

## TLA - UGROŽENI DIO ČOVJEKOVA OKOLIŠA

### BÖDEN - BEDROHTE TEILE DER MENSCHLICHEN UMWELT

Z. Gračanin

#### UVOD

Tla pripadaju prijeko potrebnim osnovicama čovjekova života na zemlji već i kao nositelji praktički cjelokupne poljoprivredne i šumske proizvodnje. No pored toga, tla sama usput vrše još cio niz daljnjih važnih funkcija. Tako se npr. u tlo već tisućljećima zakapaju najrazličitiji otpaci, lešine i strvine, sve u nadi da će tlo sa svim tim već nekako izaći na kraj i da će naš okoliš ostati čist, tj. da nikakvi neugodni mirisi neće dospjeti u zrak te da nikakvi štetni sastojci otpada i njegove razgradnje, kao ni uzročnici bolesti neće dospjeti na površinu tla, u našu hranu i u pitku vodu. Od tala se također očekuje među ostalim:

- da budu siguran filter za gnojiva, herbicide, insekticide i fungicide, tako da ni te tvari ne dospiju u donju vodu i ne opterećuju našu vodu za piće;
- da zadrže, vežu i po mogućnosti razgrade štetne tvari koje s mokrom (s oborinama) ili suhom depozicijom (kao prašina ili aerosol) dospijevaju na tlo ili u tlo;
- da omoguće ekološko kruženje biogenih elemenata;
- da u okviru zaštite prirode omoguće nesmetani razvitak i trajni opstanak određenih biljnih vrsta i biljnih zajednica i
- da budu siguran temelj za gradnju kuća, cesta itd.

S obzirom na važnost koju tla kao ograničena, nenadomjestiva i neumnoživa osnova života imaju za čovjeka, moglo bi se pretpostaviti da čovječanstvo s njima brižno postupa i da ih štiti od razaranja i ugrožavanja njihovih mnogostranih funkcija, no to je samo djelomično tako! Globalno gledano sam opstanak i funkcije tala nisu nikada bili tako ugroženi kao danas! Površine oštećenih i razorenih tala bivaju iz dana u dan sve veće.

Naglo povećavanje broja stanovnika zemlje i promijenjen način života doveli su zadnjih decenija ne samo do stalno rastućih potreba za obradivim površinama tla, nego i do znatno povećanih zahtjeva za tlom u svrhu mnogih konkurirajućih

namjena. Gubici površina produktivnih tala u korist naselja, prometnica, aerodroma, industrijskih postrojenja, vojnih poligona, rudarstva, kamenoloma, ekstrakcije gline za ciglane i keramičnu industriju te šljunka i pijeska za građevinarstvo, kao i deponija za gradski i industrijski otpad i mulj iz depuratora gradskih i industrijskih otpadnih voda, dostigli su zabrinjavajuće razmjere.

Ugrožena su također i tla koja se i nadalje koriste u poljoprivredne i šumarske svrhe, a mnoga su i oštećena procesima koji su pokrenuti raznim čovjekovim aktivnostima, napose: 1) erozijom tla, 2) antropogenim aktiviranjem klizišta, 3) spuštanjem tla, 4) pokrivanjem tla zagađenim sedimentima koji se vade iz riječnih korita i luka u svrhu održavanja ili poboljšanja plovnosti i 5) acidifikacijom tla. Ovim procesima ćemo se nešto pobliže pozabaviti.

Raspoloživi prostor ne dozvoljava da pobliže razmotrimo daljnje procese koji također mogu ugroziti tla i njihove funkcije, kao što su unošenje prevelikih količina lako topljivih (na pr. nitrati i atrazin) ili previše persistentnih agrokemikalija, prevelike količine gnojiva iz masovnih uzgoja stoke, mulj iz depuratora i komposti od otpada sa štetnim anorganskim i organskim sastojcima, imisije teških metala, radioaktivnih i štetnih organskih tvari, zaslanjivanje tla primjenom neprikladnih metoda ili voda za navodnjavanje, eutrofiranje po prirodi siromašnih tala na kojima iz razloga zaštite prirode želimo održati vrištine ili ombrogene cretove itd.

## 1. EROZIJA TLA

Uklanjanje vegetacijskog pokrova radi dobivanja obradivih površina, izložilo je tla već u mlađe kameno doba opasnosti od erozije. U tijeku tisućljeća erozija tla nanijela je znatne štete i tlima Hrvatske (Z. Gračanin 1962) i svijeta (D. Zachar 1982). Osobito na tlima koja su se razvila na geološki mladim, još nedovoljno učvršćenim sedimentima, kao što je pleistocenski prapor ili pak tercijerne gline mediteranskih područja, nastali su često ekstremni oblici jaružne erozije (sl. 1).

Mnogostruki su bili i pokušaji obrane od erozije. Tako se već tisućljećima diljem Mediterana primjenjuje terasiranje obronaka. U vinogradima Kaiserstuhla (Baden-Württemberg), a i u nekim drugim vinogradarskim područjima Njemačke, tlo se na obroncima pokriva zimi slamom ili zaštitnim kulturama (Z. Gračanin 1973), a kraj blagih zima može tlo dobro pokriti i spontani biljni pokrov u kojem dominira *Stellaria media* (L.) Vill.. Utvrđeni, većinom asfaltirani putovi do u zadnji vinograd, kao i dijelom nadzemna, dijelom podzemna kanalizacijska mreža za odvod viška oborinske vode, izgrađene su zadnjih decenija ne samo u Kaiserstuhlu, nego i u gotovo svim ostalim njemačkim vinogradarskim područjima. Ipak apsolutne sigurnosti od erozije tla nema: za vrijeme ekstremno intenzivnih oborina,

Slika 1 Duboka jaružna erozija (tal. calanchi) u glinama pliocena do calabriana kod talijanskog grada Atri (prov. Teramo, Abruzzi).

Abb. 1 Tiefe Grabenerosion (ital. calanchi) in den Tonen des Pliozäns bis Calabriano bei der italienischen Stadt Atri (Provinz Teramo, Abruzzen).  
Foto: Z. Gračanin.



kakve nastupaju jednom u mnogo godina, mogu i u tako osiguranim područjima nastati štete, napose onda kada se pokaže da odvodni kanali nisu bili dovoljno dimenzionirani ili da su zatrpani sedimentima. Sedimentacijska korita (njem. Rückhaltebecken) u donjem dijelu kanalizacijske mreže morala bi omogućiti zadržavanje bar dijela otplavljenog tla, tako da korita rijeka i potoka budu zaštićena od prejake sedimentacije, a da se po mogućnosti barem dio otplavljenog tla vrati u vinograde.

Iako je opasnost od erozije tla vodom i vjetrom već odavno uočena, ona u svjetskim razmjerima ne samo da nije izgubila na značenju nego je upravo u ovom stoljeću prouzročila ogromne štete. Širenje ratarstva u stepska i polustepska područja s nedovoljno oborina dovelo je osobito u ekstremno sušnim godinama do intenzivne erozije vjetrom, npr. u zapadnim dijelovima USA (H. H. Bennett 1939, D. Pimentel

et al. 1976, s. 150) i u Kazachstanu u srednjoj Aziji.

U vlažnim područjima tropa i subtropa Južne Amerike, Afrike i Azije ne samo demografski pritisak lokalnog stanovništva, nego i poslovi inozemnih poduzeća doveli su na ogromnim površinama do potiskivanja tropskih prašuma i brdskih šuma i širenja ratarstva i pašne. To je uz tamošnji veliki intenzitet oborina dovelo do oštećivanja i razaranja tla linearnom erozijom na velikim površinama.

No i u starim poljoprivrednim područjima zapadne Europe intenziviranje poljoprivrede dovelo je često kod odgovarajućih nagiba do povećane erozije. Tako je npr. u Sundgau (Elsase, Francuska) povećavanje parcela i pretvaranje starih voćnjaka s travom ispod voćaka u oranice pod kukuruzom toliko pojačalo eroziju da otplavljeno tlo dospijeva u podrume i garaže kao i na prometne površine.

Razaranja tala erozijom ne događa se samo u vezi s dobivanjem novih obradivih i pašnjačkih površina, nego može biti i posljedica i preoblikovanja planinskih terena u svrhu dobivanja skijaških staza. Saniranje i osiguranje takvih terena protiv erozije iziskuje, napose iznad granice šume, opsežne i skupe radove.

## 2. ANTROPOGENI DOPRINOS AKTIVIRANJU KLIZIŠTA

Nastanak klizišta primarno je vezan za određene geološke i geomorfološke prilike, tj. za obronke s rastresitim ili, barem na osnovu pukotina, za vodu propusnim materijalom iznad nepropusnog sloja (npr. lapora ili gline), na kojem se kod jakih i dugotrajnih oborina ili dotoka vode sa strane može nakupiti toliko vode, da od glinastog materijala nastane mazivi sloj po kojem cijela masa tla i sedimenta iznad toga sloja pod utjecajem gravitacije počne klizati nizbrdo. Ipak, i čovjek može znatno utjecati na aktiviranje klizišta. Usjeci cesta, dovodenje dodatne vode na obronak (npr. s novosagrađene ceste!) ili opterećivanje tla teškim zgradama mogu na labilnoj podlozi znatno povećati opasnost od aktiviranja klizišta.

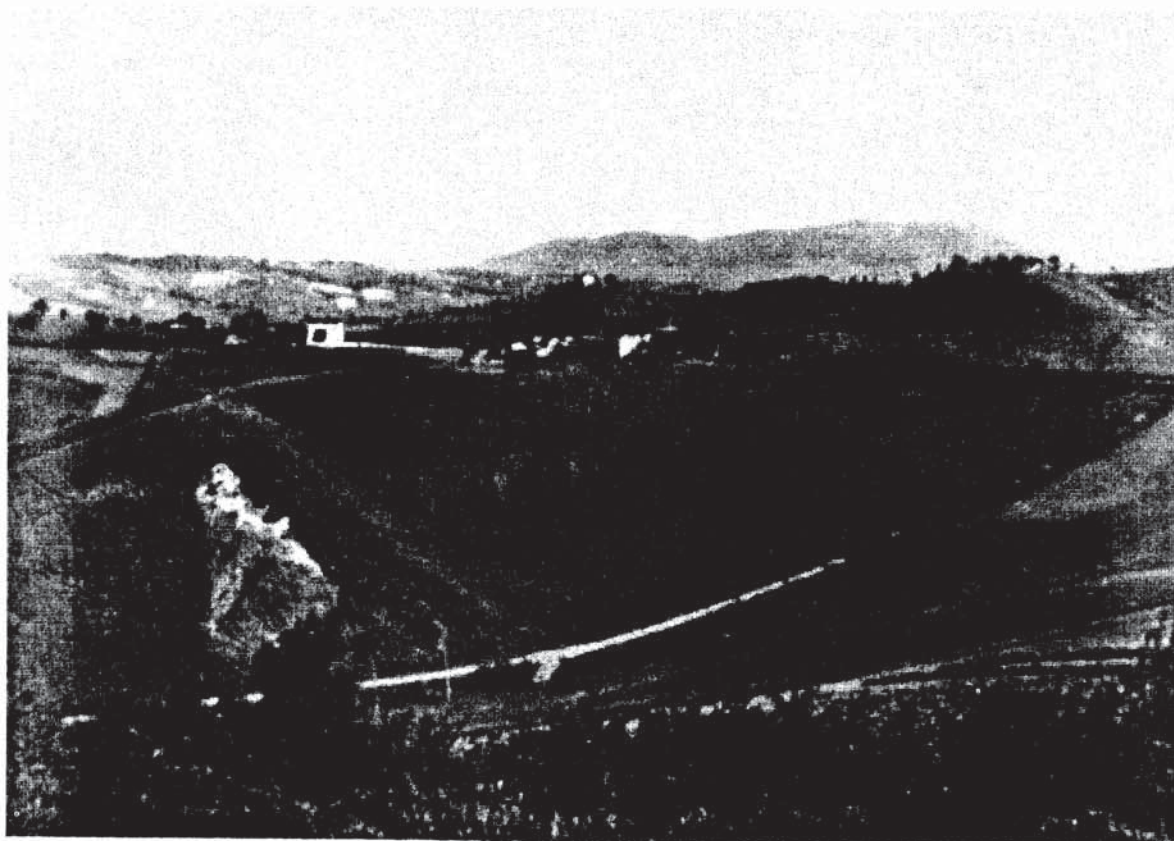
Dok je na osnovi geološke, geomorfološke i hidrološke situacije, a ponekad i vegetacijskog pokrova, u većini slučajeva moguće unaprijed utvrditi potencijalna klizišta, mnogo je teže predvidjeti točno vrijeme kada će se ona pokrenuti.

Odronjavanje je uvijek vezano uz obilne i dugotrajne kiše, naglo kopnjenje velikih količina snijega te prekomjerno navlažavanje tla, no iznenadni odroni mogu biti izazvani i potresom.

Na tercijernim brežuljcima Italije često se na kraju zime mogu zapaziti odroni u poljima ozime pšenice koji su nastali u tijeku jesenskih i zimskih kiša (sl. 2).

Prometni znak "oprez odron!" (sl. 3) spada među one znakove koji se najčešće susreću na cestama kroz te brežuljke. Izgrađeni dobrim dijelom od još neučvršćenih

Slika 2 Odron u ozimoj pšenici kod sela Maiatico, prov. Parma, Italija.  
Abb. 2 Erdrutsch im Wintergetreide bei Maiatico, Prov. Parma, Italien.  
Foto: Z. Gračanin.



pliocenskih glina (često bogatih siltom, tj. česticama 0,002-0,063 mm), koje su u najmlađem odsjeku tercijera sedimentirane na dnu mora i u tijeku pleistocena dignute tektonskim procesima i do 400 m iznad mora, ti su brežuljci jako izloženi kako eroziji tako i odronima. Spomenuti znak "oprez odron!" ljeti za sušnih perioda ne znači neku posebnu opasnost, no nakon obilnih kiša on može značiti da se na cesti u najmanju ruku mora računati s odronjenom zemljom, da su se i sama cesta ili njen dio počeli spuštati nizbrdo, ali i opasnost da vozila na cesti budu zatrpana odronjenim materijalom. Jači odroni mogu dakako i potpuno prekinuti cestu.

Veliki odroni ne ugrožavaju samo produktivna tla, usjeve i šume, nego i naselja, prometnice i ljudske živote, i to kako na obronku s kojega odron polazi, tako i na podnožju brda, gdje se odronjene mase akumuliraju.

Iako šuma povoljno utječe na vodni režim, ni ona ne može spriječiti odrone, ako se klizna površina nalazi ispod sloja proraslog korijenjem. Nakon ekstremnih

Slika 3 "Oprez odron!" - jedan od najčešćih prometnih znakova u talijanskim brežuljcima. Peglio, prov. Pesaro-Urbino.

Abb. 3 "Vorsicht Erdrutsch!" gehört zu den häufigsten Verkehrszeichen im italienischen Hügelland. Bei Peglio, Prov. Pesaro-Urbino.  
Foto: Z. Gračanin.



oborina mogu u takvom slučaju odronjene mase povući sa sobom nizbrdo i šumu sa stoljetnim stablima. Primjer: veliki odron od 12. 4. 1983. kod Mössingena, Schwäbische Alb, gdje je bilo uništeno 45 ha šume (E. Bibus 1986). Posebno težak problem su klizišta u području naselja. Tako npr. samo na području talijanskog grada Ancone P. Colosimo (1982) navodi 38 klizišta. Malo iza objavljivanja te knjige (listopad 1982) klizanje klizišta Barducci zahvatilo je kako državnu cestu broj 16, tako i željezničku prugu i oštetilo ili uništilo cio niz zgrada. Zahvaljujući sporom kretanju ovog odrona, nije bilo ljudskih žrtava; stanovnici su uspjeli pravodobno pobjeći iz svojih kuća, prije nego što su se srušile, ali je cca 4000 osoba ostalo bez krova nad glavom (L. Gambi et al. 1983, str. 3). Nastale štete su posljedica pogrešaka u prostornom planiranju i radu građevinskih ureda. Od 1919. iz Segreovih, a i kasnijih istraživanja drugih autora bilo je naime poznato da je ovo područje laporastih pliocenskih glina ugroženo klizanjem i da tu uvijek iznova dolazi do odrona (P. Colosimo 1982). Upravo su građevinska djelatnost i zgrade

sa svojom težinom bitno pridonijele aktiviranju klizišta. Nije sigurno bi li bolje odvođenje oborinske vode i šumski pokrov mogli sasma spriječiti klizanje nakon ekstremnih oborina, ali bi štete bile nesumnjivo manje da se tu nije gradilo.

U Italiji, koja je od svih zemalja Europe po svoj prilici najjače pogođena odronima (cca 3000 godišnje!), utvrđeno je 1963. da odroni ugrožavaju 1094 naselja (P. Migliorini 1981).

U Alpama odronjavanju pogoduju osobito slojevi fliša, kao i rabeljskih, kössen-skih, bündnerskih i krednih škriljavaca. Pored toga, glacijalna su doba ostavila goleme količine neučvršćenog materijala na strmim obroncima, pa su, osim Italije, i druge alpske zemlje kao Austrija, Njemačka i Švicarska ugrožene odronima, osobito tamo gdje se taj materijal nalazi iznad masivnih strmo nagnutih stijena, laporastih, škriljastih ili glinastih slojeva ili gdje se na osnovu većeg sadržaja silta i gline u tom neučvršćenom materijalu stvaraju klizne površine (W. Laatsch i W. Grottenthaler 1973, A. Desio 1985).

Više ili manje duboke pukotine i rasjedi u tlu, kao i napukle i oštećene zgrade, putovi i ceste, jasna su upozorenja na nestabilnost obronka, no samo postavljanje niza kolčića (mjernih točaka) na labilnom obronku i točno mjerenje njihova položaja u redovnim razmacima može dati sigurnu informaciju o pomicanju tla. Ubrzano pomicanje upozorava da se odron može naglo sručiti. Klizanje velikih masa nije doduše moguće spriječiti, ali je moguće evakuirati ugroženo pučanstvo i tako smanjiti štete i ljudske žrtve.

Samo zahvaljujući sretnom slučaju što su geolozi prigodom tada izvođenih terenskih istraživanja opazili da se na brdu Monte Coppetto otvaraju i naglo povećavaju pukotine i rasjedi, uspjelo je tri dana prije odrona brijega evakuirati većinu stanovnika sela Morignona, Sant'Antonia Morignona i Aquilona u dolini rijeke Adde (tal. Valtelina, njem. Veltlin). Na ta naselja sručilo se 28. srpnja 1987. godine 50 milijuna m<sup>3</sup> detritusa koji je pokrio dolinu Adde na dužini od 3,5 km i u debljini od mjestimice preko 100 m (E. Laush, G. Mangold 1988, s. 129). Ipak, smrtno je stradalo 28 osoba, koje očito nisu vjerovale u neposrednu opasnost i opseg nesreće koja se spremala. Odronjene mase zapriječile su protok rijeke Adde pa je od njenih voda nastalo jezero čiji je vodostaj naglo rastao. Nije bilo sigurno hoće li odronjeni detritus izdržati pritisak vode, pa je postojala opasnost da vodni val, koji bi nastao kod naglog pražnjenja jezera, uništi nizvodna naselja. Zbog toga je bilo evakuirano još 28 000 ljudi. Tek nakon opreznog otvaranja puta vodi i ispumpavanja jezera kroz jedan (u prvi mah zaboravljeni!) podzemni tunel elektroprivrede, mogli su se stanovnici tih nizvodnih naselja vratiti svojim kućama. Još dvije godine nakon odrona mogao sam se uvjeriti kako su radovi na izgradnji i osiguranju novog korita Adde još u tijeku. Usprkos odobrenim kreditima,

ponovna izgradnja zatrpanih sela ni nakon pet godina još nije bila započela (Corriere della Serra od 28. 7. 1992, s. 36).

### 3. SPUŠTANJE TLA PROUZROČENO DJELOVANJEM ČOVJEKA

Znatan problem u mnogim zemljama predstavlja spuštanje površine tla zbog urušavanja podzemnih šupljina nastalih u rudnicima vađenjem kamenog ugljena ili rudače, vodenom ekstrakcijom soli, kao i dobivanjem nafte, zemnog plina, pa i same donje vode za piće. I melioracija hidromorfnih i cretnih tala može također dovesti do znatnog spuštanja površine tla. Samo u USA pogođeno je time 40 000 km<sup>2</sup> (T. L. Holzer 1984, A. I. Johnson, L. Carbognin, L. Ubertini 1984).

Među područjima, koja su u Europi jako pogođena spuštanjem tla, treba istaknuti Ruhrsku oblast s njenim rudnicima kamenog ugljena. Urušavanje šupljina iz kojih je izvađen ugljen dovelo je, i još uvijek dovodi, na površini tla na mnogo mjesta do tvorbe uleknuća. Posljedice toga jesu:

- nakrivljivanje kuća, kosi podovi, deformacija vrata i prozora, pucanje zidova, osobito u zgradama na rubu uleknuća i, konačno, potpuna neupotrebljivost za stanovanje;
- štete na cestama, mostovima, željezničkim prugama, podzemnim vodovima svake vrste;
- spuštanje tla u trajno mokar nivo donje vode i time do odumiranja šumskih sastojina, nakon čega dolazi do razvitka velikih šaševa ili čak jezera;
- posvemašnje poremećenje hidrografske mreže.

U nizinskom području od Dortmunda preko Castrop-Rauxela, Herne, Bochuma, Essena, Bottropa do Oberhausena, koje odvodnjava rijeka Emscher u Rajnu, slijeganjem tla prekinuti su tokovi mnogih potoka, tako da im je tek znatnim produbljivanjem korita ili izgradnjom novih korita, koja zaobilaze uleknuća, omogućeno otjecanje prema rijeci Emscher. Ipak, kraj svih tih mjera 38,6% površine slijevnog područja rijeke Emscher izgubilo je mogućnost otjecanja površinskih voda prirodnim padom. To znači da bi se 38,6% ovoga područja našlo pod vodom u nekim dijelovima grada Bottropa, npr. do 6 m dubokom, kada ga 96 pumpnih stanica ne bi odvodnjavalo. Troškovi za pogon i održavanje tih pumpnih stanica dosegli su već 1986. godine 34,2 i 1987. godine 39,5 milijuna DEM (Emschergenossenschaft 1986, str. 13).

Kako su naslage ugljena u slijevnom području rijeke Emscher bivale iscrpljene, rudarstvo se postupno pomicalo prema sjeveru u slijevno područje rijeke Lippe gdje je, zbog tako uzrokovanog spuštanja tla, izgrađeno već 40 pumpnih stanica za odvodnjavanje čiji su godišnji troškovi do 1986. narasli na 11,5 i 1987. na 12,6



milijuna DEM (Lippeverband 1986, s 13).

Budući da je spuštanje tla posljedica rada ugljenokopa, njihovi bi vlasnici morali u principu snositi troškove pumpnih stanica. To je međutim samo teoretski tako, jer ti izdaci samo povećavaju troškove proizvodnje ugljena koji su, u usporedbi s drugim zemljama i sa svjetskim tržištem ugljena, puno previsoki; upotreba kamenog ugljena iz Ruhrske oblasti moguća je u termoelektranama samo zahvaljujući doprinosu koji plaća svaki potrošač električne energije (trenutno 6,8% od računa) i u industriji čelika zahvaljujući subvencijama države (tj. novcu poreznih obveznika!).

Opseg spuštanja tla mogao se možda nešto smanjiti da je pod zemlju vraćena sva ona jalovina koja danas u obliku čitavih brda pokriva velike površine tala Ruhrske oblasti, no to je zbog troškova, a dijelom i iz tehničkih razloga provedeno samo u manjoj mjeri.

Usprkos svim nastojanjima za reguliranje protoka vode, nastale su u predjelima najjačeg spuštanja tla (a ponegdje i zbog nepravodobnog odvodnjavanja!) vlažne livade i jezera koja su u međuvremenu prihvaćena kao sekundarni vlažni biotopi. Dio tih površina stavljen je čak pod zaštitu prirode.

Nakon završetka kopanja ugljena s vremenom će prestati urušavanja i spuštanje tla, pa time i štete na zgradama, prometnicama i vodovima. Potreba za umjetnim odvodnjavanjem, a time i potrošak velikih količina električne energije za pogon crpki, ostat će trajno opterećenje budućih generacija koje budu živjele na ovom prostoru.

### **3.1 Spuštanje tla u području Venecijanske lagune**

Nakon ekstremno visoke vode ("acqua alta") od 194 cm iznad srednje razine mora, koja je 4. studenog 1966. u Veneciji i njejoj laguni prouzročila velike poplave u naseljima i goleme štete, intenzivirala su se istraživanja i vodile su se duge rasprave o tome koji su uzroci povećanim vodostajima i što bi trebalo učiniti za zaštitu Venecije i njene lagune (P. Caloi 1973, A. Ghetti, M. Batisse 1983, L. Carbognin, P. Gatto, F. Marabini 1984 itd.).

Među faktore koji pogoduju nastanku visokih vodostaja u Venecijanskoj laguni treba u prvome redu ubrojiti:

- produbljivanje ulaza iz Jadrana u lagunu; osobito je Porto di Malamocco kao ulaz za tankere produbljen i od njega je prema rafinerijama u Porto Margheri izdubljen Canale dei Petroli, što omogućava brže i obilnije strujanje vode u lagunu i kod normalne plime, ali i onda kada olujni vjetar tjera vodu u lagunu;
- općenito povišavanje razine mora,

- spuštanje tla. U području nekonsolidiranih naplavina rijeka i treseta, na kojima je izgrađena Venecija, to je doduše normalan proces, no on je znatno pojačan crpljenjem vode iz slatkovodnih slojeva ispod lagune. Budući da je Venecija izgrađena samo neznatno iznad razine mora, svaki centimetar spuštanja tla znači povećanu opasnost od visokih voda u laguni: visoka voda od 70-100 cm poplavljuje samo centralni dio Venecije oko Piazza San Marco, kod plime od 110 cm poplavljuje 15% grada, kod 120 cm 33%, a kod 130 cm 62% (A. Ghetti, M. Batisse 1983, S.9). Posljedica nejednoličnog spuštanja tla je i kosi toranj u Buranu (sl. 4).

Slika 4 Kosi toranj u Buranu (Venecijanska laguna) - posljedica nejednakog spuštanja tla.

Abb. 4 Der schiefe Turm von Burano (Venezianische Lagune) - eine Folge der ungleichmäßigen Bodensenkung. Foto: Z. Gračanin



Da bi se spriječilo daljnje ubrzano spuštanje tla, obustavljeno je crpljenje pitke vode u području lagune i izgrađen vodovod koji opskrbljuje Veneciju pitkom vodom s kopna. Problem visokih voda u laguni nije time riješen, jer još danas manjkaju uređaji koji bi zapriječili dotok vode u lagunu za vrijeme ekstremnih vodostaja.

#### 4. ONEČIŠĆENI NANOS RIJEKA KAO OPASNOST ZA TLA NIZINSKIH PODRUČJA

Naplavine rijeka dugo su vremena bile osnovica na kojoj su se u ravninama razvijala plodna tla. Otpadne vode naselja, industrije i rudnika, osobito u industrijskim zemljama, toliko su zagađile riječne sedimente, da oni na mnogim mjestima, napose nizvodno od ušća kanala s otpadnim vodama, sadrže znatne količine teških metala i štetnih organskih spojeva. Prigodom poplava takvi zagađeni sedimenti mogu znatno opteretiti aluvijalna tla (fluvisole).

Još je problematičnije ako se riječni sedimenti moraju jaružarom vaditi iz riječnih korita da bi se održala plovnost rijeka ili omogućio promet brodovima s dubljim gazom. Takvo održavanje potrebno je npr. kod svih luka koje su izgrađene u ušćima rijeka u Sjeverno more (Nordsee).

Nekoć su sedimenti izvađeni jaružarom iz Elbe u području Hamburga omogućivali da se podigne nadmorska visina terena na niskoj morskoj i riječnoj obali i tako dobiju vrijedne poljoprivredne površine. Nebriga za okoliš i bezobzirno zagađivanje u nekadašnjoj Istočnoj Njemačkoj učinilo je rijeku Elbu najzagađenijom od svih velikih njemačkih rijeka; pored toga i štetne tvari, napose teški metali koje je primala u području Hamburga, doveli su do toga da njene sedimente s pravom nitko više ne želi na svojim poljima (slika 5).

U području ušća rijeke Ems, koja je daleko manje zagađena nego Elbe, nalaze se dvije luke, Papenburg i Emden, radi kojih je potrebno održavati plovnost. Prije se jaružarima izvađeni materijal upotrebljavao za izgradnju poldera zapadno od Emdena. Tako su se znatne površine plitkog mora (njem: das Watt; kod plime pokriveno vodom, kod oseke ne!) pretvarale u plodna poljoprivredna tla (Larrelter i Wybelsumer Polder). Čak se i sediment iz luke Emden pumpao u vodenoj suspenziji kroz čelične cijevi na nisko ležeća polja (oko 0 m nadmorske visine), kako bi se popravio njihov vodni režim.

Drukčije tehničko rješenje primjenjuje se u novije vrijeme u "industrijskom području Rysumer Nacken" zapadno od Emdena. Tu je u plitkom moru sagrađen bazen ogromnih dimenzija u koji se kroz čelične cijevi direktno s bager-brodova pumpa godišnje 5 000 000 m<sup>3</sup> pijeska i silta izvađenog iz rijeke Ems (slika 6).

Slika 5 Protest građana hamburškog predgrađa Billwerdera protiv plana hamburške vlade da 200 ha njihovih polja prekrije s 10 m otrovnog sedimenta iz hamburške luke.

Abb. 5 Bürgerprotest im Hamburger Vorort Billwerder gegen den Plan des Hamburger Senats, 200 ha ihrer Äcker unter 10 m Giftschlamm aus dem Hamburger Hafen zu begraben. Foto: Z. Gračanin, 27. 6. 1983.

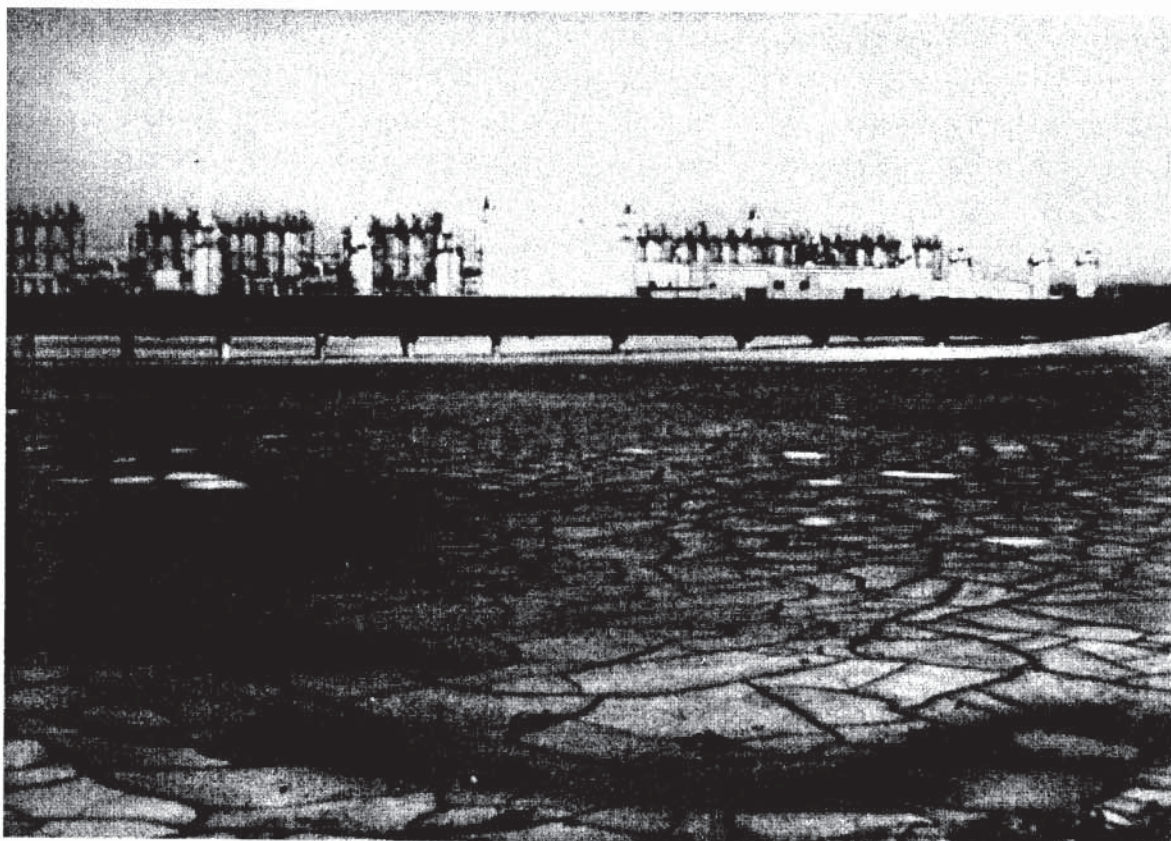


Nasipi koji okružuju taj bazen znatno nadvisuju okolinu uljučivši i poloje (njem. die Marsch) s oranicama i raznovrsnim poljoprivrednim kulturama.

Od industrije tu je (na rubu bazena!) za sada samo rafinerija za zemni plin iz Ekofisk-polja u Sjevernom moru, no namjena, kao budući prostor za industriju, omogućuje, da se problem možebitnog zagađivanja nanosa ne prosuđuje tako strogo kao pri upotrebi za poljoprivredu.

Od 15. stoljeća pa sve do prije desetak godina pokušavali su u rubnim dijelovima plitkog mora povećavati sedimentaciju i gradnjom uvijek novih nasipa otkidati komad po komad od mora i pretvarati tako podvodna tla (marine Gytija, Wattboden) u poloje s plodnim poljoprivrednim tlima (njem.: Marschböden). Ovo

- Slika 6 Rysumer Nacken zapadno od Emdena (Niedersachsen, Njemačka): sedimenti iz korita rijeke Ems s bager-broda kroz čelične cijevi naplavljeni kraj rafinerije za zemni plin iz Ekofisk-polja u Sjevernom moru.
- Abb. 6 Spülbecken Rysumer Nacken westlich von Emden (Niedersachsen, Deutschland). Baggergut aus der Ems, aufgespült durch Stahlrohre neben der Raffinerie für das Erdgas aus dem Ekofisk-Feld in der Nordsee. Foto: Z. Gračanin.



je bilo to opravdanije što se more u srednjem vijeku svojim transgresijama i visokim plimama gonjenim olujnim vjetrovima znatno proširilo na račun kopna, naselja i poljoprivrednih površina (Richter, G., Müller, M.J. 1971).

Međutim u novije vrijeme prevladalo je mišljenje kako je "Watt" ekološki toliko važan i značajan prirodni ambijent da ga treba što bolje zaštititi. Zato je gotovo čitavo plitko more pred obalom sjeverozapadne Njemačke proglašeno nacionalnim parkovima; to su: "Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer", "Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer" i najmanji "Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer". To znači da će u buduće jedva biti moguće graditi

nove nasipe za obranu od morskih valova i za dobivanje novih polja za poljoprivredne kulture; još će teže biti pronaći mjesta za odlaganje nanosa, koji budu iskopali bager-brodovi iz riječnih korita i luka.

## 5. ACIDIFIKACIJA TALA

U tlima humidnih i perhumidnih područja acidifikacija tala je doduše odavno poznati prirodni proces (M. Gračanin 1947, 1947 a, 1951), no ona je zadnjih decenija pojačana, i to u prvom redu emisijama sumpornog dioksida  $\text{SO}_2$  i dušičnih oksida ( $\text{NO}_x$ ) koji nastaju pri spaljivanju fosilnih goriva, ali također i pri nekim drugim industrijskim procesima. Oni dospijevaju u tlo u obliku sumporne ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i dušične kiseline ( $\text{HNO}_3$ ) ili njihovih soli sulfata i nitrata. Premda amonijak ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), koji u zrak dospijeva ponajviše iz masovnih uzgoja stoke, sam po sebi ima jako lužnatu reakciju i može služiti za neutralizaciju kiselina, i njemu se pripisuje indirektan udio pri zakiseljavanju tla, jer od njega nastaje nitrifikacijom  $\text{NO}_3^-$ .

Štetno djelovanje  $\text{SO}_2$  na vegetaciju poznato je već preko stotinu godina (cf. H. Wislicenus 1898). Tada je dim iz tvornica (zato njem. izraz "Rauchschäden") s većim ili manjim sadržajem  $\text{SO}_2$  oštećivao stabla u okolici tvornice, sve dok razrjeđivanjem sa zrakom koncentracija  $\text{SO}_2$  nije spala ispod kritične vrijednosti. Kako je bio poznat emitent  $\text{SO}_2$ , bilo je moguće da vlasnik šume od njega traži naknadu štete, o čemu su se vodili mnogi procesi.

Oštećenje vegetacije emisijama  $\text{SO}_2$  iz jedne tvornice u Biersdorfu kod Siegena u kojoj se je prerađivala sumporom bogata željezna rudača odlično su dokumentirali H. Van Haut i H. Stratmann (1970), kako u pogledu simptoma, tako i prostornog rasporeda oštećenja od potpunog odumiranja vegetacije do sasvim slabih kroničnih simptoma. Da su simptomi zaista uzrokovani sumpornim dioksidom, dokazali su eksperimentalno izlažući razne biljne vrste u plinskim komorama određenim koncentracijama  $\text{SO}_2$ . Kod toga su sukladno s koncentracijama i duljinom djelovanja nastale za razne vrste poljoprivrednih i šumskih kultura karakteristična oštećenja.

Dijagnoza je teža ako zagađivač nije samo jedna tvornica, nego u jednom industrijskom području postoji cio niz emitenata, tako da eventualne štete mogu biti posljedica djelovanja i različitih tvari ili i njihove kombinacije. Oštećenom je tada gotovo nemoguće ustanoviti krivca od kojeg bi mogao tražiti nadoknadu štete.

No nisu samo štete na vegetaciji, nego su i posljedice za tvorbu smoga, ljudsko zdravlje i štete na zgradama od korozije bile povod da se počelo intenzivnije mjeriti onečišćenje zraka. Danas imamo dobru sliku o emisijama glavnih onečišćenja

zraka, njihov daljinski transport, njihov eksport i import u razne industrijski razvijene zemlje Europe, a i u stvarni unos u ekosustave (LNRW 1980, s. 56-65, UBA 1993, W. Bücking, R. Steinle 1991, L. Granat, R. O. Hallberg, H. Rohde 1976, H.-P. Blume 1990).

Na početku 70-ih godina počelo se u Zapadnoj Njemačkoj govoriti o "umiranju šuma" (njem. "Waldsterben") koje se prvobitno najviše dovodilo u vezu s emisijama SO<sub>2</sub> a kasnije i s nekim drugim onečišćenjima zraka, napose NO<sub>x</sub>. Dok je tada bilo šteta oko pojedinih jakih emitenata SO<sub>2</sub>, odumiranja šuma na velikim površinama kao što su bile opisane iz zapadne Češke ili iz Deubener Heide i drugih industrijskih područja bivše Istočne Njemačke (H. Enderlein, G. Stein 1964, G. Stein, H.-G. Däßler 1968), u Zapadnoj Njemačkoj nije bilo ni u to vrijeme, a ni kasnije. To priznaju i P. Gürth i M. Köhler (1992, s. 17) koji bi izraz "Waldsterben" ipak htjeli zadržati.

Od 70-ih godina situacija se s emisijama SO<sub>2</sub> u Zapadnoj Njemačkoj znatno poboljšala. Tvornice ekstremnih zagađivača su zatvorene, kod termoelektrana su ugrađeni uređaji za uklanjanje SO<sub>2</sub> iz dima i sagrađeni su preko 100 m visoki dimnjaci kojima se doduše s niskim koncentracijama SO<sub>2</sub> zagađuju mnogo veći prostori, ali zato u bližoj okolini ne dolazi više do akutnih šteta od visokih koncentracija. Pored toga upotrebljavaju se goriva s malo sumpora. Na taj su način prema podacima UBA (1993) ukupne emisije SO<sub>2</sub> u Zap. Njemačkoj smanjene od 3,75 milijuna t/a u 1970. godini na 0,94 milijuna t/a u 1990. Od toga je na emisije iz prometa otpadalo 4,1%, a 1990. godine 2,1%. Znatno veće emisije SO<sub>2</sub> imala je Istočna Njemačka (1975: 4,10, 1987: 5,60 i 1990: 4,75 milijuna t/a), i to zbog upotrebe domaćeg smeđeg ugljena bogatog sumporom.

Kako ni nakon četvrt stoljeća jadikovanja nad sudbinom šuma one još ne izgledaju kao da im se bliži kraj, mnogi stručnjaci smatraju da izraz "Waldsterben" ne odgovara stvarnosti, pa umjesto njega radije upotrebljavaju izraz "neuartige Waldschäden" = "šumske štete novoga tipa" (cf. na pr. Scheffer/Schachtschabel 1989, UBA 1992, 1993). To bi bile štete izazvane emisijama štetnih tvari zračnim putem.

Emisije NO<sub>x</sub> nije uspjelo smanjiti, već su one u Zapadnoj Njemačkoj čak i nešto porasle, i to od 2,35 milijuna t/a u 1970. godini na 3,00 u 1986. i u 1990. još uvijek 2,60 milijuna t/a (izraženo kao NO<sub>3</sub>). Budući da najveći dio tih emisija dolazi od prometa, neki "stručnjaci" tvrde kako je za spas njemačkih šuma potrebno da se promet drastično reducira, a da bi se to postiglo, treba povećati porez tako da cijena jednog litri benzina bude 5 DEM! Ima očito političara kojima je svaka prilika dobra da duboko zagrabe u džep poreskih obveznika. To međutim nije ništa novo! Prvi "ekoporez" uveo je po svoj prilici jedan rimski car koji je oporezovao zahode i kod

toga izjavio "pecunia non olet!" (novac ne smrdi!). Nije zabilježeno da bi stari Rimljani radi toga proizvodili manje ekskremenata. Ni dosadašnja povišenja poreza na benzin nisu u Njemačkoj dovela do smanjenja prometa, nego samo do povećanja stope inflacije.

Zanimljivo je da se u javnim diskusijama redovito spominje samo djelovanje  $\text{NO}_3$  na zakiseljavanje tla, a ne i činjenica kako se zapravo radi o besplatnom gnojenju dušikom prijeko potrebnim za rast kultura. Količine dušika, koje kao posljedica  $\text{NO}_x$  emisija dopijevaju na oranice, relativno su male u usporedbi s onim koliko se u poljoprivredi gnoji organskim i mineralnim gnojivima. Eventualni doprinos  $\text{NO}_3$  zakiseljavanju, neutralizira se na oranicama vapnjenjem ili drugim gnojivima koja djeluju alkalično.

Nasuprot tome, u šumama koje su po prirodi većinom daleko od optimalne opskrbe dušikom, pogotovo ako su bile osiromašene odnošenjem listinca, zračnim putem donošena hraniva, posebno dušika, mogu poboljšati prirast. Ipak, tako unesene količine dušika nisu dovoljne da bi se postigao optimalan prirast (H. Baule, C. Fricker 1966, F. Makeschin 1991, U. Sauter 1991, U. Sauter, H. Reiter 1991). Usprkos unošenju dušika i drugih onečišćenja zraka, sastojine običnog bora u dugogodišnjim gnojidbenim pokusima bile su zdrave kako na kontrolnim parcelama, tako i na gnojnim parcelama, gdje je u tijeku od 19 godina u pet navrata bilo gnojeno s dušičnim gnojivima koja odgovaraju 500 kg čistog N/ha.

Ako se nastavi gnojenje šumskih tala onečišćenjima zraka u kojima pretežu dušik i sumpor, bit će možda potrebno dodavati i druga hraniva, kako bi se osigurala harmonična opskrba hranivima i neutraliziralo pretjerano zakiseljavanje tla.

Već se desetak godina ocjenjuje stanje njemačkih šuma prema gubitku iglica i lišća, no to nije nipošto sigurna indikacija za djelovanje zračnih onečišćenja. To može biti uzrokovano i mnogim drugim faktorima, kao što su brst raznih štetnika, napad gljivica, bakterija ili virusa, ljetnom sušom, sadnjom neprikladnih vrsta ili provenijencija na određena staništa (G. Hartmann, F. Nienhaus, H. Butin 1988). No i pri tako nesigurnoj osnovi veliki dio javnosti, mediji i dio političara ostali su u Njemačkoj pri izrazu "Waldsterben". Jedan dio naših suvremenika toliko je sklon jadikovanju, da od samih lamentacija ne može uživati u zelenilu šume niti ne primjećuje da u pretkućnicama i parkovima drveće i grmlje ne pokazuje nikakve znakove umiranja.

\*\*\*

Za sve oblike ugrožavanja tala i njihovih funkcija vrijedi pravilo: bolje je i jeftinije izbjeći oštećenja nego uklanjati štete!



## ZUSAMMENFASSUNG

Obwohl die Böden unumstritten zu den unentbehrlichen Lebensgrundlagen der Menschheit gezählt werden und neben der landwirtschaftlichen und forstlichen Produktion eine Reihe wichtiger Funktionen im Landschaftshaushalt erfüllen, sind sie heute mehr bedroht als je zuvor. Die starke Vermehrung der Einwohnerzahl der Erde und die veränderten Lebensgewohnheiten haben in den letzten Jahrzehnten nicht nur zu ständig wachsendem Bedarf an landwirtschaftlichen Nutzflächen geführt, sondern auch zu erheblich gesteigerten Forderungen nach Böden für viele andere konkurrierende Zwecke. Verluste produktiver Böden zugunsten von Siedlungen, Verkehrswegen, Flugplätzen, Industrieanlagen, Truppenübungsplätzen, von Steinbrüchen und Bergbau, von Flächen für die Gewinnung von Ton für Keramikindustrie und Ziegeleien sowie Schotter und Sand für die Bauindustrie und nicht zuletzt für Deponien für Siedlungsabfälle, Sondermüll und Klärschlamm haben besorgniserregende Ausmaße angenommen. Aber auch Böden, die weiterhin für landwirtschaftliche und forstliche Zwecke genutzt werden, sind bedroht und viele auch bereits geschädigt durch Prozesse, die im Zusammenhang mit verschiedenen Aktivitäten stehen, insbesondere durch:

1) Bodenerosion. Obwohl sie als älteste Form der Bodengefährdung viel untersucht und bekämpft wurde, führte sie in den letzten Jahren zu großen Schäden, und zwar durch die Ausweitung des Ackerbaus in Steppen- und Halbsteppengebiete mit ungenügenden Sommerniederschlägen (Winderosion) sowie tropische und subtropische Hanglagen mit extrem intensiven Niederschlägen (tiefe Grabenerosion). Extreme Niederschlagsereignisse und Vergrößerung der Schläge führen auch in alten Landbaugebieten immer wieder zu Bodenabtrag.

2) Anthropogene Aktivierung von Erdrutschen. Obwohl Erdrutsche an bestimmte geologische und geomorphologische Voraussetzungen gebunden sind, kann der Mensch durch Straßeneinschnitte, Zuführung von zusätzlichem Wasser oder auch durch Bebauung der labilen Hänge zu ihrer Auslösung wesentlich beitragen. An Beispielen aus dem tertiären Hügelland Italiens (Abb. 2 und 3), der Schwäbischen Alb und den Alpen wird ihre Bedeutung für die landwirtschaftliche und forstliche Nutzung und Siedlungen sowie Möglichkeiten und Grenzen der Vermeidung von Schäden erörtert.

3) Bodensenkungen. Durch den Einsturz von unterirdischen Hohlräumen, die durch den Abbau von Steinkohle oder Erzen, durch Salzgewinnung mittels wäßriger Lösung oder auch nur Trinkwassergewinnung aus dem Grundwasser entstanden sind, können an der Erdoberfläche Bodensenkungen mit schwerwiegenden Folgen für die Bodennutzung und den Landschaftshaushalt entstehen.

Schwer betroffen davon ist das Ruhrgebiet, wo neben Schäden an Gebäuden, Straßen, Brücken, Eisenbahnlinien, unterirdischen Leitungen und Vegetation auch noch das Gewässernetz so stark gestört wurde, daß im Einzugsgebiet der Ems von Dortmund bis Oberhausen 38,6% der Fläche keinen natürlichen Abfluß mehr haben, sondern mittels 96 Pumpwerken entwässert werden müssen. Weitere 40 Entwässerungspumpwerke mußten im nördlich anschließenden Lippegebiet gebaut werden. Neben den riesigen Bergehalden, mit denen produktive Böden zugeschüttet wurden, werden die Entwässerungspumpwerke als dauernde Erblast des Steinkohlebergbaus im Ruhrgebiet bleiben.

4) Baggergut aus Flüssen und Ästuaren, das früher zur Aufschüttung bzw. Aufspülung des Geländes und zur Gewinnung fruchtbarer Ackerböden genutzt wurde, ist durch die zunehmende Verschmutzung der Flüsse zum unerwünschten Abfall verkommen.

Beispiel: die Elbe bei Hamburg (Abb. 5). Weitere Möglichkeit der Unterbringung des Baggerguts: Spülbecken Rysumer Nacken (Abb. 6), wo jährlich 5 000 000 m<sup>3</sup> Sand und Schlick aus der Ems aufgespült werden.

5) Bodenversauerung. Zur Verstärkung der in humiden Gebieten natürlichen Bodenversauerung tragen Emissionen von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> bei, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen und in Form von H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und HNO<sub>3</sub> oder deren Salzen in den Boden gelangen. Indirekt wirken in diese Richtung auch NH<sub>4</sub> - Emissionen aus den Massentierhaltungen (nach Nitrifizierung). Die Bedeutung für die Vegetation, insbesondere für den Wald, wird kritisch erörtert und vor der maßlos übertriebenen Katastrophenmalerei gewarnt.

Der zur Verfügung stehende Raum erlaubt nicht, näher einzugehen auf weitere mögliche Beeinträchtigungen der Böden und ihrer Funktionen durch den Eintrag zu großer Mengen leicht löslicher (z.B. Nitrate und Atrazin) oder persistenter Agrochemikalien, zuviel Gülle aus den Massentierhaltungen, Klärschlamm und Müllkomposte mit anorganischen und organischen Schadstoffen, Immissionen von Schwermetallen, radioaktiven und organischen Schadstoffen, Versalzung durch ungeeignete Bewässerungsmethoden, Eutrophierung nährstoffarmer Böden, auf denen man aus Naturschutzgründen Heiden oder Hochmoorvegetation erhalten möchte, usw.

Falls nach dem heutigen Stand der Technik die Beseitigung der Bodenschäden überhaupt noch möglich ist, für alle gilt: die Vermeidung ist billiger als die Reparatur!

## LITERATURA

- Baule, H., Fricker, C.**, 1966 - Die Düngung von Waldbäumen, BLV., München, Basel, Wien.
- Bennett, H. H.**, 1939 - Soil Conservation, New York, London.
- Bibus, E.**, 1986 - Die Rutschung am Hirschkopf bei Mössingen (Schwäbische Alb). Geowissenschaftliche Rahmenbedingungen - Geoökologische Folgen. Geoökodynamik, 7, 333-360, Darmstadt.
- Blume, H. - P.** (Hrsg.), 1990 - Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed, Landsberg/Lech.
- Bücking, W., Steinle, R.**, 1991 - Untersuchungen zum Gesundheitszustand der Bäume und zum Stoffeintrag in naturnahe Waldökosysteme (Bannwälder) Baden-Württembergs. Mitt. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 160, Freiburg i Br.
- Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz (Hrsg.), 1978 - Pflanzen - Gradmesser der Umwelt, Wien.
- Caloi, P.**, 1973 - Sulle cause delle "acque alte" nel Adriatico settentrionale, con particolare riguardo alla Laguna di Venezia. Annali di Geofisica, 26, 160-237, Roma
- Cancelli, A. et al.**, 1984 - A guidebook to the city of Modena. Land subsidence and the effect on the main historical buildings. Venezia.
- Carbognin, L., Gatto, P., Marabini, F.**, 1984 - The city and the lagoon of Venice. A guidbook on the environment and land subsidence. Venezia.
- Carbognin, L., Gatto, P., Marabini, F.**, 1984 a - A guidbook of the eastern Po plain (Italy). A short illustration about environment and land subsidence. Venezia.
- Colosimo, P.**, 1982 - Saggi di geologia e geomorfologia ambientale. Edizioni Nuove Ricerche, Ancona.
- Desio, A.**, 1985 - Geologia applicata alla ingegneria. 3. izd., Hoepli, Milano
- Eggelsmann, R. F.**, 1984 - Subsidence of peatland caused by drainage, evaporation, and oxidation. Proc. Third Intern. Symposium on Land Subsidence, Venice, Italy 19-25 March 1984, 497-505.
- Emschergenossenschaft, 1986 - Jahresbericht 1986. Essen.
- Enderlein, H. Stein, G.**, 1964 - Schädigung der Kiefernwälder durch industrielle Exhalationen und sich hieraus ergebende Folgerungen für den Forstschutz und Waldbau. Sozialistische Forstwirtschaft, 14, 21-23, Berlin/Ost.
- Gambardella, F., Mercusa, G.**, 1984 - Land subsidence in the delta area river Po: damages and repairing works. Third Intern. Symposium on Land Subsistence, Venice, Italy, 19-25 March 1984, 309-320.
- Gambi, L. et al.**, 1983 - L'Italia - ambienti e regioni. 3. izd. Zanichelli, Bologna.
- Ghetti, A., Batisse, M.**, 1983 - The overall protection of Venice and its lagoon. Nature and Resources, vol. 19, no4, 7-19. Paris.
- Gračanin, M.**, 1947 - Pedologija (Tloznanstvo), 2. dio, Fiziografija tala. Poljoprivredni Nakladni Zavod, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1947 a - Kalcifikacija tala. Poljoprivredni Nakladni Zavod, Zagreb.
- Gračanin, M.**, 1951 - Pedologija, 3. dio, Sistematika tala. Školska knjiga, Zagreb.
- Gračanin, Z.**, 1962 - Verbreitung und Wirkung der Bodenerosion in Kroatien. Osteuropastudien der Hochschulen des Landes Hessen, Reihe I, Gießener Abh. 21, Kommissionsverlag Wilhelm Schmitz, Gießen.

- Gračanin, Z.**, 1973 - Bodenerosion und Bodenschutzmaßnahmen im Kaiserstuhl. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 14, 331- 344, Berlin, Hamburg.
- Granat, L., Hallberg, R.O., Rodhe, H.**, 1976 - The global sulphur cycle. In: Svenson, B.H. & Soderlund, R. (eds.), Nitrogen, Phosphorus and Sulphur - Global Cycles. SCOPE Report 7. Ecol. Bull., 22, 89-134, Stockholm.
- Gürth, P., Köhler, M.**, 1992 - Bestandesgeschichtliche Untersuchungen in geschädigten Hochlagenbeständen des Südwestschwarzwaldes. Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung 36, 17-26, Freiburg i Br.
- Hartmann, G., Nienhaus, F., Butin, H.**, 1988 - Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. Ulmer, Stuttgart.
- Holzer t. L.** (edit.), 1984 - Man - induced subsidence (=Reviews in Engineering Geol. 6). The Geol. Soc. of Amerika, Boulder, Colorado.
- Johnson, A.I., Carbognin, L., Ubertini, L.** (eds.), 1984 Land Subsidence. Proc. Third Intern. Symposium on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March 1984 (=IAHS Publ. No 151).
- Kubierna, W.L.**, 1953 - Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Madrid, Stuttgart.
- Laatsch, W., Grottenthaler, W.**, 1973 - Labilität und Sanierung der Hänge in der Alpenregion des Landkreises Miesbach. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landw. u. Forsten, München.
- Lausch, E., Mangold, G.**, - 1988. Der nächste Bergsturz kommt bestimmt. Geo, 3/1988, 126 - 146, Hamburg.
- Lippeverband, 1986 - Jahresbericht 1986, Essen.
- Lippeverband, 1987 - Jahresbericht 1987. Essen.
- LNRW (=Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Hrsg.), 1980 - Umweltschutz in Nordrhein-Westfalen.
- Makeschin, F.**, 1991 - Bodenformen und Melioration saurer, anthropogen devastierter Standorte auf Phyllit. Bayreuther Bodenkundl. Ber. 17, 223-259.
- Migliorini, P.**, 1981 - Calamità naturali. Editori Riuniti, Roma.
- Pimentel, D. et al.**, 1976 - Land degradation: effects on food and energy resources. Science, vol. 194, br. 4261, 149-155, Washington.
- Reineck, H.-E.** (Hrsg.), - Das Watt. Ablagerungs - und Lebensraum. 3. izd. Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt/M.
- Richter, G., Müller, M. J.**, 1971 - Luftbildinterpretation. Landschaftstypen und Landschaftsräume der Bundesrepublik Deutschland: Der Norden, Hagemann, Düsseldorf.
- Sauter, U.**, 1991 - Zeitliche Entwicklung des Ernährungszustandes und Zuwachses der unbehandelten Kiefern im Versuch DV 234 - Waldsassen, verglichen mit anderen Kiefernbeständen Nordbayerns. Bayerische Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt, München.
- Sauter, U., Reiter, H.**, 1991 - Kiefernkulturversuch DV 2005 Waldsassen "Wehrleite". Bayerische Forst. Versuchs- u. Forschungsanstalt, München.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P.**, 1989 - Lehrbuch der Bodenkunde. 12. izd. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Stein, G., Däßler, H. -G.**, 1968 Die forstliche Rauchschadengroßraumdiagnose in Erz- und Elbsandsteingebirge 1964/67. Wissenschaftliche Zeitschrift TU Dresden, 17, 5. 1397 - 1404.
- UBA (=Umweltbundesamt, 1992 - Jahresbericht 1992, Berlin.
- UBA (=Umweltbundesamt, 1993 - Umweltdaten - kurzgefaßt.

**Van Haut, H., Stratmann, H.**, 1970 - Farbtafelatlas über Schwefeldioxid - Wirkungen an Pflanzen. Girardet, Essen.

**Wislicenus, H.**, 1898 - Nachweis der schwefligen Säure in der Waldluft des Tharander Waldes. Tharander Forstl. Jahrbuch, 48, 173 - 184, Dresden.

**Zachar, D.**, 1982 - Soil Erosion. Elsevier, Amsterdam & Veda, Bratislava.

**Adresa autora - Author's address:**

Primljeno: 23. 12. 1992.

Prof. dr. Zlatko Gračanin

Wiesenstr. 124

D-79312 Emmendingen

Njemačka - Germany