

VSEBINA

Dejstva in podatki	2
Gibljava tla	3
Zemeljski plazovi in ekstremne padavine.....	4
Ledeniki: ogrožena vrsta.....	6
Zbogom, zimski turizem?	7
Palme na vrhovih gora?	7
Zmagovalci in poraženci	9
Toplogredni skeptiki	9
Rešitev na vidiku?.....	10
Viri in literatura.....	12

Podnebne spremembe in Alpe

Elke Haubner, CIPRA International

Dejstva in podatki

Globalne temperature devetdesetih let so bile najvišje od leta 1860 naprej, torej v obdobju, v katerem opravljamo zanesljive instrumentalne meteorološke meritve, najverjetneje pa tudi najvišje v zadnjem tisočletju. S pomočjo podnebnih modelov poskušajo strokovnjaki oceniti, kolikšna je odgovornost človeka pri opazovanem segrevanju ozračja in kakšen bo nadaljnji razvoj.

V več neodvisnih raziskavah je bila rekonstruirana srednja temperatura severne zemeljske poloble v zadnjem tisočletju. Vir podatkov za tovrstne rekonstrukcije so naravni arhivi podnebnih razmer, kot so izvrtana ledena jedra, usedline in letnice dreves, pa tudi zgodovinski zapisi in zgodnje instrumentalne meritve. Rezultati so jasno pokazali, da je segrevanje ozračja v 20. stoletju od začetka zadnjega tisočletja edinstven pojav¹.

Začetek industrializacije sovпада s koncem naravne hladne faze. Naravni in antropogeni procesi segrevanja se prekrivajo.

V zadnjem stoletju je prišlo do velikega kopičenja toplogrednih plinov, istočasno je temperatura povsod po svetu porasla povprečno za približno 0,3 °C do 0,6 °C, v Švici celo za nekaj več kot 1 °C.

Na podlagi scenarijev iz podnebnih modelov lahko pričakujemo, da se bodo do leta 2100 spremembe podnebja še naprej stopnjevale, da se bo povprečna globalna temperatura zvišala za nadaljnjih 1,5 °C do 5 °C in da se bo morska gladina dvignila za 50 cm.

Kompleksnost podnebnega sistema povzroča substanca vode in zlasti njena značilnost, da se lahko pojavlja v različnih agregatnih stanjih: v ozračju kot vodna para, kapljice in ledeni kristali, na zemeljski površini kot sneg, led in v tekoči obliki kot površinske vode; v zemlji kot podtalnica, talna vlaga ali kot trajno zamrznjena tla, v oceanih kot slana voda, na polarnih območjih kot polarni led. Te različne oblike vode imajo tudi povsem različne lastnosti in njihovo izmenično učinkovanje je odločilno za to, kako se naš podnebni sistem odziva.

Čeprav je delež atmosferske vode po količini v primerjavi z oceani zanemarljiv, pa ima voda v atmosferi nedvomno osrednjo vlogo: vodna para je zaradi tako imenovanega povratnega delovanja med vodno paro in toplo gredo najpomembnejši toplogredni plin v atmosferi.

Atmosferska oblačnost določa planetarni albedo ozračja, kar pomeni tisti delež sončnega obsevanja, ki se odbija prek ozračja v vesolje: gre za povratno delovanje albeda skozi oblake. Zasnežene krajine in poledeneli oceani povečujejo albedo zemeljskega površja – tj. povratno delovanje skozi sneg in led. Padavine in otekanje vode s celin vplivajo prek vnosa sladkih voda v oceane kot pomembno gonilo na cirkulacijo oceanov. Vsi ti procesi v veliki meri niso linearni in zahtevajo kvantitativno obravnavo, ki je v okviru podnebnih scenarijev možna samo na podlagi numeričnih modelov. Trenutno zato večina podnebnih scenarijev izvira iz numeričnih modelov ali celo iz verige modelov¹.

Za alpske države so najnovejši rezultati o hidrosferi, tj. o celotnih vodnih zalogah, in kriosferi, tj. snegu in ledu, še posebej pomembni. Za prihodnje zime bo značilno, da bodo količine snega manjše, količine dežja pa večje. Že zaradi porasta temperature za 1 °C se bo povprečna doba snežne odeje v marsikateri regiji skrajšala za 4 do 6 tednov².

¹ Christoph Schär, Martin Wild: Modelle in der Klimadebatte

² Die Alpen im Treibhaus. Eine Studie der Greenpeace-Büros Deutschland, Österreich und Schweiz

Najpomembnejši antropogeni toplogredni plini in njihov izvor:

- ogljikov dioksid (CO_2) (fossilna goriva)
 - metan (CH_4) (domače živali, pridelava riža)
 - smejalni plin = dušikov oksid (N_2O) (kmetijstvo, procesi zgorevanja)
 - fluorirani ogljikovodiki (HFC) (hladilna tehnologija, izolacijske pene)
 - klorofluorogljikovodiki (CFC) in halogenirani klorofluorogljikovodiki (HCFC) (pršilke, izdelava penastih mas, tehnična topila, hladilna tehnologija)
- Uporaba CFC je zaradi škodljivega delovanja na ozonski plašč prepovedana v industrijskih državah od leta 1996.

Obstoj CO_2 v ozračju: 100 let

Letne emisije CO_2 v tonah/ na prebivalca:

Svetovno povprečje	3,8	1994
Avstrija	7,8	1996
Francija	6,6	1996
Italija	7,3	1996
Nemčija	11,1	1996
Slovenija	6,5	1990
Švica	6	1996
ZDA	20,1	1996
Države v razvoju	0,9	1990

Gibljava tla

Trajno zamrznjena tla, imenovana tudi permafrost, pomenijo zamrznjeno zemljišče, ki se prek leta nikoli povsem ne odtali in na katerem led povezuje zdrobljene drobce kamnin. V visokogorju naletimo na permafrost, ki je v obliki sprijetih kamnin ali pa v obliki rahlega gradiva, kot so npr. melišča, morene in tla. Višinski pas, ki je značilen za permafrost, leži pod območjem ledenika na nadmorski višini več kot 2600 metrov.

Posledica nadaljnjega porasta temperature bo kratkoročno gledano vedno debelejša zgornja plast tal, ki se odtaja poleti, srednje- in dolgoročno pa proces taljenja v dnu zmrznjene plasti in umik pasu permafrosta v višje ležeče predele.

V osemdesetih letih so se trajno zamrznjena tla segrela za 0,5 °C do 1°C. Meja permafrosta se je tako v zadnjih sto letih pomaknila za 150 do 200 višinskih metrov navzgor. Rezultati iz Nacionalnega raziskovalnega programa NFP 31³ napovedujejo, da se bo v naslednjih petdesetih letih pri segrevanju ozračja od 1 °C do 2 °C ta meja pomaknila za nadaljnjih 200 do 750 m.

Reakcijskega časa temperature trajno zamrznjenih tal na porast povprečne letne temperature v tem trenutku skorajda ni mogoče oceniti, vendar bi lahko nadaljnja rast temperature povzročila tako silovito plazenje mas, kot ga doslej v zgodovini skorajda nismo poznali.

Posledice:

Natančne posledice takega porasta temperature je za gorska območja še težko oceniti. To lahko neposredno prizadene temelje objektov in inštalacije žičniških naprav oziroma vlečnic, na katerih lahko nastane škoda zaradi usedanja v podtalju kot posledica taljenja ledu. V zvezi s tem lahko navedemo primer koč Nadvojvode Janeza na Velikem Kleku (Grossglockner).

³ Nacionalni raziskovalni program 31 "Podnebne spremembe in naravne nesreče" (Nationales Forschungsprogramm: Klimaänderungen und Naturkatastrophen)

Zaradi tajanja ledu se lahko spremenijo hidrološke razmere v sistemu ledeniških razpok, kar lahko povzroči celo destabilizacijo skalnih sten. Tudi melišča, morene itd., v katerih leži led, zaradi taljenja izgubljajo led kot svoje vezivo. Zaradi umika stalno zamrznjenih tal v vrhnje dele lahko pričakujemo večje nestabilnosti pobočij. Dokler temperatura podtalja ni ponovno uravnotežena s temperaturo ozračja, se lahko v večjem obsegu pojavljajo skalnati podori, zemeljski plazovi ali murasti tokovi, ki pogosto dosežejo dolinsko dno in tako ogrozijo naseljena območja ter prometne poti. Primer za to je katastrofalni zemeljski plaz v Val Poli v dolini Valtellina 28. julija 1987, pri katerem je na njegovo sprožitev verjetno vplivalo taljenje permafrosta.

Zemeljski plazovi in ekstremne padavine

Posledice podnebnih sprememb na lokalni in regionalni ravni se dramatično odražajo zlasti na ekološko občutljivih območjih, kot so Alpe, za kar so pogosto dokaz zemeljski plazovi in poplave. Naravoslovna znanost lahko že dokaže prve soodvisnosti med podnebnimi spremembami in spremembami v gorskih ekosistemih.

Skupaj z umikanjem ledenikov pripisujejo krivdo za vedno večje število naravnih nesreč prav zviševanju meje trajno zamrznjenih tal. Toplejše podnebne razmere v Alpah močno pospešujejo pojav hudourniških nanosov, padajočega kamenja, zemeljskih plazov in poplav, ki v vedno večji meri ogrožajo tudi tiste alpske regije, ki jim je bilo doslej prizaneseno.

Od druge polovice osemdesetih let je vse pogostejše opaziti izjemne vremenske dogodke, kar je zbudilo pozornost klimatologov.

Na območju Alp je mogoče ekstremne padavine in njihove posledice uvrstiti k naravnim nesrečam, katerih daljnosežnost je glede na povzročeno škodo največja. Ekstremne padavine povzročijo v Švici materialno škodo v višini 200 milijonov frankov na leto. Zdi se, da gre na prvi pogled za zmerne številke, a pri njihovem uvrščanju sta pomembni dve posebni okoliščini: prvič, škoda nastaja zlasti v maloštevilnih in bolj izpostavljenih regijah, kjer so prizadeti predvsem gorski kantoni, katerih gospodarske razmere že tako ali tako niso ugodne in katere poleg neposredne škode obremenjujejo tudi dragi preventivni ukrepi. In drugič, škodo povzročajo večinoma redki in predvsem izjemni vremenski dogodki: v 25 letih, torej od 1972 do 1996, je v dolini Reusstal, v Ticinu, Puschlavu in Brigu več kot polovica škode nastala zaradi obilnih padavin prav v obdobju od 1987 do 1993. Ekonomske učinke tovrstnih katastrof prebivalci prizadetih regij največkrat močno občutijo še veliko let.

Iz švicarske analize serije meritev je razvidno, da so obilne padavine, ki se pojavljajo v povprečju enkrat na mesec, v zadnjih sto letih narasle. Ugotovljeno je bilo, da je povečanje padavin značilno za jesen in zimo, razpon pa sega od 20 % do 80 %. Opazovani trendi sicer niso nujno značilni tudi za ekstremne padavine in prav tako tudi niso dokaz za vzročno povezavo z antropogenimi podnebnimi spremembami, kažejo pa na pomembno dolgoročno spremembo v statističnih podatkih za področje padavin. Skupaj s podobnim spremljanjem padavinskih razmer na drugih območjih srednjih in visokih zemljepisnih širin potrjuje te rezultate teza, po kateri bi lahko na proces kroženja vode v podnebnem sistemu vplivala opazovano globalno segrevanje in pričakovana okrepitev globalnega segrevanja v naslednjih desetletjih.

Omenjena teza temelji na spoznanju, da sta za ekstremne padavine potrebna prenos in združevanje vodne pare z večjih površin. Količine vode, ki so kot para in voda v oblakih prisotne v ozračju na srednjih geografskih širinah, znašajo od 5 mm do 30 mm in so prenizke, da bi bile lahko vzrok za izmerjeno količino ekstremnih padavin, ki je presegla 100 mm. Za južne predele alpskega roba, ki so zaradi ekstremnih padavin na območju Alp najpogostejše prizadeti, ima prenos atmosferske vode iz Sredozemlja pomembno vlogo. Od vremenskih dogodkov v letu 2000 je bil naslednji še posebej spektakularen: prek ligurijske obale med Primorskimi Alpami in Apenini se je v ozračju proti zahodnem delu Padske nižine in Alpam pomaknilo okrog 50 milijonov kubičnih metrov vode na sekundo. Ta vrednost je primerljiva s količino vode, ki odteka iz ustja reke Kongo in znaša 42 milijonov m³/s, in Modre reke (Yangtze Kiang) s 35 milijoni m³/s, ki je poleg Amazonke najbolj vodnata reka na svetu. Tudi če na zemeljsko površje v obliki padavin pade le del te atmosferske vode, je razumljivo, da so posledično sistemi odtekanja vode na zemeljskem površju preobremenjeni.

Pričakovano segrevanje podnebja bi lahko znatno vplivalo na prenos vodne pare v atmosferi. Tlak nasičene vodne pare v ozračju se zvišuje po Clausis-Clapeyronovi enačbi za 7 % na stopinjo segrevanja.

Toplejše ozračje lahko sprejme in prenaša bistveno večje količine vode. Globalni podnebni modeli, s pomočjo katerih se opravljajo računalniške simulacije procesov podnebnega sistema in njegovih sprememb, opozarjajo ne samo na že poznano globalno segrevanje v povprečju za 1 °C do 3,5 °C do konca 21. stoletja, temveč tudi na splošno intenziviranje procesa kroženja vode. Medtem ko je subtropsko, sušno kopno prizadeto zaradi večjega izhlapevanja, kar je posledica vse večje suše, pa modeli za srednje in visoke zemljepisne širine kažejo povečan prenos vodne pare iz smeri oceanov proti kopnemu ter porast količine povprečnih padavin. Učinke intenzivnejšega procesa kroženja vode na obilnost padavin v alpskem prostoru so raziskovali na podlagi regionalnih podnebnih modelov; dobljeni rezultati so vredni upoštevanja: pri domnevnem segrevanju za 2 °C so simulacije pokazale le malenkostno povečanje števila manjših in srednje obilnih padavin, medtem ko so bile velike količine padavin za 20 % do 40 % pogostejše. Simulacije tako nakazujejo progresivno rast števila in intenzitete padavin in s tem posebno opazne učinke na pogostnost obilnih padavin.

Da so intenziviranje procesa kroženja vode ter vse pogostejše obilnejše padavine rezultat večjih koncentracij toplogrednih plinov v ozračju, je bilo ugotovljeno v številnih simulacijah podnebnih razmer na globalni in regionalni ravni⁴.

Učinki segrevanja podnebja na vodno bilanco povodja gorskih potokov : v zimski polovici leta je odtekanje vode večje zaradi manjšega deleža padavin v obliki snega, spomladi pa so količine odtekle vode manjše zaradi pomanjkanja snega. Poletje in jesen sta zaradi pojava neviht in močno koncentriranih padavin še posebej občutljiva letna časa.

Mala kronika naravnih nesreč:

- 1987 Poschiavo (Graubünden): kraj je utrpel veliko škodo zaradi vode in grušča.
- 1987 Veltlin: skalni podor katastrofalnih razsežnosti zaradi večdnevniških rekordnih padavin.
- 1987 Kanton Uri: zaradi poplav so bili poškodovani železniška proga, gotthardska avtocesta in številni objekti.
- 1990 Surselva (Graubünden) in kanton Glarus: orkan "Vivian" je uničil večje površine pobočij.
- 1991 Randa pri Zermattu: ogromne mase skalovja in blata so zgrmele v dolino in zajezile potok, ki je preplaval polovico vasi.
- 1993 Brig (Zgornji Valais): zaradi obilnih padavin je gorski potok prestopil bregove in uničil zgodovinski center mesta.
- 1994 Piemont: reka Pad je prestopila nasipe in uničila stanovanjska naselja, ki so bila v nasprotju z veljavno zakonodajo prostorskega planiranja zgrajena na poplavnem območju.
- 1999 Švica, Francija, Avstrija (Galtür): več katastrofalnih plazov se je sprožilo zaradi izrednih snežnih razmer
- 1999 Švica: rekordne visoke vode v pomladanskem času.
- 1999 Francija, Švica, Nemčija: orkan "Lothar" je v gozdovih predalpskega sveta povzročil veliko škode.
- 2000 Valais, Ticino, Dolina Aoste: sredi oktobra je v petih dneh padlo toliko padavin, kolikor jih sicer pade povprečno v treh mesecih. Visoke vode in blatni tokovi so uničili naselja in prometnice ter razdejali kulturno krajino.
- 2001 Täsch (Zgornji Valais): zaradi plazenja blata in grušča so bile v kraju poškodovane številne hiše.

⁴ Christoph Frei: Extremniederschläge im Wandel?, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, januar 2001, str. 30

Ledeniki: ogrožena vrsta

Proces izginjanja ledenikov traja že od srede prejšnjega stoletja. Ker je bila reakcija na višje temperature v Alpah zapoznana, lahko danes opazujemo taljenje alpskih ledenikov, ki se je začelo že pred nekaj desetletji. Zaradi rekordnih temperatur v devetdesetih letih lahko tudi v alpskih državah v naslednjih letih pričakujemo nadaljnje dramatično krčenje območij trajnega ledu in snega.

Alpske regije je segrevanje podnebja prizadelo različno, pri čemer ima odločilno vlogo delež površin, ki jih pokrivajo ledeniki. Če je delež ledenih površin manjši, je proporcionalno s segrevanjem podnebja manjša tudi količina odtekle vode. Nasprotno pa ledeniki nekaj časa kot nekakšna tamponska cona preprečujejo zmanjšanje odtoka vode in količina odtekle vode celo naraste. Tako kažejo rezultati ene od raziskav⁵. Doslej so raziskovalci izhajali iz stališča, da se celotna količina odtekle vode pri naraščajočih temperaturah zmanjšuje. Nove raziskave pa so pokazale, da količina v enem od treh raziskovalnih območij narašča, in sicer na zelo zaledenem porečju Rona – Sion, kjer se pri naraščajočih temperaturah topi več ledeniškega ledu. Poleg tega se je zmanjšala količina padavin v obliki novozapadlega snega, ki bi ledenik v poletnem času in na začetku jeseni, torej v času taljenja ledenika, lahko zaščitila pred taljenjem. Posledica je povečanje količin odtekle vode, vendar pa le do določene mere, dokler je na voljo še dovolj ledu. Zatem se bodo količine odtekajoče vode tudi na tem območju v celoti zmanjšale. Morebitnega vpliva zmanjšanih količin odtekle vode na okolje pa v omenjeni študiji niso raziskovali.

Povišane temperature ne spreminjajo samo količin odtekle vode, temveč tudi režim odtekanja. Doslej so bile količine odtekle vode na vseh območjih največje v poletnem času, vendar pa zaradi višjih temperatur zapade pozimi več dežnih kot snežnih padavin. Dež začne odtekati takoj in tako je vodna gladina pozimi še nižja kot običajno. Poleti se topi manj snega, kajti snežna odeja ni tako debela. Poleg tega izhlapi v poletni polovici leta pri višjih temperaturah več vode, kar povzroča bolj uravnotežen režim odtekanja vode. Za elektrogospodarstvo je to prednost: zlasti pretočne elektrarne bi lahko svoje objekte učinkoviteje izkoristile in v prihodnje povečale proizvodnjo električne energije. Konice v poletnih mesecih so doslej namreč praviloma presegle njihovo pretočno zmogljivost, pozimi pa so bile količine vode premajhne⁶. Krčenje ledenikov ustvarja v alpskem prostoru nove ekološke in tudi gospodarske probleme. Poleg izginotja življenjsko pomembnega zbiralnika vode se bo s krčenjem ledenikov izgubil tudi pomemben element krajinske estetike, od katerega je imel turizem v Alpah dolgi dve stoletji dobiček⁷.

Ogroženi ledeniki

Mont Clapier, visok 3045 metrov, leži na francosko-italijanskem obmejnem območju v Kotskih Alpah. Kdor prečka Col del Chiapous, lahko na bočni strani Mont Clapierja prepozna majhen, umazano bel madež – klavrne ostanke najjužnejšega vseh ledenikov v Alpah. Zaradi stalnega učinka tople grede se bodo ostanki ledeniškega ledu v nekaj letih v celoti stopili. Taka usoda pa čaka tudi številne njegove "sovrstnike" drugod po Alpah. Če se bodo uresničile današnje napovedi, o čemer skoraj ni dvoma, s planine Riederfurka čez nekaj desetletij ne bo mogoče več videti znamenitega dolinskega ledenika Aletsch (Aletschgletscher). Že veliko prej je zadnja ura odbila večini ledenikov v vzhodnem delu Alp. Samo še Pasterca (Pasterze) na Velikem Kleku (Grossglockner) in nekaj drugih maloštevilnih visokoležečih ledenikov bo po soglasnih napovedih strokovnjakov preživel 21. stoletje⁷.

⁵ Raziskava, ki jo je Jesko Schaper opravil v okviru projekta Nacionalnega sklada za razvoj novih metod za ocenjevanje debeline snežne odeje na ETH Zürich.

⁶ Schweizerischer Nationalfonds SNF – sporočila za javnost, 21. marec 2001

⁷ Dominik Siegrist: Klimaspuren - In den Alpen ist der Klimawandel sichtbar, v: 2. poročilo o Alpah

Nekatera dejstva o krčenju ledenikov:

- Od leta 1850 naprej, ko je bilo število ledenikov večje, je v švicarskih Alpah izginilo okrog sto ledenikov.
- V letih od 1850 do 1973 se je debelina ledu na švicarskih ledenikih zmanjšala za povprečno 19 metrov. Prostornina ledu se je zmanjšala s 107 km³ na 74 km³ (za 33 %).
- Vsepovsod po Evropi so alpski ledeniki izgubili približno polovico svoje prostornine ter 30 % - 40 % prvotne površine.

Zbogom, zimski turizem?

Meja za območja, na katerih vedno zapade dovolj snega, leži danes v Švici na 1200 metrih, do leta 2050 se bo dvignila na 1500 metrov. Danes velja 85 % smučišč za območja, na katerih vedno zapade dovolj snega, v prihodnosti pa se bo ta odstotek zmanjšal na borih 63 %. Število dni, ki bodo primerni za smučanje in ko bo snežna odeja višja od 30 cm, se bo zmanjšalo: v regiji Einsiedeln, ki leži na 910 m nadmorske višine, se bo recimo z današnjih 51 zmanjšalo na 24 snežnih dni.

Smučarskega turizma v srednjegorskih regijah alpskih držav čez približno dvajset let tako rekoč ne bo več, če se količine toplogrednih emisij ne bodo zaustavile. Ogrožena so pomembna središča, kot so npr. Les Portes du Soleil v Valaisu/ Visoki Savoiji, Kitzbühel na Tirolskem ali pa Kranjska Gora v Sloveniji. Čez približno trideset let bo zimski turizem izginil tudi na območjih z več kot 1500 metri nadmorske višine ter na ledeniških predelih. Pogostokrat se srečujemo s poskusi turističnih delavcev, da bi proces taljenja zaustavili s pomočjo umetnega zasneževanja.

Neposredna narodnogospodarska škoda, ki je posledica sprememb podnebja, se samo za Švico ocenjuje na 2,3 milijarde CHF letno, torej 1,5 milijarde evrov. Pomanjkanje snega v nižinskih predelih pa ima še eno usodno posledico: velika in kapitalsko močna podjetja, kot so gorske železnice oziroma žičnice, že danes poskušajo razširiti smučišča v višje predele: v visokogorski zaledeneli prostor ter v nekatera od zadnjih nedotaknjenih naravnih območij v Alpah.

Težava je v tem, da je zimski turizem v Alpah po eni strani usmerjen v smučanje in zato izredno odvisen od količine zapadlega snega. Strategija, s katero bi poleg finančne podpore lahko pomagali prizadetim območjem, bi si morala torej za manjšo odvisnost območij od snega in smučarske dejavnosti prizadevati po eni strani z dopolnjeno turistično ponudbo, po drugi strani pa s turistično dejavnostjo, ki bi živela v vseh štirih letnih časih.

Palme na vrhovih gora?

Območje razširjenosti številnih rastlinskih in živalskih vrst omejujejo podnebni parametri. Pri spremembah podnebja se na določeni lokaciji spremenijo pogoji, kot so temperatura, padavine in osončenost, zato lahko pričakujemo selitev vrst.

Vplivi podnebnih sprememb na vegetacijo vsebujejo prostorsko in časovno komponento

Vplivi na pestrost rastlinskih in živalskih vrst:

Na območju gora je danes še enkrat toliko vrst, kot jih je bilo pri posnetkih v prejšnjem stoletju, pri čemer je v gorah, za katere sta značilna velika številčnost vrst in vegetacijski pokrov v visokih predelih, manj možnosti za potencialne priseljene vrste in za sprejem prišlekov kot pa odprta območja vrhov z maloštevilnimi vrstami, katerih "fond vrst" še ni nasičen.

Pričakujemo lahko, da bo raznovrstnost živalskih in rastlinskih vrst ogrožena, pričakujemo torej siromašenje biološke raznolikosti.

Zasnove so bili že številni scenariji, kakšne posledice bi prinesle spremembe vegetacije v visokogorju. Pogosto se domneva, da se bo za visokogorsko floro začel proces izumrtja. Stare vrste bodo izpodrinile

nove in konkurenčnejše vrste iz nižjih predelov. Pomikanje navzgor pa zaradi omejene višine gora ni možno⁸.

Razen tega ogrožajo vegetacijo tudi drugi, posredni vplivi, npr. večja nestabilnost pobočij.

Pojavljajo pa se tudi pomiki vegetacije v višje predele:

V preteklih desetletjih so se spremenili številni ekološki faktorji, ki so vplivali na razširjenost eksotičnih vrst. Spreminjajoče se podnebje postaja eden od odločilnih faktorjev vplivanja na ta razvoj v dveh ozirih: tako absolutne najnižje temperature kot tudi pogostnost dni, ko temperatura ne preseže 0°, so se pri nespremenjeni porazdelitvi padavin v raziskovanem časovnem obdobju tako zmanjšale, da je to imelo ugoden in trajen vpliv na naselitev eksotičnih zimzelenih vrst, npr. vnos palm in drugih eksotičnih zimzelenih listavcev, kot so lovor, kafrovec, oljčica in grmasta palma, v gozdove plemenitih listavcev z bukvijo v južnem delu kantona Ticino⁹.

Gorski gozd:

Zaradi segrevanja podnebja se bo na številnih lokacijah v Švici potencialna naravna vegetacija spremenila in pas listnatega gozda se bo lahko pomaknil v višje predele. To sovpada z zmanjševanjem površine današnjega pasu iglastega gozda. Pri močnem segrevanju podnebja bi lahko v naslednjih 150 do 200 letih pas hrastovo-gabrovih gozdov zamenjal pas bukovih gozdov. Ali bi lahko prišlo do pomika zgornje drevesne meje ali ne, ni jasno. Na podlagi opravljenih simulacij pa lahko rečemo naslednje: če bo raba planinskih pašnikov ostala tako intenzivna, kot je danes, potem je komajda računati z dvigom drevesne meje, tudi če bi se lahko gozdna meja zaradi podnebnih razlogov spet pomaknila višje. Pri traviščih v visokogorju se je pokazalo, da bi bila lahko današnja območja s kontinentalnimi podnebnimi značilnostmi, npr. Valais ali Graubünden, najbolj občutljiva na spremembe podnebja¹⁰.

Učinki na fiziologijo:

Vladalo je splošno prepričanje, da bo višja koncentracija CO₂ v ozračju povzročila tako imenovan "gnojilni učinek": večje koncentracije CO₂ naj bi spodbudile fotosintezo, zaradi česar bi lahko rastline kopičile več organskih snovi, tj. rastle bi hitreje in postale bi večje. Vendar pa - kot so pokazale raziskave visokogorskih travišč in gorskega gozda - pričakovanega gnojilnega učinka CO₂ ni mogoče potrditi. Rastline pri višjih koncentracijah CO₂ v ozračju dolgoročno ne uspevajo bolje in zaradi tega tudi niso odpornejše proti učinkom tople grede.

Fotosintezo pri naravno rastočih rastlinah namreč bolj omejujejo hranilne snovi in voda, kot pa CO₂ v ozračju.

Rastline na traviščih visokogorskega pasu se prilagodijo zvišanim koncentracijam CO₂, tako da se zmanjša učinkovitost njihovega aparata za fotosintezo. Učinkovitost rastlin za fotosintezo ostaja nekako na isti ravni. Fotosinteza se poveča samo na začetku, zlasti na gnojenih delih območij.

Pogozdovanje kot ponor CO₂?

Medvladni forum za spremembe podnebja (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) vidi v pogozdovanjih najboljšo pot za odlaganje ogljikovega dioksida v biomaso. Površinska biomasa hitro rastočega mladja veže sicer nase več ogljikovega dioksida, kot ga izloča, a tudi dihanje organizmov v tleh je hitrejše: organizmi v tleh se "počutijo" ugodno, ker mladje v neznatni meri zadržuje sonce in dež, zato je dihanje intenzivnejše. Merodajna torej ni stopnja vezave ogljikovega dioksida, temveč to, koliko časa je ta nakopičen v biomas¹¹.

⁸ Georg Grabherr: Klimawandel. Veränderungen an den Kältengrenzen des Pflanzenlebens; v: 2. poročilo o Alpah

⁹ Gian-Reto Walther: Palmen in der Schweiz – ein Indiz?

¹⁰ Felix Kienast, Otto Wildi, Niklaus Zimmermann: Klimaveränderung – Veränderung des Bergwaldes?, v: 2. poročilo o Alpah

¹¹ Martin Läubli: Klimazank: Jungwald bringt wenig

Sčasoma vežejo stari drevesni sestoji veliko ogljikovega dioksida prek stelje in korenin v tleh. Stara drevesa so tako pravi ogljikovi ponori, ponovna pogozdovanja pa to snov prej sproščajo.

Tudi raziskava, ki jo je objavila znanstvena revija *Nature*, kaže, da tla in sloj stelje lahko kopičijo samo manjše količine CO₂ in da je kopičenje ogljikovega dioksida v drevesih dolgoročno omejeno s hranilnimi snovmi in vodo.

Zmagovalci in poraženci

Po ekstremnih podnebnih scenarijih bodo podnebni modeli v globalnem smislu povzročili velike izgube v proizvodnji in velik porast cen žita na svetovnem trgu. Prepad med industrijskimi državami in državami v razvoju se bo povečal: industrijske države bodo na boljšem zaradi svoje geografske lege v zmernem podnebnem pasu. Proizvodnja se bo povečala zaradi gnojilnega učinka večjih koncentracij CO₂.

V Švici kažeta omenjena dva scenarija sicer izgube pri površinskem donosu, vendar pa te nadomešča gnojilni učinek večjih koncentracij CO₂, podaljšanje vegetacijske dobe in premik višinskih pasov v višje nadmorske višine. V celoti bo zato pridelek večji.

Toplogredni skeptiki

Kjotski protokol, ki so ga sprejeli leta 1997 v Kjotu, nalaga razvitim industrijskim državam v prvem ciljnem obdobju od 2008 do 2012 zmanjševanje emisij toplogrednih plinov za najmanj 5 % glede na stanje pred letom 1990. Cilj 6. zasedanja konference pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembah podnebja, ki je ostal neuresničen, je bil konkretizirati kjotski protokol na spornih področjih do take mere, da bi ga najpomembnejše pogodbenice tudi ratificirale.

Z Mednarodnim forumom za spremembe podnebja (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC), ki je naddržavno združenje ZN približno 2500 znanstvenikov, ki jim pomaga še drugih 3000 znanstvenikov, je podnebna konvencija dobila svoje lastno znanstveno združenje, ki stalno analizira in ocenjuje obstoječe stanje emisij toplogrednih plinov

Ugotovitvam znanstvenih svetovalcev IPCC v okviru OZN, ki v svojem Tretjem poročilu o stanju emisij toplogrednih plinov napovedujejo porast temperature do 6 C° v naslednjih stotih letih in kot verjetno označujejo domnevo, da je večina segrevanja v zadnjih desetletjih posledica človeških dejavnosti, nasprotuje manjše število tako imenovanih "strokovnjakov za podnebje", ki jih je angažirala naftna in premogovna industrija in so na čelu različnih organizacij - ena od njih je npr. "Global Climate Coalition". V strokovnih krogih te "strokovnjake" imenujejo kar podnebne skeptike (climate sceptics) ali toplogredne skeptike (greenhouse sceptics)¹².

Ameriški novinar Ross Gelbspan je dve leti raziskoval dogajanje v naftni in premogovni industriji in dejavnosti podnebnih skeptikov, ki jih financira ta industrija¹³. Gelbspan ugotavlja naslednje: "V zadnjih šestih letih sta premogovna in naftna industrijska branža porabili milijone za propagandno kampanjo, s katero naj bi zmanjšali pomen podnebne katastrofe, ki grozi našemu planetu. Precejšnje zneske sta namenili za medijske nastope peščice znanstvenikov, ki naj bi vplivali na javnost in ki zastopajo popolnoma drugačno stališče glede podnebne problematike, za "strokovnjake", katerih sponzorirana publiciteta in umetno ustvarjena verodostojnost nista v nobenem razmerju z njihovim ugledom, ki ga uživajo med raziskovalci. Razlogi za težavno uveljavljanje mednarodne podnebne politike so različni: v ospredju so različni interesi pogodbenic. Ko govorimo o podnebni politiki, govorimo o osrednjih državnih interesih, kot so oskrba z energijo, rast, inovacije, mobilnost, individualna poraba.

To se zelo očitno odraža v burnih nasprotovanjih, ki vladajo med evropskimi državami, ki so pripravljeni na izvajanje strožje podnebne politike, in tako imenovano skupino Umbrella, v katero sodijo ZDA, Kanada,

¹² Spletna stran Greenpeace Avstrija

¹³ Ross Gelbspan: The Heat is on

Japonska, Avstralija in še nekatere druge države izvoznice nafte. Tretja interesna koalicija pa so države v razvoju, ki zahtevajo upoštevanje obljub, sprejetih leta 1992, npr. transfer podnebju prijaznih tehnologij ter finančna in tehnološka pomoč pri prilagajanju na spremembe podnebja¹⁴.

Ker konsenza znanstvenikov o pojavu učinka tople grede ni, se povečuje negotovost med politiki. Nasprotno pa tudi nosilci odločanja nimajo izdelane metodologije za primere, ko imajo opravka z negotovostjo znanstvenikov: način mišljenja v modelih, opcijah in verjetnostih.

Za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov je lahko recimo odločilnega pomena, kakšen je izračun tako imenovanih ponorov CO₂, kot so gozdne in njivske površine, ki iz ozračja nase vežejo toplogredne pline. Bilanca toplogrednih plinov posamezne države se lahko zaradi tega spremeni vse do dvajset odstotkov, kar je večkratnik kjotskih ciljev zmanjšanja emisij. Konec koncev gre za vprašanje, koliko pogodbenice investirajo v zmanjševanje toplogrednih plinov in v kolikšni meri morajo njihovi prebivalci spremeniti svoj potrošniški način življenja¹⁴.

Ostro kritiko Združenih narodov je izzval predsednik Bush, ki želi energetske oskrbo v ZDA namesto z uveljavitvijo varčevalnih energetskih programov in večje rabe obnovljivih virov energije zagotoviti z izgradnjo številnih elektrarn na fosilna goriva, kot so premog, plin, nafta, oziroma jedrskih elektrarn. Ker je Bush na podlagi stališč znanstvenikov, ki jih je angažiral sam, postavil pod vprašaj podnebne spremembe in njihove vplive, so aprila 2001 Združene države sporočile, da ne podpirajo več dogovorov glede varstva podnebja, ki so bili sprejeti v okviru Kjotskega protokola. V zvezi s tem je treba omeniti, da so Bushevo volilno kampanjo večinoma financirala – vsaka po 25,5 % - naftna in plinska industrija ter bančna podjetja in podjetja za izdajo kreditnih kartic, poleg tega pa tudi farmacevtska in tobačna industrija ter rudarska in letalska podjetja.

Vendar pa sedaj tudi raziskava ameriške Akademije znanosti, ki je izšla pred kratkim in je nastala po naročilu Busheve vlade (!), govori o tem, da moramo v naslednjih sto letih pričakovati porast temperature za 1,5 do 5 °C: Bush tako sedaj vsaj ne dvomi več o znanstveno podkrepljeni podlagi razprave.

Rešitev na vidiku?

V dilemi okrog podnebja dajejo upanje komunalna energetska politika, večja uporaba obnovljivih virov energije in spodbujanje trajnostnega načina življenja in gospodarjenja. V zvezi s tem je v zvezni deželi Severno Porenje – Vestfalija wuppertalski inštitut začel izvajati doslej edinstveni projekt deželne iniciative za energije prihodnosti, ki vključuje deset šol. Na eni od šol bodo najprej poskusno postavili 40-kilovatni fotovoltaični solarni sistem ter investirali v varčevanje z električno energijo. Pri projektu lahko sodelujejo zasebni investitorji in imajo tako dobiček od donosa, varstvo podnebja pa lahko postane tudi gospodarsko privlačna naložba kapitala.

Obstajajo tudi zasnove celovite presoje, kot je recimo "*integrated assessment*": v projektu CLEAR, ki je potekal pod vodstvom Švicarskega nacionalnega sklada, so raziskovali podnebne spremembe v alpski regiji. Znanstvene rezultate so izvajalci ponazorili v lahko doumljivih in med seboj povezanih modelih (clear.eawag.ch/clear/index.html), s čimer so izoblikovali razumljive osnove odločanja za področje podnebne politike. Ker radikalne omejitve in zahteve po spremenjenem načinu življenja niso samo stvar politikov, temveč družbe na splošno, so bili rezultati projekta CLEAR predstavljeni tudi širši javnosti, saj je tako mogoče preveriti, kako pri teh vprašanjih poteka dialog s prebivalci in kako prebivalci sprejemajo predlagane opcije. Integrated Assessment omogoča oceno negotovega znanja in presojo učinkov alternativnega delovanja¹⁴.

¹⁴ Stephan Kux: Chancen und Risiken im Klimapoker

Izziv za podnebno modeliranje bo v prihodnje še v večji meri v zagotavljanju zanesljivejše presoje razvoja podnebja ne samo v globalnem smislu, ampak tudi v posameznih regijah. Razen tega je potrebno poleg povprečnih podnebnih razmer oceniti tudi pogostost redkih vremenskih dogodkov, kot so suše, poplave in druga neurja, ter raziskati možne posledice za naše okolje, gospodarstvo, vodne vire in družbo.

Viri in literatura

1. Stefan Bader, Pierre Kunz: Klimarisiken - Herausforderung für die Schweiz, Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998.
2. Stefan Flückiger, Peter Rieder: Klimaänderung und Landwirtschaft, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1997.
3. Stefan Flückiger, Peter Rieder, Peter Burri, Thomas Schmid: Klimaänderung und Naturkatastrophen im Berggebiet, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1997.
4. Bruno Abegg: Klimaänderung und Tourismus, Schlussbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1996.
5. CIPRA-International (izd.): 2. poročilo o Alpah, 2001.
6. CIPRA-International (izd.): Mögliche ökologische Auswirkungen von Klimaveränderungen in den Alpen. Kleine Schriften 8/91.
7. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schweiz (Hrsg.): Klima in Gefahr - Fakten und Perspektiven zum Treibhauseffekt, Bern, 1997.
8. Peter Schütt: Bergwald und Klimaänderung, v: Schöne neue Alpen (Hrsg. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag von Wittern KG und Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., München, 1998, str. 142.
9. Helmut Klein: Die Alpen im Klimastreß, in: Schöne neue Alpen (Hrsg. Sylvia Hamberger, Oswald Baumeister, Rudi Erlacher, Wolfgang Zängl), Raben Verlag von Wittern KG und Gesellschaft für ökologische Forschung e.V., München, 1998, str. 143.
10. Michael Gottfried, Harald Pauli, Georg Grabherr: Die Alpen im "Treibhaus": Nachweise für das erwärmungsbedingte Höhersteigen der alpinen und nivalen Vegetation, Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, München, 59 (1994): 13-27.
11. Stephan Kux: Chancen und Risiken im Klimapoker, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, Januar 2001, str. 6.
12. Christoph Schär, Martin Wild: Modelle in der Klimadebatte, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, Januar 2001, str. 18.
13. Christoph Frei: Extremniederschläge im Wandel?, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, Januar 2001, str. 30.
14. Harald Bugmann: Fiebertemperaturen am Gebirgswald, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, Januar 2001, str. 34.
15. Gian-Reto Walther: Palmen in der Schweiz - ein Indiz?, Bulletin (Magazin der ETH Zürich), št. 280, Januar 2001, str. 38.
16. Martin Läubli: Klimazank: Jungwald bringt wenig, Tagesanzeiger (7.6.2001)
17. Christian Plüss, Urs Neu: Ändert das Klima?, v: Die Alpen (Hrsg. Schweizer Alpen-Club), 5/2001, str. 46.
18. Climate facts: http://clear.eawag.ch/menu_d.html
19. <http://www.proclim.ch/ClimateFacts.html>
20. Science News: <http://news.swiss-science.ch/news/newsarchive.jsp>
21. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/auswirkungen>
22. <http://www.greenpeace.at/umweltwissen/klima/klimawandel/skeptiker>