Pogostejša in dolgotrajnejša izpostavljenost povečuje bolehnost in smrtnost živali zaradi možganske in srčne kapi, ki je pogostejša pri starejših živalih. Visoke temperature zmanjšujejo sposobnost razmnoževanja oz. povečujejo smrtnost zarodkov. Toplejše razmere pa bodo v hladni polovici leta učinkovale na živinorejo pozitivno. Izpostavljenost stresu mraza bo redkejša in kratkotrajnejša, delež preživelih živali bo večji in zmanjšani bodo stroški ogrevanja prostorov za živino. Ob pogostejših ujmah se poveča smrtnost živali, ujme pa tudi poškodujejo zavetišča oziroma prostore za živali in povzročijo dodatno škodo.

Pogostejša in dolgotrajnejša obdobja mejnih temperatur, močnega vpadnega sevanja in vetra, do česar lahko pride v primeru podnebnih sprememb, zahtevajo načrtovane in vzdrževane sisteme zavetišč za živino. Zavetišča morajo biti ustrezno velika in opremljena in dostopna s pašnikov. Lahko gre za v ta namen zgrajene objekte, kjer je omogočeno dodatno hranjenje živine, ali pa za gozdna območja, kjer živali lahko najdejo zavetje. Slednja so problematična zaradi velike porabe vode poleti, vlažnejše razmere v njih pa omogočajo ugodnejše razmere za širjenje škodljivcev in bolezni. Vročinskemu stresu v toplejših razmerah bi se lahko izognili kot v mediteranu, kjer je živina čez dan v belih zavetiščih, skrita pred sončnimi žarki in vročino ter hranjena s sveže pokošeno krmo, ponoči, ko je hladneje, pa se jo spusti na pašo. Če uporaba zavetišč ni mogoča, pride do dodatnih vedenjskih in fizioloških prilagoditev. Z vročino pa se živali na prostem spopadajo z omejenim gibanjem, kot tudi s potenjem in z dihalnim hlajenjem - sopihanje in izločanje slin skozi nosne odprtine in z jezika. Živali, ki jih gojimo v zaprtih prostorih, se z vročino spopadajo na enak način, le da so omejene z gostoto živine in primernostjo prostorov. Pri vročinskem stresu lahko živalim pomagamo tudi s škropljenjem, kar pa lahko privede v zaprtih prostorih do nevarnosti v povezavi s povečano vlažnostjo zraka.

Neposreden vpliv podnebnih sprememb za živali, ki jih gojimo v zaprtih prostorih, ne bo velik, saj tam lahko uravnavamo mikroklimo (Muriel in sod., 2000) in pa intenzivna živinorejska proizvodnja (prašičje in perutninske farme, farme piganega in mlekarkega goveda) tudi ni primarno odvisna od paše živine na prostem in je tudi manj odvisna od lokalnih virov hrane. Umetno uravnavanje razmer v zaprtih prostorih pa je povezano z dodatno porabo energije. Ob višjih temperaturah zraka bo v poletnem času potrebno več energije za prezračevanje in hlajenje prostorov, kar bo povečalo stroške živinorejske proizvodnje (Cooper in sod., 1998). Višji stroški bodo s

prevozom živine, saj bo ta izpostavljena vročinskemu stresu in bo treba dodatno prezračevati prevozna sredstva.

Obstajajo številni posredni učinki spremenljivosti podnebja na zdravje živine. Spremembe temperature in vlažnosti zraka ter moči vetra, še posebno pa suše, lahko povzročijo pri živalih stres, ki zmanjša odpornost živali na živalske patogene. Posledično zmanjša tudi učinkovitost cepiv. Tako je neposreden učinek vročinskega stresa lahko še dodatno podkrepjen z večjo pogostostjo mejnih dogodkov, kot so suše in nevihte. Razvoj in rast večine parazitov in bakterij je temperaturno odvisen, pa tudi razmnoževanje virusov, če so njihovi prenašalci hladnokrvni. Dvig temperature bo tako verjetno povečal infekcijski pritisk škodljivcev ter patogenih gliv, bakterij in virusov. Več patogenov bo preživel obdobje zime, višje temperature bodo omogočile njihov hitrejši razvoj in razmnoževanje (FAO, 2001). Omogočeno bo več zaključenih življenjskih krogov škodljivcev in tudi prenašalcev patogenov in širitev novih, na našem območju do sedaj še neznanih bolezni in škodljivcev, ki so v zdaj problem v toplejših krajih (Chakraborty in sod., 2000). Povečana relativna vlaga v zraku lahko poveča pogostost izbruha epidemij. Močni vetrovi pa so lahko pomemben dejavnik prenašalcev patogenov (npr. letočih insektov) na daljavo. Živali, ki jih gojimo v zaprtih prostorih, imajo običajno tesno odmerjen življenjski prostor. Omejena gibljivost in velika gostota živali omogoča intenzivnejše napade zajedalcev, ki živijo na telesih živali in se hitro razmnožujejo (Daszak in sod., 2000). Stopnja okužbe z različnimi patogeni (predvsem bakterijami) vpliva na kakovost mesnih izdelkov. Obstaja neposredna povezava med okuženostjo živine, temperaturo zraka ter zastrupitvami ljudi s hrano. Več pozornosti bo v toplejših razmerah zato potrebno posvetiti postopku klanja, ravnanju z mesom in shranjevanju mesa, saj je verjetnost bakterijskih okužb v takšnem primeru večja.

Prehrana živine je lahko zelo raznolika - od krme, ki je na razpolago na pašnikih, do krmnih rastlin in tehnološko pridelane hrane, ki naj bi omogočila optimalno prehrano živine (Bruinsma, 2003). Podnebne spremembe bodo omogočile daljše pašno obdobje. Daljše obdobje primerno za pašo, ki je pomemben element v prehrani živine, pa lahko preko mehanskih poškodb in prekomernega izkoriščanja neugodno vpliva na produktivnost pašnikov. V obsežnih, neobdelanih pašnih sistemih se lahko temu izognemo s spreminjanjem lokacije paše. Morebitno povečanje produktivnosti pašnikov, še posebej višinskih, bi omogočilo lažje uravnavanje spremenljivih zalog krme, saj bo gojenje krmnih rastlin občutljivejše na podnebne spremembe, predvsem z vidika mejnih dogodkov. Krmne rastline vključujejo silažna žita, nekatere korenovke (npr. sladkorna pesa) in nekatere križnice (npr. oljna ogrščica). Če jih gojimo kot krmne rastline, moramo velikost in kakovost pridelka obravnavati z vidika povečanja biomase in prebavljivosti. Če prevladuje učinek povečane vsebnosti CO₂, se pridelek poveča, vendar se zmanjša prebavljivost krme. Ravno obratno je v primeru prevladujočega učinka višjih temperatur. Dodatno lahko na učinka sprememb temperature zraka in vsebnosti CO₂ v ozračju vpliva tudi suša. Večji pridelek gre pričakovati pri rastlinah z neomejeno rastjo (npr. sladkorna pesa in silažna koruza), kot pri rastlinah z omejeno rastjo (npr. silažna žita). Predvidoma bo to vodilo k uporabi podnebju primernejših krmnih rastlin na posameznih območjih. Ob predpostavki, da bo hrane dovolj, je njena poraba ter s tem produktivnost živine odvisna predvsem od njenega apetita. Ta je odvisen od okoljskih dejavnikov, kot sta temperatura in vlaga, ter od okusnosti hrane. Spremembe ješčnosti v povezavi s

podnebnimi spremembami so težko napovedljive. Ker paša običajno poteka ob jutranjih in večernih urah, je apetit očitno večji v hladnejših in vlažnejših razmerah.

Dvig temperature tako verjetno ne bo imel ugodnega vpliva na ješčnost žinive v nasprotju s povečanjem zračne vlage. Okusnost hrane bo odvisna od prebavljivosti, ki je pogojena s temperaturnimi spremembami in spremembami vsebnosti CO₂ v ozračju. Uravnavati pa bi jo bilo mogoče tudi s predelavo hrane in oblikovanjem prehrane. Vpliv podnebnih sprememb na živali v zaprtih prostorih je odvisen predvsem od vzpostavitve ustreznega okolja za vzdrževanje apetita.

Največji omejujoči dejavnik za pašno živinorejo predstavlja zadostna količina in kakovost pitne vode za živali. Količina razpoložljive pitne vode je odvisna predvsem od prostorske razporeditve padavin, kot tudi od strukture reliefa, geološke sestave tal in onesnaženosti vodnih virov (Bergant in sod., 2004). Kakovost vode pa bo odvisna od časovne razporeditve in spremenljive intenzivnosti padavin ter rasti alg, ki je odvisna od temperature.

5. ZAKLJUČKI

Problematika podnebnih sprememb resna. Po eni strani gre za ogrožanje našega načina življenja in naše varnosti, po drugi pa morda za nove priložnosti. Slovenija se kot podpisnica Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja še premalo zaveda pomena podnebnih sprememb. Vlada je sprejela prvo državno poročilo za Konferenco pogodbenic in ustrezno politiko za zmanjšanje obremenjevanja ozračja. V prihodnje pa bo nujno upoštevati posledice podnebnih sprememb pri prostorskem načrtovanju in rastlinski pridelavi. Tako bo tudi v kmetijstvu za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov potrebno uvesti energetske učinkovite metode.

Ker sta vreme in klima odločujoča dejavnika pri kmetijski pridelavi, je nujna bolj gosta agrometeorološka mreža ter vključevanje v svetovni meteorološki opazovalni sistem. Za neposredne odzive in prilagoditve kmetijske pridelave na podnebno spremenljivost pa je potrebno meriti trenutne vremenske razmere tudi neposredno v bližini pridelovalnih površin in se nanje odzvati s škropljenjem, namakanjem, gnojenjem, oroševanjem ipd.

Pri rastlinski pridelavi bo treba uvesti določene prilagoditve. Te so zlasti: sprememba datuma setve, spremenjeni kultivarji, namakanje ali izbira sort, ki na sušo niso občutljive. Verjetno bo potrebno intenzivnejše gnojenje za kompenzacijo skrajšane rastne dobe in potencialen vodni stres. Zavedati pa se moramo, da bodo višje temperature zraka povzročale obsežnejši in hitrejši razvoj bolezni in škodljivcev. Zato se bodo povečali tudi stroški varstva rastlin pred škodljivci in boleznimi ter verjetno tudi celotne rastlinske pridelave.

Vsi prilagoditveni ukrepi ekonomsko niso enakovredni. Sprememba datuma setve na zgodnejši termin je povezana s tveganjem zaradi poznih pomladnih slán, namakanje pa je verjetno predrago. Zato je priporočljivo razmišljati o novih kultivarjih in o spremenjeni gnojilni praksi. Možne prilagoditve gre morda iskati tudi v biotehnologiji, ki bo lahko rastlinske vrste ali celo živalske vrste prilagodila na nove razmere v okolju.

Podnebne spremembe bodo vplivale na živinorejo neposredno in posredno, v glavnem prek sprememb pri pašnikih in paši, zdravju in prehrani živine. Številni bodo negativni vplivi kot so: pogostejše poletne suše in spremenjena sestava travne ruše na pašnikih, potrebne bo več energije za prezračevanje in hlajenje hlevov, bolj pogost bo vročinski stres, večja bo verjetnost bakterijskih okužb, intenzivnejši bodo napadi zajedalcev in ob pogostejših ujmah se bo povečala smrtnost živali (Hubbard in sod., 1999). Podnebne spremembe bodo lahko povzročile tudi pomanjkanje pitne vode, slabši ješčnost živali, slabšo prebavljivost krme ter bolj tvegano pridelava krme in njeno višjo ceno. V Sloveniji bodo nujne številne prilagoditve na nove podnebne razmere, še zlasti v SV območjih, ki so glede vodne bilance najbolj ranljiva (Kajfež-Bogataj, 2004a). Ob tem pa se moramo zavedati, da so prilagoditve povezane ne le z odločitvami in ukrepi posameznega kmeta, temveč tudi s kmetijsko politiko in tržnimi mehanizmi.

Za popolnejše razumevanje vplivov klimatskih sprememb na kmetijstvo potrebujemo še veliko znanja in pa tudi primerne metodologije, kot so simulacijski modeli, eksperimentalni podatki ipd. Vsekakor nas čaka na tem področju še mnogo interdisciplinarnega dela.

6. LITERATURA

- Ahas, R., A. Aasa, A. Menzel, V.G. Fedotova, and H. Scheifinger, 2002: Changes in European spring phenology. *International Journal of Climatology*, 22, 1727-1738.
- Antle, J., 1996. Methodological issues in assessing potential impacts of climate change on agriculture, *Agricultural and Forest Meteorology*, 80 (1):67-85.
- Batima, P., 2003. Climate change: Pasture-Livestock. Synthesis report. *Potential Impacts of climate Change, Vulnerability and Adaptation Assessment for grassland Ecosystem and Livestock Sector in Mongolia.*, ADMON publishing, p. 36-47.
- Bruinsma, J., Ed., 2003. World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective. Earthscan, 432 pp.
- Bélanger, G., P., Rochette, Y., Castonguay, A., Bootsma, D., Mongrain, D. A. J., Ryan., 2002. Climate Change and Winter Survival of Perennial Forage Crops in Eastern Canada. *Agron. J.*, (94): 1120-1130.
- Bergant, K., 2003. Projekcije simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihova uporaba v agrometeorologiji. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 170 s.
- Bergant, K., Kajfež-Bogataj L., Sušnik, A. in sod. 2004. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje, 40 s.
- Bergant, K., Kajfež-Bogataj L., 2004. Nekatere metode za pripravo regionalnih scenarijev podnebnih sprememb. *Acta agric. slov.*, 2004, vol. 83, št. 2, str. 273-287.
- Celar, F in V. Knapič, 2002. Pomen rastlinskih kužnih bolezni. V Ušeničnik, B.: Nesreče in varstvo pred njimi, Ministrstvo za obrambo, Ljubljana s. 365-371
- Chakraborty, A., V. Tiedemann and P. S. Teng, 2000. Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*, (108): 3, p. 317-326.

- Chmielewski, FM, Muller, A, Bruns, E. 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agric. and Forest Met.* 121 (1-2): 69-78.
- Cooper, K., D. J. Parsons and T. Demmers, 1998. A Thermal Balance Model for Livestock Buildings for use in Climate Change Studies, *Jour. of Agric. Engineering Res.*, (69),1: 43-52.
- Cramer, W., A. Bondeau, F. I. Woodward, I. C. Prentice, R. A. Betts, V. Brovkin, P. M. Cox, V. Fisher, J. Foley, A. D. Friend, C. Kucharik, L. M.R., N. Ramankutty, S. Sith, B. Smith, W. A., and C. Young-Molling, 2001: Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology*, 7, 357-373.
- Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj L., 2003. Spring phenological trends in Slovenia. *Ann. Ser. hist. nat.*, 2003, let. 13, št. 1, str. 57-64
- Daszak, P., A.A. Cunningham and A.D. Hyatt , 2000. Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science* **287** (2000), p. 443–449
- Döll, P., 2002. Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change*, 54, 269-293
- EEA, 2004. *Impacts of Europe changing climate. An indicator-based assessment*. European Environment Agency, Copenhagen (Denmark), Report 2/2004, Office for official publications of the European communities, Luxembourg, 107 pp. <http://www.eea.eu.int>
- FAO, 2001. The state of food and agriculture: economic impacts of transboundary plant pests and animal diseases. Food and Agriculture Organization of the UN, p. 199– 276.
- Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden P. J., Dai X., Maskell K., Johnson C. A., 2001. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge, Cambridge Univ. Press: 752 s. 2001. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
- Hubbard, K. G., D. E. Stookesbury, G. L. Hahn and T. L. Mader, 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality to the THI, *J. Prod. Agric.*, (12), 4, 650-653
- Hughes, L., 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already. *Tree*, 15(2):56-61
- Kaiser H. M. in Drennen T. E., 1993. Agricultural dimensions of global climate change. Delray Beach, St. Lucie Press: 311 s. .
- Kajfež-Bogataj, L., 2001. Kakšna bo klima 21. stoletja? Zbornik Biotehniške fakultete, Univerza v Ljubljani, Kmet. 77-2, str. 309-318.
- Kajfež-Bogataj, L., 2000. Vpliv globalnega ogrevanja na trajanje vegetacijskega obdobja in temperaturne vsote. Novi izzivi v poljedelstvu 2000. Zbornik simpozija, s. 54 – 60.
- Kajfež-Bogataj, L., 2001. Klimatske spremembe in njihove posledice- dejstva in predvidevanja. *Gozdarski vestnik* (59) 4: 203-208.
- Kajfež-Bogataj, L., 2003. Predvidene klimatske spremembe v Sloveniji in njihov vpliv na rastlinske bolezni in škodljivce. V: MAČEK, J. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov 6. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Zreče, 4.-6. marec 2003*. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije. 2003, s. 339-345.
- Kajfež-Bogataj, L., 2004a. Živeti s klimatskimi spremembami. Živeti z Muro: možnosti in priložnosti. [Ljubljana]: Akademija za projektni management, s. 24-27

- Kajfež-Bogataj, L., 2004b. Pomen podnebnih sprememb za sadjarstvo v Sloveniji. V: HUDINA, Metka (ur.). *Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24.-26. marec 2004*. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, 2004, s. 771-778.
- Kapun, S. 2003. Tehnološki ukrepi za zmanjšanje posledic suše; suša in pomursko kmetijstvo, Kaj storiti za zmanjšanje posledic suše v kmetijstvu? Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. Posvet v Gornji Radgoni, s. 17-21.
- Klinedinst, P.L., D.A. Wilhite, G.L. Hahn, K.G., Hubbard, 1993. The potential effects of climate change on summer season dairy cattle milk production and reproduction. *Climatic Change*. 23:21-36
- Koch, G.W. and Mooney, H.A. (eds), 1996. *Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems*, Academic Press, San Diego, USA. pp. 215-249.
- Metz C., Davidson O., Swart R., Pam J. Climate change 2001: Mitigation. Cambridge Univ. Press: 881 s. 2001 http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg3/index.htm
- Mirza, M. M. Q., 2003: Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt. *Climate Policy*, 3, 233-248.
- Mitchell T.D, Hulme M., New M. , 2002. Climate data for political areas. *Area* 34:109-112
- Muriel P., Downing T., Hulme M., Harrington R., Lawlor D., Wurr D., Atkinson C. J., Cockshull C. E., Taylor D. R., Richards A. J., Parsons D. J., Hillerton J. E., Parry M. L., Jarvis S. C., Weatherhead K. in Jenkins G., 2000. Climate change and agriculture in United Kingdom. UK, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: 64 str.. <http://www.defra.gov.uk/enviro/climate/climchn.htm>
- Nijs, I., Tenshels, H., Impens, I. and Behaeghe, T., 1993. Long term exposure to global warming changes in grassland ecosystems: whole season and temporal trends in changing productivity in response to increase CO₂ level and air temperature. *Proceedings XVII International Grassland Congress*, pp. 1141-1143.
- Olesen, J. E. and M. Bindi, 2002: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16, 239-262.
- Perry, M.L., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer, 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14: 53-67
- Schmidt, I.K., A. Tietema, D. Williams, P. Gundersen, Cl. Beier, B.A. Emmett and M. Estiarte, 2004. Soil solution chemistry and element fluxes in three European Heathlands and their responses to warming and drought. *Ecosystems*, 7, 638-649.
- Simončič, P., Kobler, A., Krajnc, N., Medved, M., Torelli, N., Robek, R. 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi. *Gozdarski vestnik* (59) 4: 184-202
- Sutherst, R.W., G. F. Maywald and B.L. Russell, 2000. Estimating vulnerability under global change: modular modelling of pests, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, (82) 1-3, p. 303-319.
- UNESCO, 2003. *World Water Assessment Report*. UNESCO, Paris, 574 pp.
- Žust, A. , Sušnik, A., 2002. Spomladanska pozeba aprila 2001. *Ujma* (16): 81-84