

CUPRINS

Obiective.....	2
Rezumat.....	2
1. Introducere.....	4
2. Activitatea 1.1. Inventarul metodologiilor existente de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor.....	5
2.1. Metode de evaluare a riscului la diferite procese de degradare.....	6
2.2. Metodologii de identificare a suprafețelor de sol susceptibile la un risc.....	6
2.3. Metodă și ierarhia calității – „Straturi”.....	8
2.4. Procese de degradare agrofizică.....	13
2.4.1. Compactarea.....	13
2.4.2. Eroziunea.....	14
2.4.4. Salinizarea.....	18
2.4.5. Scăderea conținutului de materie organică din sol.....	20
2.4.6. Evaluarea riscului & metodologii.....	23
2.4.6.1. Evaluarea riscului la compactare & metodologie.....	24
2.4.6.1.1. Evaluarea riscului.....	24
2.4.6.1.2. Metodologie de evaluare a riscului la compactare propusă la nivel european.....	30
2.4.6.2. Evaluarea riscului la eroziune & metodologie.....	31
2.4.6.2.1. Evaluarea riscului.....	31
2.4.6.2.2. Metodologie de evaluare a riscului la eroziune propusă la nivel european.....	31
2.4.6.3. Evaluarea riscului la salinizare & metodologie.....	32
2.4.6.3.1. Evaluarea riscului.....	32
2.4.6.3.2. Metodologie de evaluare a riscului la salinizare propusă la nivel european.....	34
2.4.6.4. Evaluarea riscului de degradare prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol & metodologie.....	34
2.4.6.4.1. Evaluarea riscului.....	34
2.4.6.4.2. Metodologie de evaluare a riscului la degradare prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol.....	34
3. Activitatea 1.2. Dezvoltarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor.....	35
3.1. Situația actuală a problematicei privind degradarea agrofizică în România.....	36
3.2. Elaborarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare.....	41
Concluzii.....	68
Bibliografie.....	70

Obiective

Obiectivul general al proiectului este de a elabora o metodologie complexă și unitară de evaluare a riscului de degradare agrofizică a solului prin diferite procese negative (salinizare, scăderea conținutului de materie organică și compactare) sub impactul diferitelor practici agricole, în diferite areale, în contextul aplicării noilor directive europene.

Obiectivele specifice ale etapei au fost:

- Inventarul metodologiilor de evaluare a riscului la eroziune, salinizare, scăderea conținutului de materie organică, compactare existente și utilizate pe plan European;
- Dezvoltarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor destinate activităților agricole, în contextul aplicării noilor directive europene.

Rezumat

Comisia Europeană a elaborat un document strategie și o propunere pentru o Directivă de Sol. În cadrul acestei Directive sunt descrise activitățile de coordonare necesare pentru integrarea legilor solului în politicile Uniunii Europene. Directiva care, este obligatoriu a fi implementată de către toate statele membre ale Uniunii Europene, are ca scop protecția mediului înconjurător, promovarea dezvoltării durabile și atingerii unui nivel performant în cadrul tuturor domeniilor de activitate economică.

România ca țară nou integrată în Uniunea Europeană are obligația de a respecta cerințele europene și în acest context elaborarea unei legi a solului la nivel național care să fie compatibilă cu cea la nivel european este primordială, având în vedere problemele cu care se confruntă în ceea ce privește protecția mediului înconjurător.

Cadrul propus pentru o directivă de sol necesită identificarea arealelor cu risc la diferite pericole respectiv procese de degradare agrofizică. Având în vedere cerințele în estimarea unui risc, informația care trebuie furnizată depinde de metodele utilizate pentru identificarea arealelor cu diferite riscuri. În acest context este prezentat un exemplu pentru identificarea arealelor cu risc de apariție a degradării agrofizice prin scăderea cantității materiei organice și sunt prezentate cele trei moduri de abordare: calitativă (bazată pe cunoștințe de tip expert, în care un tip de informație este corelată cu alt tip de informație, de exemplu folosința terenului în relație cu așa-zisele „soluri sensibile”), cantitativă (bazată pe informația obținută în urma măsurărilor și determinărilor efectuate, care există în rețelele de monitoring sau inventarele de date) și bazată pe modele de simulare.

În scopul implementării unei Directive de sol la nivel european a fost necesară stabilirea unor Grupuri de Lucru alcătuite din cercetători remarcanți și cu experiență în acest domeniu, care au încercat să propună niște strategii privind, în primul rând, protecția solului.

Au fost propuse niște metodologii, dar ele nu sunt nici pe departe finalizate din punct de vedere al conceptului, al modului de abordare, al rezultatelor estimate, iar în prezentul raport sunt prezentate metodologiile utilizate la nivel european pentru estimarea riscului apariției unor procese de degradare agrofizică a solurilor: compactarea, eroziunea, salinizarea, scăderea cantitativă a materiei organice.

În cazul evaluării riscului la apariția degradării agrofizice prin compactare sunt prezentate câteva dintre metodologiile utilizate la nivel european pentru estimarea riscului la compactare, eroziunea, salinizarea, scăderea cantitativă a materiei organice din sol. De asemenea sunt prezentate metodologiile propuse la nivel european în cadrul Grupurilor de lucru pentru estimarea riscului apariției acestor procese de degradare agrofizică pe solurile cu folosință îndeosebi agricolă.

În țara noastră este recunoscut faptul că, suprafețe importante de teren agricol sunt afectate de procese de degradare, gradul de intensitate al acestora fiind diferit în funcție de condițiile specifice locale. Este prezentată ponderea suprafețelor afectate de diferite procese de degradare răspândite pe terenurile noastre agricole.

În acest context trebuie analizate metodologiile specifice utilizate la nivel european și adaptate la diversitatea condițiilor specifice țării noastre. În primă fază trebuie creată o bază de date complexă care să cuprindă informații privind indicatorii de caracterizare agrofizică a solului, climă, relief, folosință, condiții tehnico-materiale, financiare, sociale existente la nivel local. Baza de date cuprinde informațiile furnizate de Băncile de date ale institutului nostru, respectiv ale partenerilor de proiect.

Au fost stabilite straturile de informații geo-referențiate dezvoltate de diferite instituții și care vor fi utilizate în realizarea obiectivelor urmărite în cadrul proiectului și sunt prezentate imagini ilustrative pentru principalele straturi de informații utilizate în cadrul metodologiei de estimare a riscului la diferite procese de degradare agrofizică.

RAPORT DE CERCETARE AL ETAPEI I în contractul nr. 51-031

METODOLOGII DE EVALUARE A RISCULUI LA DEGRADARE AGROFIZICĂ

Obiectiv 1 – Inventarul metodelor de evaluare a riscului la degradare agrofizică existente

Activitatea 1.1. Inventarul metodelor existente de evaluare a riscului la degradare agrofizică

1. Introducere

Comisia Europeană a elaborat un document strategie și o propunere pentru o Directivă de Sol. În cadrul acestei Directive sunt descrise activitățile de coordonare necesare pentru integrarea legilor solului în politicile Uniunii Europene. Directiva care, este obligatoriu a fi implementată de către toate statele membre ale Uniunii Europene, are ca scop protecția mediului înconjurător, promovarea dezvoltării durabile și atingerii unui nivel performant în cadrul tuturor domeniilor de activitate economică. (Oenema și al., 2006).

Cadrul general propus pentru Directiva de Sol necesită în primul rând identificarea zonelor cu risc ridicat la apariția diferitelor procese de degradare. Informațiile necesare în acest scop depind de modalitățile de evaluare a riscului la diferite procese de degradare agrofizică. Sunt trei tipuri de metode de evaluare:

- 1) evaluare din punct de vedere calitativ;
- 2) evaluare din punct de vedere cantitativ;
- 3) evaluare bazată pe modele de simulare.

Raportul întocmit de Eckelman (2006) furnizează idei, concepte avansate privind identificarea arealelor susceptibile la apariția diferitelor procese de degradare agrofizică în cele 25 de state membre ale Uniunii Europene. Cercetările lui Eckelman s-au conturat pe ideea că estimările, respectiv evaluările au la bază, în principal, informațiile de sol existente la nivel de țară. Obiectivul principal al raportului elaborat de Eckelman a fost acela de a propune un set minim de criterii la care să poată adera toate țările membre ale Uniunii Europene. Documentul conține idei, rezultate obținute în studii caz care au urmărit identificarea apariției riscului la degradare agrofizică, realizate în unele țări și care au avut la bază informațiile existente, uneori limitate însă, legate de sol. Chiar dacă nivelul informației privind solul în unele țări este foarte ridicat, există o lipsă acută a unor date digitale, bine

documentate și validate (Bullock și al., 1985) citat de Jones și al., 2003. Acest deficit de date limitează posibilitatea comparabilității modurilor de abordare la nivel național a protecției solului. De aceea ar fi foarte important ca în viitor să se dezvolte o Strategie Tematică de Sol care să elaboreze o rețea sau un sistem prin care să se încerce realizarea unei punți de legătură cu datele pan-Europene și astfel să se asigure date comparabile care să poată fi interpretate la nivelul țărilor membre ale Uniunii Europene dar și la nivelul celorlalte state care aparțin continentului european. Uniunea Europeană include 25 de state membre: Belgia, Franța, Germania, Italia, Luxemburg, Olanda, Danemarca, Irlanda, Marea Britanie, Grecia, Portugalia, Spania, Austria, Finlanda, Suedia, Cipru, Republica Cehă, Estonia, Ungaria, Letonia, Lituania, Malta, Polonia, Slovacia, Slovenia, iar de la începutul anului 2007 România și Bulgaria.

România ca țară nou integrată în Uniunea Europeană are obligația de a respecta cerințele europene și în acest context elaborarea unei legi a solului la nivel național care să fie compatibilă cu cea la nivel european este primordială, având în vedere problemele cu care se confruntă în ceea ce privește protecția mediului înconjurător. Acest proiect are ca scop elaborarea unei metodologii complexe și unitare pentru estimarea riscului apariției unor procese de degradare agrofizică a solului (eroziune, salinizare, scăderea conținutului de materie organică, compactare) sub impactul diferitelor practici agricole și a condițiilor specifice locale.

În această etapă a proiectului se vor avea în vedere următoarele activități:

- 1) un inventar al metodologiilor de evaluare a riscului la eroziune, salinizare, scăderea conținutului de materie organică, compactare existente și utilizate pe plan european;
- 2) dezvoltarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor destinate activităților agricole, în contextul aplicării noilor directive europene, activitate care se va desfășura pe mai multe etape ale proiectului.

2. Inventarul metodologiilor existente de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor

2.1. Metode de evaluare a riscului la diferite procese de degradare

Definirea în mod unitar a noțiunii de „evaluare a unui risc” este dificil de stabilit, deoarece se are în vedere domeniul în care se utilizează. Orice evaluare a unui risc presupune stabilirea unei diferențieri între hazard (risc, pericol) și probabilitatea apariției acestuia. Evaluarea unui risc necesită un mod de abordare etapizat, începând cu identificarea și descrierea hazardului / pericolului / riscului și continuând cu evaluarea riscului. În protecția mediului conceptul DPSIR (OECD, 2003)- Driver, Pressure, State, Impact and Response- a fost dezvoltat cu scopul de a parcurge primele două etape în

estimarea riscului. În contextul unei Strategii Tematice de Sol, opt tipuri de degradare agrofizică au fost identificate ca fiind potențial periculoase afectând în sens negativ funcționalitatea solului ca entitate globală. În perioada 2003-2004 au fost stabilite Grupuri Tehnice de Lucru în cadrul Strategiei Tematice a Solului care au avut ca obiectiv principal stabilirea componentelor de sol relevante pentru evaluarea riscului la procese de degradare agrofizică, în cadrul conceptului DPSIR. Rapoartele care au rezultat în urma studiilor efectuate au prezentat cunoștințe de ultimă oră în ceea ce privește identificarea și descrierea pericolului potențial de apariție a diferitelor tipuri de degradare agrofizică a solului. Pentru ca studiile să fie focalizate pe ideea stabilirii unei legislații privind protecția solului au fost definite alte două etape ca fiind necesare, și anume identificarea și cuantificarea riscului. În prezent rapoartele existente în acest sens prezintă informații privind modalitățile de identificare a arealelor cu risc la degradare agrofizică în țările membre ale Uniunii Europene. Acest lucru s-a realizat având în vedere că modul de abordare la nivel de țară este bazat în cea mai mare măsură pe informațiile de sol existente la nivel național (Eckelman și al., 2006).

2.2. Metodologii de identificare a suprafețelor de sol susceptibile la un risc

Cadrul propus pentru o directivă de sol necesită identificarea arealelor cu risc la diferite pericole respectiv procese de degradare agrofizică. Având în vedere cerințele în estimarea unui risc, informația care trebuie furnizată depinde de metodele utilizate pentru identificarea arealelor cu diferite riscuri (degradare agrofizică).

Se disting trei modalități de abordare (Figura 1) (Eckelman și al., 2006):

- 1) modalitate de abordare calitativă bazată pe cunoștințe de tip expert, în care un tip de informație este corelată cu alt tip de informație, de exemplu folosința terenului în relație cu așa-zisele „soluri sensibile” sau criteriile de natură politică analizate de exemplu, în relație cu informațiile legate de poluarea cu nitrați, suprafețele acoperite de culturi intensive sau arealele urbanizate etc.;
- 2) modalitate de abordare cantitativă bazată pe informația obținută în urma măsurărilor și determinărilor efectuate, care există în rețelele de monitoring sau inventarele de date, care însă, necesită un punct de plecare;
- 3) modalitate de abordare prin modele de simulare prin care se evaluează extinderea degradării solurilor utilizând modelarea, luând în considerare condițiile specifice locale (proprietățile solului, condițiile climatice) și managementul solului.

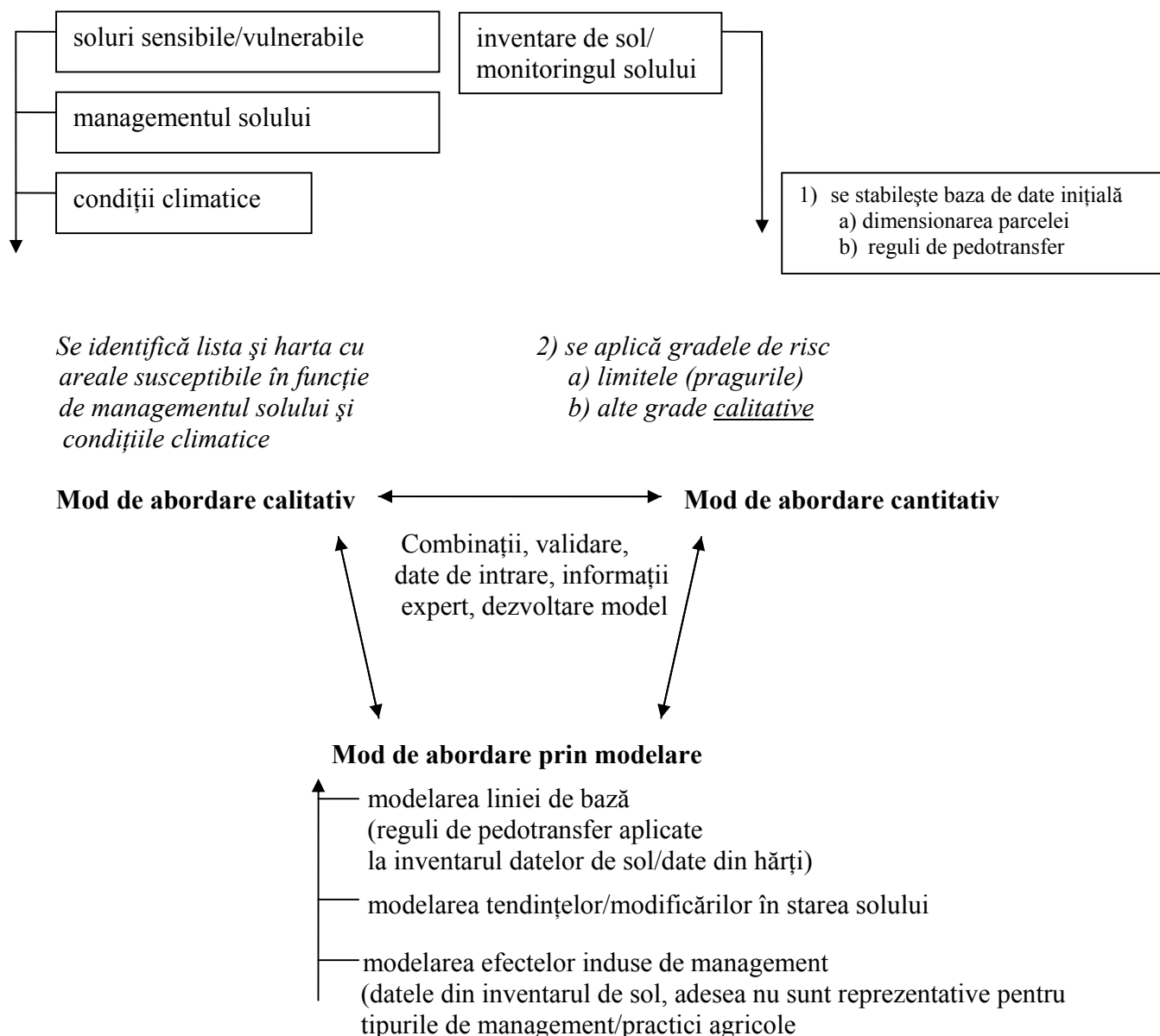


Figura 1: Moduri de abordare pentru identificarea arealelor cu risc (Eckelman și al., 2006)

Limitele sau pragurile (abordarea 2) reprezintă valorile corepunzătoare aceluia tip de degradare agrofizică care limitează funcționarea normală, la parametri optimi, a solului. Într-o etapă ulterioară datele furnizate de inventarele de sol sau rețelele de monitoring trebuie să fie comparate cu aceste limite. Datele furnizate de către inventarele și rețelele de monitoring sunt necesare și în situația în care se folosește modelarea pentru identificarea arealelor cu risc la degradare agrofizică. Modul de abordare a problematicei utilizând modelarea trebuie eventual suplimentat de abordarea cantitativă, utilă nu numai pentru calibrarea și validarea modelului, dar și pentru identificarea arealelor unde se manifestă diferitele procese de degradare și nu în ultimul rând pentru a observa comportarea solului

din acest punct de vedere, după ce au fost implementate măsurile de ameliorare și refacere a terenurilor afectate.

Funcțiile de pedotransfer au ca scop transformarea datelor de sol accesibile din inventarele și rețelele de monitoring în date de sol care, ulterior vor fi utilizate pentru estimarea riscului la degradare.

2.3. Metodă și ierarhia calității – „Straturi”

Grupul de lucru al lui Eckelman (2006) a pus în discuție o serie de probleme importante și anume relația dintre disponibilitatea datelor curente și potențiale, costurile și cerințele de calitate. O primă etapă a constat în identificarea arealelor cu risc, această activitate fiind bazată pe informațiile existente (sau pe date care vor fi disponibile într-un timp apropiat). Conceptul identifică în linii mari zonele susceptibile la riscuri de degradare agrofizică pentru care sunt stabilite măsuri specifice care se recomandă a fi aplicate pentru a preveni apariția unor procese negative. Precizia datelor, rezoluția hărții elaborată pe baza informațiilor existente, integrarea scopurilor de natură politică, costurile sunt stabilite la nivel de țară. Cu toate acestea din punct de vedere științific, modificările care apar în starea solului (de ex. după schimbarea managementului agricol aplicat datorită implementării strategiei de protecție a solului) pot fi evidențiate numai dacă modelele și datele disponibile au o anumită calitate. Toate aceste aspecte influențează implementarea metodologiilor de evaluare a arealelor susceptibile la diferite riscuri. Eckelman și al., în raportul elaborat în 2006, propune conceptul abordării în „straturi”, în care fiecare „strat” corespunde unei etape de lucru, care necesită anumite date și informații (Tabel 1).

Tabel 1 „Straturi” în identificarea arealelor cu risc

„Strat”	Descriere	Caracteristici
Stratul 1	Identificarea arealelor cu risc	- sunt necesare date - rezoluție spațială redusă (eventual 1:1000000) - abordare calitativă sau - abordare prin modelare (utilizând funcții de pedotransfer) combinat cu valori limită
Stratul 2	Măsuri / planuri de implementare pentru protecția solului în cadrul arealelor cu risc de degradare	- rezoluție spațială ridicată (de ex. hărți de sol îmbunătățite) - orice tip de abordare (sau combinații) (Figura 1) - date, informație mai amplă pentru a permite aplicarea modelului

Exemplu de evaluare a riscului

În acest context este prezentat un exemplu pentru identificarea arealelor cu risc de apariție a degradării agrofizice prin scăderea cantității materiei organice.

Abordare calitativă

Tabelul 2 Combinații între datele de sol, climă și folosință care evidențiază riscuri ridicate la degradare prin pierderea cantității materiei organice citate de Eckelman și al., 2006)

Descrierea solului	Folosința terenului	Climat	Descriere	Degradare agrofizică
soluri cu orizont de suprafață organic	arabil fâneată	oricare	soluri cu umiditate ridicată, drenate sub cultură agricolă sau destinate sectorului zootehnic	mineralizare rapidă a materiei organice din sol după drenaj și / sau efectuarea lucrărilor solului și / sau adăugării de nutrienți
soluri cu orizontul de suprafață molic (culoare închisă și conținut ridicat de materie organică)	arabil	oricare	soluri expuse pe terenuri întinse și neacoperite (terenuri arabile cu o proporție scăzută de perdeă forestieră adiacentă)	scăderea cantității de materie organică din sol corelată cu eroziunea intensă prin vânt și apă
soluri situate pe terase sau terenuri joase susceptibile la inundarea temporară (Fluvisoluri, Gleisoluri, Vertisoluri)	arabil fâneată	oricare	soluri cu umiditate și conținut ridicat de materie organică, destinate culturilor agricole sau activităților zootehnice	scăderea rapidă a cantității de materie organică după cultivare, intensificată de aplicarea pe teren a drenajului
soluri nedevelopate cu profil scurt, întâlnite în special în zonele înalte (Leptosoluri și Regosoluri)	arabil fâneată pădure	precipitații ridicate specifice zonelor înalte	soluri nestructurate situate pe pante abrupte, destinate pășunatului, cu practici agricole inadecvate sau despădurite	scăderea rapidă a cantității de materie organică datorită eroziunii în orizontul de suprafață
soluri nisipoase, care natural au conținuturi scăzute de materie organică în orizontul de suprafață	arabil fâneată pădure	oricare	aplicarea intensivă a sistemelor tehnologice agricole pe soluri fragile (de ex. încorporarea îngrășămintelor)	pierdere cantitativă rapidă a materiei organice din sol datorită mineralizării rapide sau a instabilității acesteia
soluri formate antropice (Andosoluri)	diversă	oricare	soluri formate antropice în care materia organică a fost acumulată sub o folosință unică și unde s-a schimbat destinația terenului	pierdere cantitativă rapidă a materiei organice din sol ca efect al utilizării defectuoase a terenului și cu influențe importante asupra stării solului (de ex. regimul apei din sol)

În principiu, arealele susceptibile la degradare prin scăderea cantității materiei organice pot fi identificate prin încercare, consultând o listă cu soluri „cu risc”, cum ar fi aceea din Tabelul 2. Sunt însă, necesare informații mai amănunțite pentru a estima cu exactitate solurile cu risc ridicat de apariție a degradării prin pierderea cantității materiei organice, care are ca efect înrăutățirea din punct de vedere calitativ a stării solului. Pentru a identifica arealele cu risc ridicat la degradare prin scăderea cantității de materie organică, o primă etapă constă în elaborarea unei hărți care să prezinte combinat datele privind tipul de sol, climatul, folosința terenului prezentate în Tabelul 2. Apoi este necesară extrapolarea pentru a identifica solurile care au fost degradate puternic prin pierderea cantității de materie organică datorită folosinței terenului, deși destinația din prezent a terenului nu a determinat apariția riscului la un astfel de proces de degradare agrofizică și de asemenea, identificarea suprafețelor care, datorită folosinței prezintă un risc ridicat la pierderea prin reducerea cantității de materie organică.

Cel mai important este însă, faptul că extrapolarea trebuie să aibă în vedere atât riscurile cronice cât și cele acute în ceea ce privește degradarea agrofizică prin pierderea cantității de materie organică (Tabelul 2 este concentrat pe acele combinații care conduc la o scădere mai rapidă a conținutului de materie organică, deși nu trebuie neglijată rata mai lentă a producerii acestui tip de proces deosebit de negativ care afectează solurile agricole). De exemplu, solurile cu textură luto-nisipoasă – lutoasă situate în zone de deal sau colinare, dar pe pante mai mici (de ex. Luvisolurile și Cambisolurile) au o susceptibilitate redusă la riscul apariției degradării prin pierderea cantității materiei organice datorită activităților agricole, dar în trecut acest proces negativ a avut o intensitate mai ridicată sub impactul practicilor agricole (Eckelaman și al., 2006).

Acest mod de abordare calitativ necesită următoarele date spațiale:

- tipul de sol (textura solului ca informație atribut), date preluate din hărțile de sol
- folosința terenului (fânață sau destinat culturilor agricole)
- condițiile climatice.

Se recomandă combinarea acestui mod de abordare cu listele specifice cu valori limită derivate din modul de abordare cantitativ (Eckelman și al., 2006).

Abordare cantitativă

Un mod de abordare cantitativă pentru evaluarea riscului la degradare agrofizică necesită date privind distribuția spațială a conținutului de carbon organic. Acest tip de informație reprezintă baza inițială de date pentru monitorizarea ulterioară a modificărilor conținutului de carbon organic din sol,

constituind element principal pentru identificarea arealelor cu risc ridicat la apariția acestui proces de degradare deosebit de important pentru starea de calitate a solului. Limita sau pragul până la care este acceptată degradarea prin pierderea cantității de materie organică din sol depinde de consecințele pe care acest proces negativ îl are asupra funcțiilor solului și implicit asupra producției agroalimentare, pericolului potențial de poluare a apelor freactice, biodiversității, conservării principalelor resurse ale mediului ambiental etc. Nivelul până la care se acceptă pierderea cantitativă a materiei organice din sol poate fi estimat sau stabilit făcându-se referire la limitele sau pragurile stabilite în treapta 1. Aceste limite sunt utile pentru stabilirea unei valori de „toleranță” a conținutului de materie organică din sol, sub care apar efecte negative asupra proprietăților solului care afectează funcționalitatea acestuia la parametrii optimi. Suplimentar în cazul solurilor turboase sau organice, chiar dacă pierderea cantitativă de materie organică este relativ mică, aceasta constituie o problemă având în vedere procesele naturale care au condus la formarea acestora, de aceea este necesar să se stabilească o limită maxim admisă care are o valoare mai mică decât cea menționată anterior, care dacă este depășită este clar că sunt afectate celelalte proprietăți ale solului și implicit starea lui de productivitate.

Valorile limită reflectă de fapt tipul de sol, caracteristicile terenului și folosința acestuia, iar stabilirea unor limite maxim admise comune care să poată fi utilizate în toate regiunile europene poate fi inefficientă. Grupul de lucru al lui Lieve Van-Camp a studiat această problemă în cadrul Strategiei Tematice de Sol și a concluzionat că pot fi stabilite niște limite generale pentru descreșterea cantitativă a materiei organice din sol și aceste valori sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3 Abordare preliminară pentru identificarea limitelor maxim admise pentru conținutul de carbon organic din sol, Eckelman și al., 2006

Sol cu conținut de carbon organic mai mic de 2 %	Soluri arabile, în particular cele care sunt destinate culturii agricole intensive, îndeosebi unde sunt aplicate sisteme agricole intensive
Sol cu conținut de carbon organic mai mare de 8 %	Soluri drenate cu umiditate ridicată destinate activităților agricole sau zootehnice intensive

Abordare prin modelare

Această secțiune analizează modelele de sol biofizice. Acestea pot fi utilizate pentru stabilirea valorilor de bază ca date de intrare, dar în același timp permit prognozarea tendințelor temporale. Caracteristica importantă a unor astfel de modele, care au ca scop evaluarea riscului apariției degradării agrofizice în diferite areale este aceea, că estimează efectele induse de managementul

terenurilor asupra conținutului de carbon organic din sol, deși pentru a simula modalitățile de îmbogățire a solului în carbon organic sunt necesare date de intrare cu precizie ridicată (Tabelul 4).

Tabelul 4 Tipuri de date și rezoluția acestora pentru modelele de simulare a comportării carbonului organic/materiei organice în sol (DNDC: Kesik și al., 2005; Candy: i Franko, 2005; EPIC: Izauralde și al., 2001; Roth-C: Faloan și al., 2002)

Model	EPIC	ROTH-C	DNDC	CANDY-Carbon Balance
rezoluție temporală	zilnică	lunară	lunară	anuală
practici de cultivare	tip de arătură, cizel, succesiunea echipamentelor utilizate- momentul aplicării fiecărui tip de lucrare	calitatea resturilor vegetale; Aportul de carbon rezultate din resturile vegetale	suprafața cultivată, recolta, data semănării și a recoltării, procentul de litieră, metoda de lucrare	adâncimea arăturii
alte date privind managementul	aportul de elemente esențiale provenite din îngrășăminte; cantitatea și calitatea apei de irigație; structura de culturi	acoperirea terenului, aportul de carbon din bălegarul animalier	- tipul, cantitatea și compoziția îngrășămintelor - doza de îngrășăminte aplicată	- tipul și cantitatea de îngrășămintele minerale și organice - productivitatea culturii/structura de culturi
Alte date de intrare	- date de sol pe orizonturi și adâncimi (pH, clasă texturală, pantă, conținut de carbon organic, densitate aparentă)	- pH, argilă, conținut de carbon organic, densitate aparentă, carbon anorganic în sol - climă: precipitații, temperatură, evapotranspirație	- date de sol (pH, argilă, conținut de carbon organic, densitate aparentă) - climă - depuneri de azot	- fracția de carbon organic din sol - valorile inițiale ale carbonului organic din sol - densitatea aparentă (poate fi calculată utilizând conținutul de carbon organic din sol și argila) - conținutul de argilă

Criteriile care sunt relevante pentru alegerea modelului care să simuleze cel mai bine riscul apariției degradării agrofizice în diferite areale trebuie să includă următoarele:

- trebuie folosite un număr rezonabil și accesibil de date de intrare;

- datele de ieșire din model trebuie să fie ușor de manevrat, fără necesitatea unor subrutine complicate.

2.4. Procese de degradare agrofizică

2.4.1. Compactarea

Compactarea este un proces de densificare și distorsionare în care porozitatea totală, cea de aeră și permeabilitatea sunt reduse, presiunile interioare sunt mărite, starea structurală a solului parțial distrusă și implicit sunt induse alte modificări în sens negativ în matricea solului și comportarea fizică, chimică, biologică a acestuia (Eckelman și al., 2006).

Compactarea este una dintre cele mai întâlnite forme de degradare fizică a solului. Compactarea solului apare ca efect al încărcărilor mecanice induse de trecerile efectuate în timpul lucrărilor agricole de către mașinile cu capacitate mare, mai ales în condiții de umiditate ridicată în sol. Prin compactare spațiul poros dintre particulele de sol se reduce, astfel că solul își pierde capacitatea de absorbție a apei. Compactarea straturilor de sol din adâncime este foarte dificil de remediat (Montanarella, 2006). Prin compactare starea structurală a solului se înrăutățește astfel că sistemul radicular se dezvoltă într-un spațiu mai restrâns, capacitatea de reținere a apei scade, activitatea biologică scade în intensitate și implicit starea de fertilitate a solului este negativ influențată. Mai mult, în condiții de precipitații abundente, apa nu se poate infiltra pe adâncimea profilului de sol. Din acest motiv apar scurgerile abundente la suprafața solului, existând riscul apariției și/sau intensificării eroziunii prin apă care poate avea efecte dezastruoase, după cum spun unii experți, declanșând sau contribuind la apariția inundațiilor în multe zone ale Europei. Estimările realizate evidențiază faptul că circa 4 % din solurile Europei sunt afectate de procesele de degradare prin compactare, dar datele nu sunt precise și exacte (Eckelman și al., 2006). În acord cu studiile recent efectuate de Jones și al. (2003, 2005) mai mult de o treime din solurile Europei prezintă susceptibilitate la apariția proceselor de degradare prin compactare în straturile sau orizonturile de sub cel de suprafață (Figura 2).

Compactarea de suprafață poate fi, cel puțin temporar, remediată prin afânare mecanică, dar în orizonturile mai adânci acest lucru este adesea dificil de realizat și în același timp costisitor.

Prin urmare un sistem agricol în care componentele tehnologice sunt greșit aplicate, în condiții necorespunzătoare, poate, și în mod cert determină apariția procesului de degradare prin compactare, problematică deosebit de importantă cu care se confruntă comunitățile de fermieri, dar și cele științifice, în multe țări europene. În același timp statisticile și estimările realizate în ultima perioadă

evidențiază clar pericolul extinderii acestui proces negativ care afectează starea de fertilitate a solului reducând capacitatea de producție a acestuia.

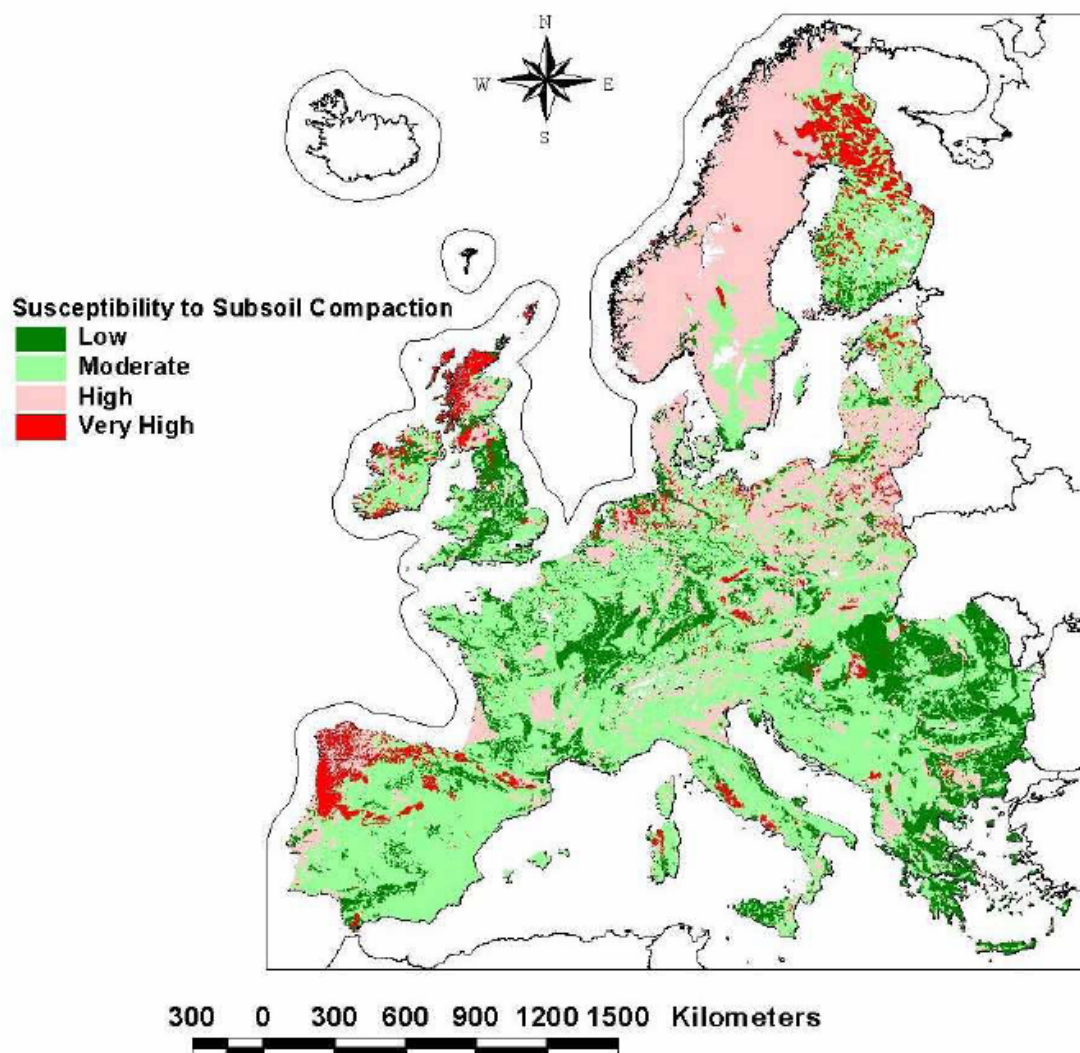


Figura 2: Harta Europei a susceptibilității solului la compactare (Jones și al., 2001, 2003)

Notă: Autorii menționează că în momentul de față pentru a identifica spațial vulnerabilitatea subsolului la compactare utilizând informația existentă este necesară o îmbunătățire fundamentală.

O problemă importantă o constituie schimbările climatice apărute în ultima decadă. Este de așteptat ca în Europa de Vest precipitațiile să crească, mai ales iarna, iar în anotimpul călduros, vara, să apară precipitații abundente pe perioade scurte de timp alternate cu perioade mai lungi de secetă. În unele regiuni din Europa de Vest aceste schimbări climatice pot aduce beneficii agriculturii. În cele mai

multe cazuri însă, cum ar fi în zonele afectate de procese de degradare prin compactare, planta de cultură care se dezvoltă într-un mediu inadecvat, va deveni mult mai vulnerabilă la aceste modificări climatice. Capacitatea de infiltrare, de reținere pentru apă a subsolului sunt mult reduse datorită compactării, astfel că există un risc ridicat de apariție a eroziunii prin apă și de producere a inundațiilor care au ca efect poluarea corpurilor de apă de suprafață cu elemente toxice, componenți organici proveniți din activitățile agricole (Van den Akker, 2003).

2.4.2. Eroziunea

Eroziunea este un fenomen fizic care constă în deplasarea sau transportul agregatelor de sol cu apa, vântul sau gravitațional. În prezent eroziunea solului este percepută ca fiind un proces de degradare, determinat de mai mulți factori. Factorul antropic este cel mai important din acest punct de vedere, aplicarea unui management agricol inadecvat pe terenurile cultivate acționând în sens negativ asupra calității solului prin pierderea stabilității lui structurale și favorizarea apariției diferitelor procese de degradare, cum ar fi eroziunea prin vânt și apă.

În acord cu Montanarella (2007) eroziunea solului este de fapt, un proces natural care apare în decursul erelor geologice, fiind esențial pentru formarea inițială a solului. Cu toate acestea, având în vedere tematica urmărită eroziunea va fi analizată din punct de vedere al efectelor negative pe care le exercită asupra solului. În acest sens o atenție deosebită trebuie să se acorde intensificării proceselor de eroziune mai ales în arealele în care factorul antropic este esențial pentru stabilirea folosinței terenului în scopul obținerii unei productivități satisfăcătoare a acestuia.

Eroziunea prin apă afectează suprafețe importante în toată Europa. Suprafața totală afectată de eroziune prin apă în Europa se estimează a fi de circa 115 milioane ha, iar cea afectată de eroziune prin vânt de circa 42 milioane ha, în acord cu Montanarella, 2006.

Problema eroziunii pe continentul european este mai veche, chiar în antichitate, fermierii se confruntau cu acest tip de proces negativ care afecta suprafețe agricole considerabile. Apariția eroziunii în timp s-a datorat în principal despăduririlor extensive, activități care s-au desfășurat îndeosebi în arealele mediteraneene.

Prin eroziune orizontul de suprafață (topsolul) bogat în materie organică și elemente nutritive necesare creșterii și dezvoltării plantelor cultivate este eliminat sau transportat, motiv pentru care productivitatea solului se reduce, terenurile cu profile scurte de sol putând fi chiar scoase din circuitul agricol. Eroziunea severă sau accentuată a solului este de cele mai multe asociată cu apariția unor șanțuri, canale care fragmentează terenul agricol. Solul eliminat sau transportat de pe terenuri odată

cu scurgerile de suprafață apărute, de exemplu, în urma unor precipitații abundente, sunt acumulate sub arealele erodate, în multe cazuri blocând accesul pe șosele sau colmatând canalele de drenaj (Montanarella, 2007).

Intensitatea manifestării proceselor de eroziune depinde de condițiile climatice, folosința terenului și practicile agricole la nivelul fermei. Regiunile mediteraneene au un grad mai ridicat de susceptibilitate la apariția eroziunii datorită climatului mai arid caracterizat de perioade uscate îndelungate urmate apoi de precipitații foarte abundente care determină ruperea pantelor terenurilor cu soluri fragile, slab structurate. Această situație este în contrast cu arealele din nord-vestul Europei unde eroziunea este de mai mică intensitate, deoarece precipitațiile căzute sunt uniform distribuite pe parcursul anului și afectează terenuri cu pante mici. Cu toate acestea și aceste regiuni se confruntă cu probleme mari în ceea ce privește eroziunea datorită extinderii acestui proces negativ pe suprafețe din ce în ce mai mari. Aproximativ 17 % din suprafața totală a Europei (excluzând Rusia) este afectată de procese de degradare prin eroziune. În regiunile mediteraneene, eroziunea a atins stadii de ireversibilitate și în unele areale practic a încetat deoarece nu mai există sol. (Montanarella, 2006).

Se disting următoarele zone afectate de procese de degradare prin eroziune:

- regiunea sudică care este afectată de procese de eroziune prin apă intense;
- regiunea nordică unde predomină solurile cu textură mijlocie, afectată de procese de eroziune prin apă de intensitate moderată;
- regiunea estică în care se arealele sunt afectate de procese de eroziune prin apă de intensitate ridicată și moderată ca urmare a aplicării unor sisteme tehnologice agricole intensive.

În cadrul celor trei zone sunt areale în care procesele de eroziune sunt accentuate, acestea fiind considerate așa-zise „spoturi fierbinți”. Cele mai mari suprafețe care prezintă risc ridicat la apariția eroziunii sunt situate în partea de sud și vest a Spaniei (circa 44 % din suprafața țării), cu prezența asș-numitelor „spoturi fierbinți” pe coasta sudică. În Portugalia o treime din suprafața țării este susceptibilă la apariția proceselor de degradare prin eroziune. În Franța, Italia, Grecia arealele cu risc ridicat la apariția proceselor de eroziune variază de la 1 până la 20 % din suprafața totală. În Europa Centrală și de Est, Bulgaria și Slovacia au cele mai mari suprafețe, circa 40 % din total, susceptibile la apariția eroziunii. În figura 3 sunt prezentate unitățile administrative (NUTS3) și riscul la degradare prin eroziune pe care acestea le prezintă. După cum am menționat arealele cu risc ridicat la degradare prin eroziune sunt localizate în regiunea mediteraneană, mai precis în Andaluzia, Corsica, partea centrală a Italiei și Grecia (Montanarella, 2006).

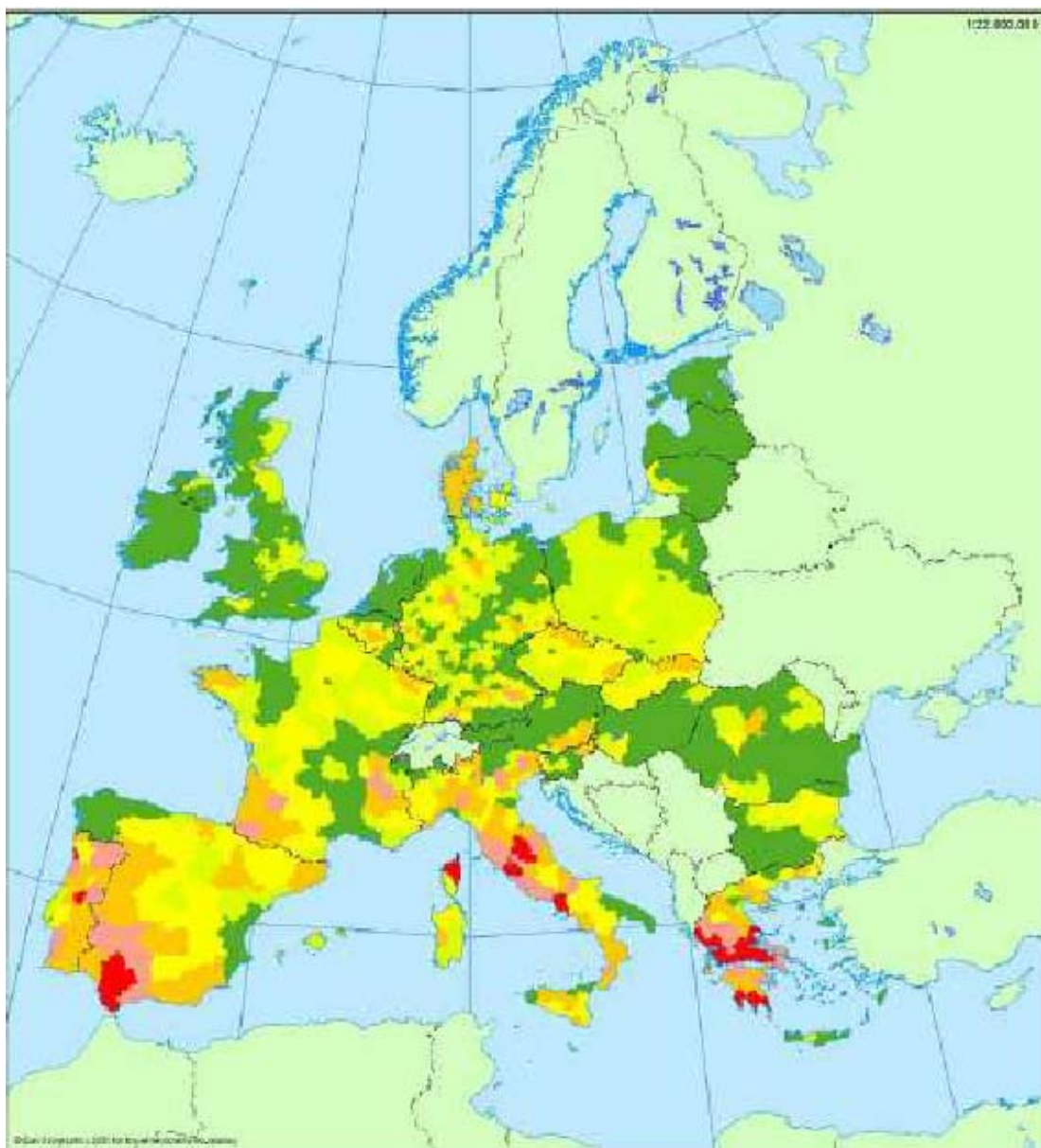


Figura 3: Riscul la eroziune prin apă a solului anuală (rezultate agregate la nivel NUTS), rezultate obținute în proiectul PESERA, după Montanarella, 2006

Pierderile de sol mai mari de 1 t/ha/an în condițiile unei rate mici de formare a solului pot fi considerate ca ireversibile într-un interval de timp de 50-100 ani. Pierderile de sol de 20 până la 40 t/ha în urma unor precipitații abundente de tipul furtunilor, care pot apare la 2-3 ani odată, sunt asociate la nivel european cu pierderi mai mari de 100 t/ha în timpul unor evenimente obișnuite.

Cauzele principale ale apariției proceselor de eroziune sunt practicile agricole necorespunzătoare, despăduririle, pășunatul excesiv și activitățile destinate construcțiilor civile (Montanarella, 2006).

Eroziunea solului induce o serie de efecte negative directe asupra solului (Montanarella, 2006): distrugerea stării structurale a solului ca efect al efectuării lucrărilor agricole de exemplu, transversal pe direcția pantei, înlăturarea covorului vegetal, abandonarea teraselor, semănarea târzie a culturilor de toamnă, managementul defectuos al resturilor vegetale și utilizarea în condiții inadecvate a mașinilor agricole.

Efectele secundare ale proceselor de eroziune constau în (Montanarella, 2006):

1) efecte la nivel de plot, parcelă

- pierderi de sol;
- înrăutățirea fertilității solului în urma întreruperii ciclurilor nutritive (pierderi de materie organică, elemente nutritive);
- restricții în ceea ce privește folosința terenului, diminuarea suprafețelor productive;
- deprecierea valorii agronomice a terenului.

3) efecte în afara plotului sau parcelei analizate:

- distrugerea infrastructurii datorită încărcărilor excesive cu sedimente;
- poluarea difuză a corpurilor de apă de suprafață;
- efecte negative asupra ecosistemelor acvatice și prin urmare a biodiversității.

Într-o perioadă în care au apărut modificări rapide ale condițiilor climatice, folosinței terenului, datorită schimbărilor globale, politicilor agricole revizuite și a piețelor de desfacere la nivel internațional, este primordială stabilirea unei metodologii obiective de evaluare a riscului la degradare prin eroziune la nivel european. Această metodologie trebuie să permită o reevaluare a riscului apariției degradării agrofizice prin eroziune pe măsură ce apar schimbări climatice sau să exploreze implicațiile unor modificări la scară europeană globală a destinației terenurilor. Rezultatele aplicării unei astfel de metodologii poate oferi estimări ale eventualelor costuri pentru remedierea arealelor cu risc sau afectate de procese de degradare prin eroziune (Montanarella, 2006).

2.4.4. Salinizarea

Salinizarea reprezintă un proces prin care sunt acumulate în sol cantități excesive de săruri de sodiu, magneziu și calciu afectând în sens negativ starea acestuia de fertilitate (Eckelman și al., 2006).

Salinizarea este un proces care are ca efect acumularea unor cantități excesive de săruri solubile în soluția solului. Printre sărurile solubile acumulate în sol le amintim pe acelea de sodiu, potasiu, calciu, clorurile, sulfatii, carbonatii, bicarbonatii. Trebuie distinse clar noțiunile de salinizare primară

și salinizare secundară. Salinizarea primară implică acumularea de săruri solubile prin procese naturale datorate conținutului ridicat în astfel de substanțe al materialului parental și a apei freatice. Salinizarea secundară este determinată de activitățile antropice cum ar fi aplicarea necorespunzătoare a irigației (apă de irigație cu conținut ridicat de săruri solubile) și/sau drenajul insuficient al solului (Montanarella, 2006).

Presiunile induse de activitățile umane care determină apariția salinizării sunt: metodele de irigație inadecvate, drenajul defectuos, utilizarea apelor de irigație salinizate sau exploatarea în exces a pânzei freatice.

Tabelul 6 Distribuția solurilor afectate de salinizare în Europa (Szalbecs, 1971)

Unitatea hărții						
		Soluri alcalice			Soluri afectate potențial de săruri	Suprafața totală în 1000 ha
		cu	fără			
		Orizont B structurat				
Țara	Soluri saline	necalcarioase		calcarioase		
Austria	0,5	-	-	-	2,5	3,0
Bulgaria	6,0	-	20,0	-	-	25,0
Cehoslovacia	6,2	7,5	2,7	4,3	85,0	105,7
Franța	175,0	-	75,0	-	-	250,0
Grecia	...	...	...	...	...	3,5
Ungaria	1,6	58,6	294,0	31,9	885,2	1271,6
Italia	50,0	-	-	-	400,0	450,0
Portugalia	...	...	...	...	...	25,0
România	40,0	100,0	-	110,0	-	250,0
Spania	...	...	...	...	...	840,0
U.S.S.R.	7546,0	1616,0	20382,0	-	17781,0	47325,0
Iugoslavia	20,0	50,0	110,0	75,0	-	255,0

Consecințele sau efectele negative ale salinizării solurilor sunt următoarele (Montanarella, 2006):

1) efecte in situ (la nivel de plot sau parcelă analizată):

- înrăutățirea fertilității solului ca urmare a acumulării unor cantități excesive de săruri solubile;
- reducerea biodiversității;
- scăderea valorii agronomice a solurilor;

2) efecte în afara plotului sau parcelei analizate:

- reducerea capacității de infiltrație și reținere a apei în sol și apariția scurgerilor de suprafață;
- distrugerea infrastructurii în arealele cu apă freatică la mică adâncime și cu conținut ridicat de săruri solubile;

- pericolul aprovizionării infrastructurilor cu apă cu apă bogată în săruri solubile.

În arealele cu climat uscat din Europa care sunt potențial afectate de deșertificare (arid, semiarid, cu umiditate relativă scăzută) cele mai degradate terenuri din punct de vedere al salinizării sunt localizate (Tabelul 6) în Ungaria, România, Spania, Italia, Albania, Macedonia și Grecia după cum menționează mai mulți autori (Szalbocs, 1971).

2.4.5. Scăderea conținutului de materie organică din sol

Materia organică din sol reprezintă fracțiunea organică a solului formată din resturile vegetale și animaliere nedescompuse. Un dezechilibru între conținutul de materie organică din sol și rata descompunerii acestuia are ca rezultat scăderea cantității materiei organice, proces de degradare a solului frecvent întâlnit în arealele europene (Eckelman și al., 2006).

Materia organică reprezintă o componentă importantă în sol. Aportul de materie organică din sol este rezultatul activității de sinteză microbiană, care în anumite condiții de umiditate, temperatură descompune resturile vegetale și animaliere (Montanarella, 2006).

Factorii determinanți în reducerea cantității de materie organică din sol sunt: condițiile climatice, proprietățile solului care sunt influențate de materialul parental (de ex. conținutul de argilă, prezența carbonaților, reacția), vegetația naturală, topografia terenului, folosința (de ex. pădure, arabil, fânează, destinat construcțiilor civile etc.), managementul terenului (metoda de lucrare agricolă, irigația, intensitatea pășunatului etc.) (Eckelman și al., 2006).

Acești factori pot fi împărțiți în două grupe de influență, în principal factori naturali (condiții climatic, material parental al solului, acoperirea terenului și/sau vegetație, topografie) și factori induși de activitățile umane (folosința terenului, managementul, degradarea). Heterogenitatea este regula de bază a conținutului de materie organică din solurile minerale (Figura 4), (Montanarella, 2006).

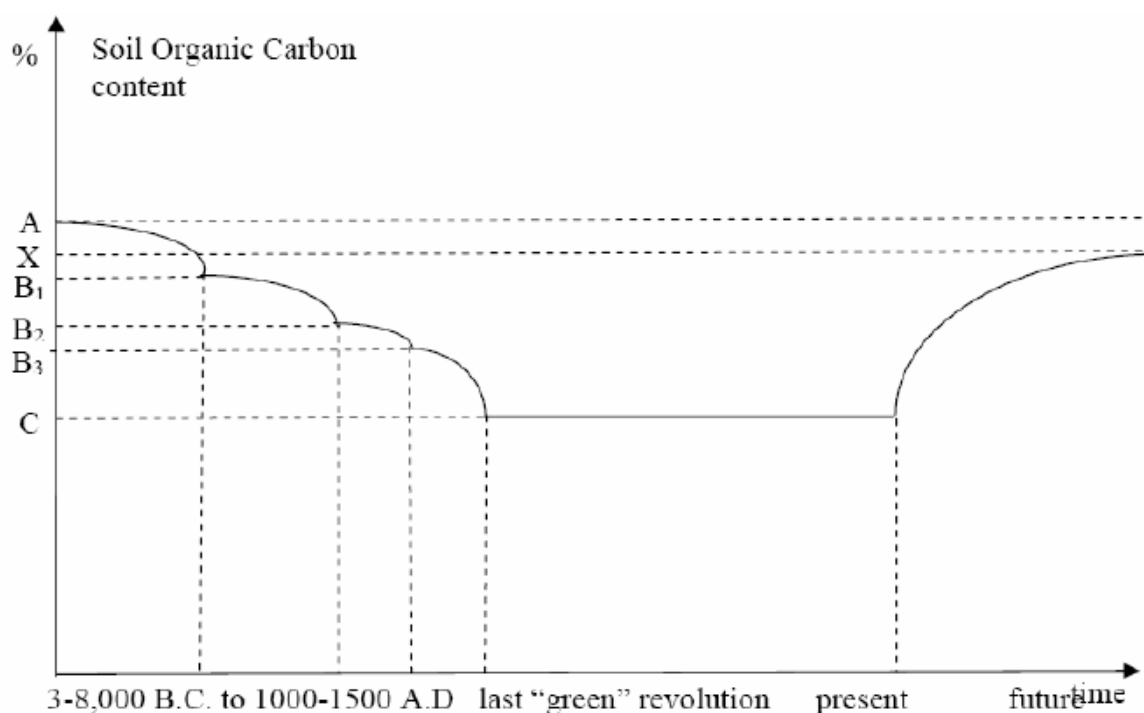


Figura 4: Evoluția carbonului organic din sol în timp pentru un anumit tip de sol (scară arbitrară). A – specific natural al solului, nivelul carbonului organic din sol în condiții stabile climatice, B₁₋₃ – Reducerea carbonului organic din sol prin intensificarea practicilor agricole, C – condiții prezente stabile, X – posibile nivele ale carbonului organic din sol care pot fi atinse prin implementarea unor bune practici agricole

Distribuția la nivel european a carbonului organic din orizontul de suprafață este cel mai bun exemplu pentru necesitatea de a se lua în considerare evoluția istorică a problemicii la nivel de continent. Nivele curente ale conținutului de carbon organic din sol sunt în principal rezultatul activităților umane de începutul primei revoluții agricole din cadrul vârstei Neolitice. Nivelele naturale ale carbonului organic în sol în condiții climatice stabile au fost substanțial reduse în timp datorită schimbării folosințelor terenurilor în urma expansiunii sau dezvoltării agriculturii în detrimentul arealelor acoperite de păduri, în întreaga Europă. De asemenea introducerea unor tehnologii agricole îmbunătățite, cum ar fi afânarea adâcă, rotațiile de culturi scurte etc., au influențat în sens negativ cantitatea de materie organică prezentă în orizonturile de suprafață ale solurilor agricole (figura 5) (Montanarella, 2006).

Scăderea cantitativă a materiei organice din sol constituie o problemă importantă mai ales în regiunile mediteraneene. Analizând informația existentă în bazele de date și rețelele de monitoring, aproximativ 75 % din suprafața Europei Sudice luată în studiu prezintă un conținut scăzut (3,4 %) sau

foarte scăzut (1,7 %) de materie organică în sol. Agronomii consideră solurile cu conținuturi de materie organică mai mici de 1,7 % ca fiind într-un stadiu de predeșertificare. Există măsuri efective de corectare a acestei tendințe: lucrarea redusă sau nelucrarea solului, agricultura conservativă, acoperirea terenurilor cu plante amelioratoare, aplicarea îngrășămintelor organice cum ar fi bălegarul animalier sau compostul preparat din reziduuri zootehnice, gunoi menajer și nămol orășenesc. Modificarea folosinței terenurilor cum ar fi înființarea fânețelor, pășunilor și împăduririle pot avea efecte benefice asupra conținutului de materie organică din sol.

Presiunile exercitate de activitățile antropice asupra degradării cantitative a conținutului de materie organică din sol sunt (Montanarella, 2006):

- transformarea fânețelor și pășunilor în terenuri arabile;
- drenajul terenului cu exces de apă;
- structura de culturi inadecvată;
- managementul resturilor vegetale necorespunzător, cum ar fi: arderea miriștilor;
- mineralizarea accentuată a materiei organice datorită lucrărilor agricole intensive și continue;
- despăduririle.

Figura 5 prezintă o combinație între un model de simulare a procentului de carbon organic din sol care este transformat într-o hartă a rezervei de carbon organic ordonată pe intervale de valori

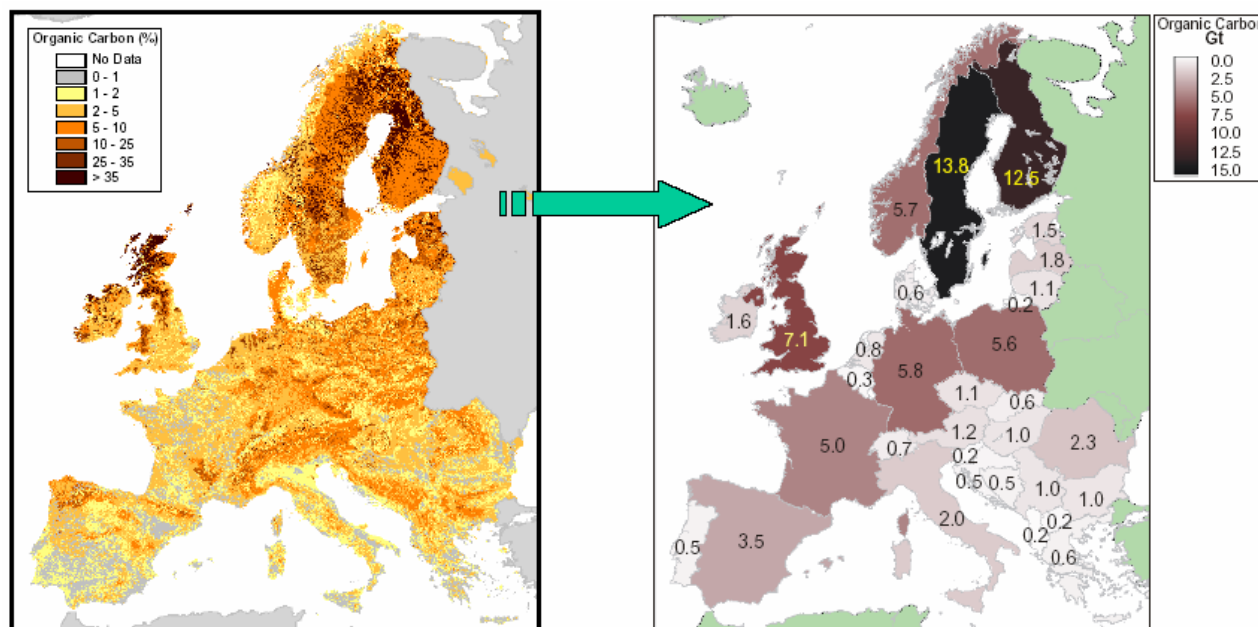
Consecințele scăderii cantitative a materiei organice din sol sunt (Montanarella, 2006):

- eliberarea gazelor de seră;
- efecte negative asupra biodiversității, incluzând aici și biodiversitatea solului;
- reducerea capacității de infiltrare a apei datorită modificărilor în structura solului, sporirii riscului ridicat de apariție a inundațiilor;
- reducerea capacității de absorbție a elementelor potențial poluante și acumularea acestora în corpurile de apă de suprafață și subterane și poluarea atmosferică;
- intensificarea eroziunii cu efectele menționate mai sus, care determină în final:
- pierderea de soluri fertile;
- reducerea fertilității solurilor (de ex. datorită întreruperii ciclurilor de nutrienți);
- poluarea difuză a corpurilor de apă de suprafață;
- efecte negative asupra ecosistemelor acvatice și deci a biodiversității;
- restricții cu privire la folosința terenurilor, reducerea suprafețelor productive și a solului valoros pentru alte activități (agricultură, păduri, spații recreative etc.);

- deprecierea valorii terenurilor.

Conținutul de carbon organic (%) din

Rezerva de carbon organic din sol (0-30 cm)



orizontul de suprafață (0-30 cm) al solurilor

la nivel de țară

Figura 5: Conținut de carbon organic (30 cm) în orizontul de suprafață

2.4.6. Evaluarea riscului & metodologii

În contextul promovării unui management agricol durabil în scopul protecției și conservării celor mai importante resurse ale mediului (sol, apă, atmosferă) comunitatea științifică este preocupată, după cum s-a mai precizat, de implementarea unei Directive de Sol la nivel european. În acest scop au fost stabilite Grupuri de Lucru alcătuite din cercetători remarcanți și cu experiență în acest domeniu, care au încercat să propună niște strategii privind protecția solului în primul rând. Riscul apariției unor hazarduri (pericole) care pot afecta în sens negativ calitatea solului și implicit nivelul său de fertilitate și productivitate este o problemă deosebit de importantă la nivel european care a stârnit o multitudine de discuții și dezbateri în cadrul diferitelor întâlniri de lucru. S-a încercat stabilirea unor metodologii de evaluare a riscului apariției unor procese negative în diferite areale, cum ar fi compactarea, eroziunea, salinizarea și degradarea cantitativă a materiei organice din sol. Au fost propuse niște metodologii, dar ele nu sunt nici pe departe finalizate din punct de vedere al conceptului, al modului de abordare, al rezultatelor estimate. În continuare sunt prezentate propuneri privind metodologiile de estimare a riscului apariției unor procese de degradare agrofizică a solurilor.

2.4.6.1. Evaluarea riscului la compactare & metodologie

2.4.6.1.1. Evaluarea riscului

În opinia lui Van den Acker (2003) trebuie promovate sistemele de modelare, deoarece acestea reprezintă instrumente utile de analiză și evaluare a impactului compactării de subsol asupra sistemului climat-plantă-sol-apă. În cele mai multe modele hidrologice și de prognoză a recoltei, aspectele compactării de subsol nu sunt incluse deși, reducerea grosimii stratului activ, denitrificarea și proprietățile hidrologice modificate au un impact ridicat asupra creșterii și dezvoltării plantelor de cultură, asupra fluxului apei în sol, a scurgerilor de apă la suprafața solului, asupra eroziunii, a utilizării apei și nutrienților și nu în ultimul rând asupra spălării și scurgerii agrochimicalelor în corpurile de apă. De aceea, modelele care estimează recolta subestimează reducerea producției vegetale datorită compactării de subsol. Impactul compactării de subsol asupra creșterii și dezvoltării plantelor de cultură și asupra mediului înconjurător depinde în mare măsură de timp și în cele mai multe cazuri sunt remarcate doar în anii cu condiții climatice extreme, secetoși, respectiv cu exces de umiditate.

O metodă optimă de prevenire a compactării de subsol este aceea prin care se are în vedere ca presiunile exercitate în sol de greutatea sau încărcarea roților mașinilor agricole care efectuează lucrările în teren să nu depășească capacitatea solului de a prelua aceste solicitări. O astfel de abordare necesită informații suficiente și exacte despre proprietățile mecanice ale solului, distribuția încărcărilor în interiorul solului, modelele de calcul al presiunilor din subsol determinate de traficul mașinilor cu capacitate mare pe terenurile agricole și posibilitatea comparabilității între valorile presiunilor reale exercitate în subsol și cele maxim admise de sol. Aceste modele sunt utile pentru că pe baza lor se pot dezvolta sau sisteme de roți cu pneuri sau șenile pentru echipamentele agricole care distribuie uniform presiunile în timpul trecerilor pe terenul agricol și să nu afecteze în sens negativ proprietățile mecanice ale solului. Sunt necesare de asemenea, experiențe în câmp pentru testarea diferitelor tipuri de echipamente de rulare pentru mașinile agricole din punct de vedere al presiunilor pe care acestea le exercită pe sol, al deformațiilor mecanice din sol în urma traficului efectuat de acestea pe terenul agricol și nu în ultimul rând pentru validarea și calibrarea modelelor mecanice de sol. Rezultatele obținute în experiențele de câmp sunt analizate și comparate utilizând modele mecanice de sol, se realizează calibrarea, validarea, apoi fiind utilizate ca date inițiale sau de intrare pentru alte modele în care sunt simulate alte tipuri de încărcări (Van den Acker și al., 2003).

Deoarece rezistența mecanică a solului depinde în mare măsură de starea lui de umiditate pot fi utilizate modelele de apă pentru determinarea rezistenței mecanice în funcție de dinamica conținutului de apă din sol în decursul unui an (Van den Acker și al., 2003).

Arvidsson și colaboratorii (2003) au prezentat un model în scopul stabilirii unor recomandări specifice la nivel de site pentru a evita sau preveni apariția compactării de subsol (Figura 6).

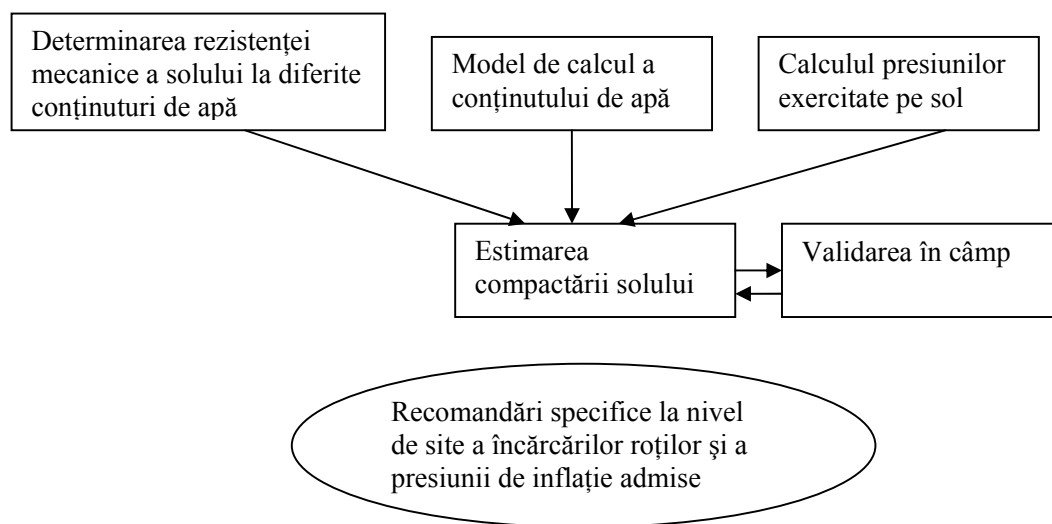


Figura 6: Schemă propusă pentru modul de a dezvolta recomandări privind încărcările din roți, presiunile de inflație admise pentru a preveni compactarea subsolului în timpul traficului mașinilor agricole în condiții diferite de umiditate a solului

Simularea dinamicii apei în sol a fost realizată utilizând modelul SOIL (Jansson, 1991) care prezintă o abordare unidimensională pentru dinamica apei și căldurii într-un sol stratificat acoperit cu vegetație. Modelul utilizează ecuații diferențiale derivate din legea lui Darcy pentru fluxul apei și legea lui Fourier pentru fluxul căldurii. Soluțiile ecuațiilor sunt stabilite numeric utilizând o metodă de diferență finită. Curba de reținere a apei în sol este descrisă utilizând funcția propusă de Brooks și Corey (1964). Conductivitatea hidraulică nesaturată este estimată din curba de reținere a apei stabilită de Mualem (1976). Transpirația potențială este calculată din ecuația combinată a lui Penman în forma prezentată de Monteith (1965). Datele meteorologice constituie variabile de intrare în modelul lui Arvidsson și colab. (2003).

Evaluarea riscului (Arvidsson și al., 2003) a fost realizată pentru un trafic cu încărcare în roți de 8t și o presiune de contact de 220 kPa, valori care corespund unui echipament de recoltare a sfeclei-de-zahăr la capacitatea maximă de recoltare simultană a șase rânduri. Presiunea verticală în sol a fost

calculată utilizând modelul SOCOMO (Van den Ackker, 1988) și pentru un factor de concentrare cu valoarea 5. Presiunea maximă resimțită la 0,30, 0,50, respectiv 0,70 m a fost calculată pentru valori ale presiunii de 175, 125, respective 90 kPa. S-a considerat că a avut loc compactarea în momentul în care presiunea exercitată la o anumită adâncime a fost mai mare decât sarcina de precompresie, parametru care a depins de tensiunea simulată a apei și proprietățile mecanice ale solului stabilite în funcție de diferite valori ale tensiunii apei. Utilizând simulările conținutului de apă realizate zilnic pentru o perioadă de 25 de ani, riscul de compactare a fost calculat ca procent din anii în care se prognoza apariția compactării.

În cadrul ambelor subploturi au fost instalate trei situuri de măsurare care au fost alcătuite din: un tub de acces a sondei neutronice la o adâncime de 2,3 m; cinci tensiometre cu mercur instalate la 0,3, 0,5, 0,7, 0,9 și 1,1 m în fiecare situ. Conținutul de apă din sol a fost monitorizat la 5 sau la 7 zile în timpul perioadei de vegetație. Citirile tensiometrului au fost înregistrate zilnic în timpul perioadei de vegetație și de 1 sau 2 ori pe săptămână în afara acesteia. Precipitațiile și datele meteorologice (temperatura și umiditatea atmosferică, vântul, radiația globală) au fost obținute de la stațiile meteorologice din cadrul fermei experimentale, la o distanță de 200 m în afara plotului. Bilanțul apei a fost calculat din ecuația de conservare a masei:

$$S = R + I - D - AET$$

Modelul de simulare SIMWASER

Modelul SIMWASER realizat de Stenitzer și Murer (2003) este un model mecanic deterministic care are ca scop descrierea relației între bilanțul apei în sol și creșterea plantei. Ambele procese sunt într-o strânsă legătură datorită interacțiunii fiziologice dintre asimilație și transpirație, cea din urmă fiind influențată de condițiile atmosferice și disponibilitatea apei în sol pentru rădăcinile plantelor. Procesul de compactare afectează în mod direct dezvoltarea plantei prin restricționarea spațiului necesar formării sistemului radicular, care nu mai are forța necesară de a penetra un sol tasat (compactat) cu rezistență mecanică mai mare. Prin compactare volumul spațiului poros din stratul activ al solului se reduce afectând în sens negativ dezvoltarea în condiții optime a plantei cultivate. Mai mult, straturile de sol compactate determină scăderea conductivității hidraulice, deci capacitatea de infiltrație apei este scăzută, apa rămâne cantonată în orizontul de suprafață, respectiv stratul activ, cu efecte negative asupra dezvoltării în condiții optime a plantei cultivate. Modelul SIMWASER care va fi descris în continuare, are în vedere toate aceste probleme. Modelul SIMWASER nu prognozează compactarea în sine, ci estimează efectele acesteia asupra recoltei și bilanțului apei în

sol. De aceea, este important să se stabilească parametrii de sol relevanți pentru descrierea compactității. Aceștia sunt: conținutul de apă, conductivitatea hidraulică și rezistența la penetrare a fiecărui strat de sol ca funcții ale potențialului apei în sol (tabelul 7) (Moreno și al., 2003).

Tabelul 7 Date de intrare ale modelului

Date de intrare	Sursa
<i>Date de climă și irigație</i> Temperatura și umiditatea atmosferică, Viteza vântului, radiația globală, precipitațiile Irigație	Stație meteo la situul experimental Date experimentale
<i>Parametri de sol</i> Caracteristici de umiditate Conductivitate hidraulică Rezistență la penetrare	Date experimentale Date experimentale Calculată conform lui Canarache (1990)
<i>Parametri de plantă</i> Rezistența minimă a stomatelor Înălțimea efectivă a plantei Adâncimea efectivă de penetrare a sistemului radicular Zile necesare pentru atingerea fazei de maturitate	Calibrată Valoare medie din literatură Valoare medie din literatură Calibrată

O'Sullivan și colab. (1999) au prezentat un model simplificat pentru studiul relației sarcină/efort dintre mașina agricolă care induce presiunea pe sol și factorii de sol care guvernează procesele de compactare. Pentru estimarea distribuției presiunilor a fost utilizat conceptul modelului DVWK (1997), rezistența mecanică a solului a fost descrisă prin factori de concentrare empirici și consecințele acțiunii presiunilor exercitate de mașinile agricole asupra stării structurale a solului au fost exprimate prin volumul specific, un indicator al compactității solului (Alakukku și colab., 2003).

Pe baza teoriei statice critice a fost posibilă realizarea interconexiunii dintre presiune și efort, considerând această relație un proces care acționează în mod direct în solurile stratificate și omogene și utilizând modelele elementului finit (Horn și colab., 1998, Kirby, 1999, Poodt și colab., 2003). Riscul apariției compactării de subsol este mare atunci când solurile cu un conținut ridicat de apă sunt solicitate datorită traficului cu mașini care au încărcătura pe osie și presiunea în pneurile roților mari și contactul acestora cu solul este moderat către ridicat (Alakukku și colab., 2003).

Având ca scop prevenirea compactării solului au fost făcute recomandări pentru admiterea valorilor maxim ale presiunii medii de contact stabilite de Rusanov (1994), citat de Alakukku (2003).

Petelkau (1984) recomanda ca pe solurile nisipoase, lutoase și argiloase presiunea de contact să nu depășească 50 kPa (80), 80 kPa (150), 80 kPa (150) sau respectiv 150 kPa (200) în anotimpul de

primăvară (în toamnă sunt admise valori mai mari, deoarece conținutul de apă din sol este mai mic de 70 % din capacitatea de câmp). Pentru conținuturi de apă ale solurilor minerale mai mari decât capacitatea de câmp, presiunea de contact nu trebuie să depășească 40-50 kPa, după recomandările făcute de Bondarev și colab. (1988), citat de Lipiec și Simota (1994). Carpenter și Fausey (1983) sugerau că presiunea de contact maxim admisă la trecerea mașinilor agricole cu încărcare pe osie și greutate în pneurile roților mari nu ar trebui să depășească rezistența mecanică a subsolului (Alakukku și colab., 2003).

Rusanov (1994) a raportat valori standard oficiale ale presiunii maxim admise la o adâncime de 0,5 m (tabelul 8). El a stabilit de asemenea nivele maxime ale presiunii de contact care sunt în mod clar mai mari decât sarcina admisă de subsol (tabelul 8) (Alakukku și colab., 2003).

Tabelul 8 Standard oficial pentru presiunea de contact medie și sarcina verticală a solului la 0,50 m adâncime, valori maxime admise, în diferite condiții de sol, pentru a preveni compactarea solurilor fine în câmpurile agricole, fânețe și pășuni (Comitetul de Stat pentru Standarde al URSS, 1986, Rusanov, 1994)

Conținut de apă în sol la capacitatea de câmp %	Presiunea de contact (kPa)				Sarcina în sol la 0,50 m adânc.	
	Primăvară		Primăvară/toamnă		Primăvară	Primăvară/toamnă
	Argilă	Nisip, lut nisipos	Argilă	Nisip, lut nisipos		
> 90	80	95	100	120	25	30
70-90	100	120	120	145	25	30
60-70	120	145	140	170	30	35
50-60	150	180	180	215	35	45
< 50	180	215	210	250	35	50

Din punct de vedere practic este relevant faptul că recomandările făcute pentru presiunea de contact cu solul se încadrează în același interval de valori pentru presiunea de inflație din pneuri dat de Dwyer (1983, 50 kPa pentru solurile cu umiditate ridicată, 100 kPa pentru solurile uscate) și Perdok și Tijink (1990, 50 kPa pentru solurile cu umiditate ridicată, 250 kPa pentru solurile uscate). Söhne (1953) a recomandat în urma studiilor efectuate, o presiune maximă de inflație de 80 kPa în anii '50 pentru orizontul arabil lucrat în condiții normale de umiditate în câmp (Alakukku și colab., 2003).

Pentru a preveni compactarea solului sub adâncimea lucrării agricole de bază (0,2-0,3 m), sarcinile pe osie nu ar trebui să depășească 4-6 Mg, aceasta fiind recomandarea făcută pentru solurile minerale cu umiditate ridicată (Danfors, 1974, 1994, Voorhees și Lindstom, 1983, Petelkau, 1984). Se acceptă aceste limite chiar dacă presiunea de inflație în pneuri atinge valoarea de 50 kPa (Danfors, 1994). Pentru încărcările în axele roților, în cazul solurilor cu umiditate ridicată, Danfors (1974, 1994) a propus o limită de 8-10 Mg. Pentru a preveni însă compactarea subsolului aceste recomandări ar trebui evitate. Distribuția greutății trebuie să varieze între roți pe aceeași axă. Este de preferat să se ia

în considerare încărcarea în roată și nu încărcarea în axă și trebuie să fie strâns legată cu recomandările privind presiunea de contact cu solul. Legătura între cei doi parametri este necesară deoarece încărcarea pe roată nu oferă informații suficiente în ceea ce privește sarcina transferată solului și distribuția acesteia în sol. Recomandările trebuie astfel stabilite încât să reflecte problemele critice care pot apărea în timpul utilizării mașinii agricole și să fie adaptate la condițiile reale existente în terenul agricol la momentul rulării echipamentului. Mașinile și echipamentele agricole utilizate pentru efectuarea diferitelor lucrări pe teren (Alakukku și colab., 2003) ar trebui adaptate la sarcina maximă pe care o poate suporta subsolul prin controlul încărcării pe roți și utilizând presiuni de inflație scăzute în pneuri. De asemenea, se recomandă stabilirea unor sarcini de preconsolidare pentru a estima posibila vulnerabilitate a subsolului și în acest sens este necesară investigarea amănunțită a unor tehnici de măsurare a sarcinii de preconsolidare. Trebuie avută în vedere dezvoltarea unor modele performante de evaluare a vulnerabilității subsolului și a riscului apariției compactării de adâncime în diferite condiții (Alakukku și colab., 2003).

Analizele sau studiile legate de riscul degradării mediului înconjurător prin apariția unor procese negative cum ar fi compactarea subsolului (de adâncime) trebuie să aibă obligatoriu în vedere gradul de vulnerabilitate al subsolului la astfel de procese, traficabilitatea la suprafața solului, condițiile climatice locale, sistemul de cultură, operațiile tehnologice efectuate pe terenul agricol și interacțiunea acestor factori cu solul. Studiile privind evaluarea riscului la degradare a resurselor de mediu trebuie să aibă ca obiectiv principal protecția subsolului (Chamen și colab., 2003).

Există un risc ridicat de apariție a compactării de subsol în timpul operațiilor de recoltare, datorită capacității mari a mașinii agricole și a presiunii de contact ridicate la suprafața solului. Reducerea capacității echipamentului de recoltare nu este o soluție economică, dar trebuie stabilit timpul maxim de lucru al combinei, în funcție de capacitatea solului de a prelua sarcinile induse de traficul pe teren al acesteia. De asemenea se au în vedere toți factorii implicați în această operație de la momentul începerii recoltării propriu-zise până la acela al stocării recoltei. De exemplu, dacă recoltarea grâului se efectuează cu o combină cu capacitatea 30 t/oră, deși sistemul de operare permite o stocare de doar 25 t/oră, este clar că apar pierderi din punct de vedere al costurilor și posibile riscuri de apariție a compactării de subsol ca urmare a traficului exagerat cu echipamente grele la suprafața solului. Stabilirea unui timp de lucru optim al echipamentului de recoltare este mai indicat decât reducerea capacității combinei, conducând astfel la o îmbunătățire a sistemului tehnologic din punct de vedere al eficienței economice. (Chamen și colab., 2003).

Pentru cele mai multe echipamente de recoltare, din punct de vedere economic nu este recomandată reducerea capacității mașinii ; pentru a evita apariția compactării, se va urmări reducerea presiunii de contact cu solul prin distribuirea adecvată a greutății echipamentului sistemului de rulare, respectiv axelor roților. Distribuirea sarcinii între axe poate fi realizată cu ajutorul unei componente speciale pentru transferul greutății (Tijink și colab., 1995) sau adăugând sistemului o axă suplimentară (Olsen și colab., 1994) :

« Dacă axele hidraulice de extensie asigură posibilitatea schimbării poziției roților în afara liniei de rulare, este aproape sigur că se reduce riscul apariției compactării în subsol, dar va crește suprafața afectată de compactare în orizontul de suprafață ».

Apariția în ultima perioadă a unor sisteme de rulare avansate va determina în perioada imediat următoare realizarea unor îmbunătățiri tehnice ale mașinilor și echipamentelor agricole care vor transmite solului încărcări uniforme distribuite pe care acesta le poate suporta fără pericolul apariției proceselor negative cum ar fi compactarea de adâncime care are efecte negative asupra productivității terenului agricol (Chamen și al., 2003).

Clasele de textură a solului utilizate pentru evaluarea susceptibilității sunt cele din sistemul de clasificare FAO-UNESCO. Densitatea de împachetare a subsolului este estimată utilizând Ecuația (1), cunoscând densitatea aparentă actuală și conținutul de argilă (% g/g).

PD = DA + 0,009 * A (1) în care :

- PD este densitatea de împachetare în Mgm^{-3} ,
- DA este densitatea aparentă în Mgm^{-3} ,
- A este conținutul de argilă (% g/g).

Pentru echipamentele de lucru, presiunea de contact cu solul calculată cunoscând masa vehiculului și suprafața de contact, în general, prezintă o situație optimistă în comparație cu cea reală. Din acest motiv, se recomandă ca în studiile de evaluare a riscului compactării de subsol, valoarea presiunii de contact cu solul calculată să fie cel puțin dublată. Experiența a arătat că acest lucru permite concentrarea sarcinii/efortului sub sistemul de rulare și distribuirea sarcinii necunoscute (Spoor și colab., 2003).

2.4.6.1.2. Metodologie de evaluare a riscului la compactare propusă la nivel european

Varietatea și variabilitatea practicilor agricole, impactul acestora asupra diferitelor tipuri de sol, lipsa unor informații detaliate la nivel spațial afectează în sens negativ precizia estimărilor riscului la compactare chiar utilizând abordarea cantitativ. Mai mult, se apreciază că factorii de stres principali

care determină apariția compactării și extinderea lor la nivel spațial ar putea fi identificați, în principiu din informațiile furnizate de folosința terenului (CORINE), utilizarea terenului (NUTS 3) și topografia (SRTM). Desigur că ulterior sunt necesare efectuarea unor analize detaliate privind practicile de management agricol (de ex. sistemul de cultură, densitatea de împachetare, etc.). Toate aceste informații pot fi apoi analizate în relație cu datele de sol (EUSIS) și cele climatice (pentru a estima perioadele când umiditatea solului depășește valorile critice (Eckelman și colab., 2006).

2.4.6.2. Evaluarea riscului la eroziune & metodologie

2.4.6.2.1. Evaluarea riscului

Riscul la eroziune poate fi estimat utilizând abordarea bazată pe sistem expert (calitativă) sau cea bazată pe model (cantitativă) (Grimm și colab., 2002). În ultima decadă au fost dezvoltate o serie de inițiative pentru evaluarea riscului la eroziune a solului la nivel de țară, la european și global. Cele mai cunoscute metodologii de evaluare a riscului la eroziune sunt: i) CORINE (1992), ii) RIVM (1992), iii) GLASOD (Van Lyinden, 1994, 1995), iv) EEA (2000), v) USLE (Van der Knijff și colab., 2000; Grimm și colab., 2002) și vi) PESERA (Gobin și colab., 1999).

Cercetările efectuate au sugerat că pe lângă acoperirea cu vegetație și topografie, proprietățile dispersive ale litologiei locale constituie variabile importante pentru evaluarea riscului la eroziune. Faulkner și colab., 2003 au dezvoltat o metodă pentru estimarea gradului de eroziune a solului, care include toți acești factori și în care fotografiile din aer NERC realizate în 1996 și 2001 au fost utilizate ca date de bază, fiind elaborată o hartă a modificărilor folosinței terenurilor în perioada 1996-2001.

2.4.6.2.2. Metodologie de evaluare a riscului la eroziune propusă la nivel european

PESERA este un mod de abordare a evaluării riscului la eroziune a solului la nivel european (Gobin și colab., 1999). PESERA utilizează un model de distribuție spațială și bazat pe proces pentru cuantificarea eroziunii prin apă a solului și estimează acest risc la nivelul întregului continent european. Rezultă o hartă de risc la eroziune anuală a solului (1km x 1km) (Figura 7), care prezintă pierderile de sol estimate în t/ha/an. Rezultatele agregate la nivel de NUTS 3 (Anexa 2) permit derivarea din acest indicator a unor informații relevante.

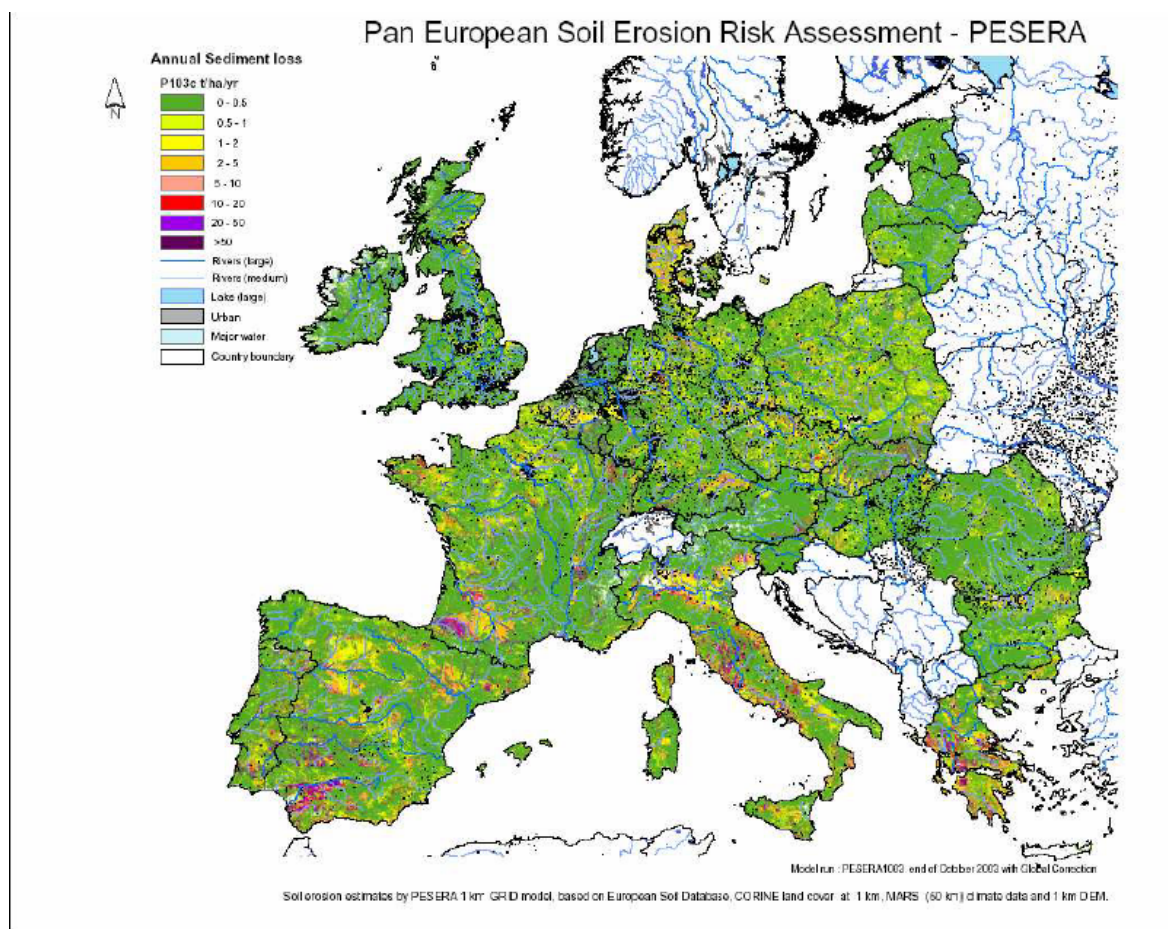


Figura 7 Riscul de eroziune prin apă a solului anuală (date originale din proiectul PESERA)

2.4.6.3. Evaluarea riscului la salinizare & metodologie

2.4.6.3.1. Evaluarea riscului

Estimarea riscului la salinizare la nivel regional implică integrarea condițiilor de hidrologie, hidrogeologie, sol, managementul terenurilor (Bui și colab., 1996) și toate acestea pot fi combinate cu modele de simulare și sistemele informatice geografice (SIG) (de Paz și colab., 2004).

Modelele de simulare care pun în evidență efectul irigației și drenajului asupra salinizării solului pot influența deciziile privind alegerea unui management adecvat pentru fiecare tip de combinație între climat, sol și apă. Este absolut necesar un sistem de decizie pentru o calitate a apei satisfăcătoare. Pentru a extinde capacitățile modelelor de salinizare a solului la scară regională este necesară cuplarea acestora cu sistemele informatice geografice (SIG). Utilizând un astfel de instrument combinat este posibilă elaborarea unor hărți predictive a riscului la salinitate, identificarea arealelor cu probleme și gradul de extindere al acestora. Mulți cercetători au simulat riscul de salinizare la scară regională utilizând sistemele informatice geografice (SIG) (Corwin și colab., 1986, 1996, 1997;

Vaughan și colab., 1996; Bui, 1997; Bui și colab., 1999; Mac Millan, Marciak, 2000; Utset, Borroto, 2001) având ca obiectiv principal identificarea arealelor care au un risc ridicat la acumularea de săruri (de Paz și colab., 2004).

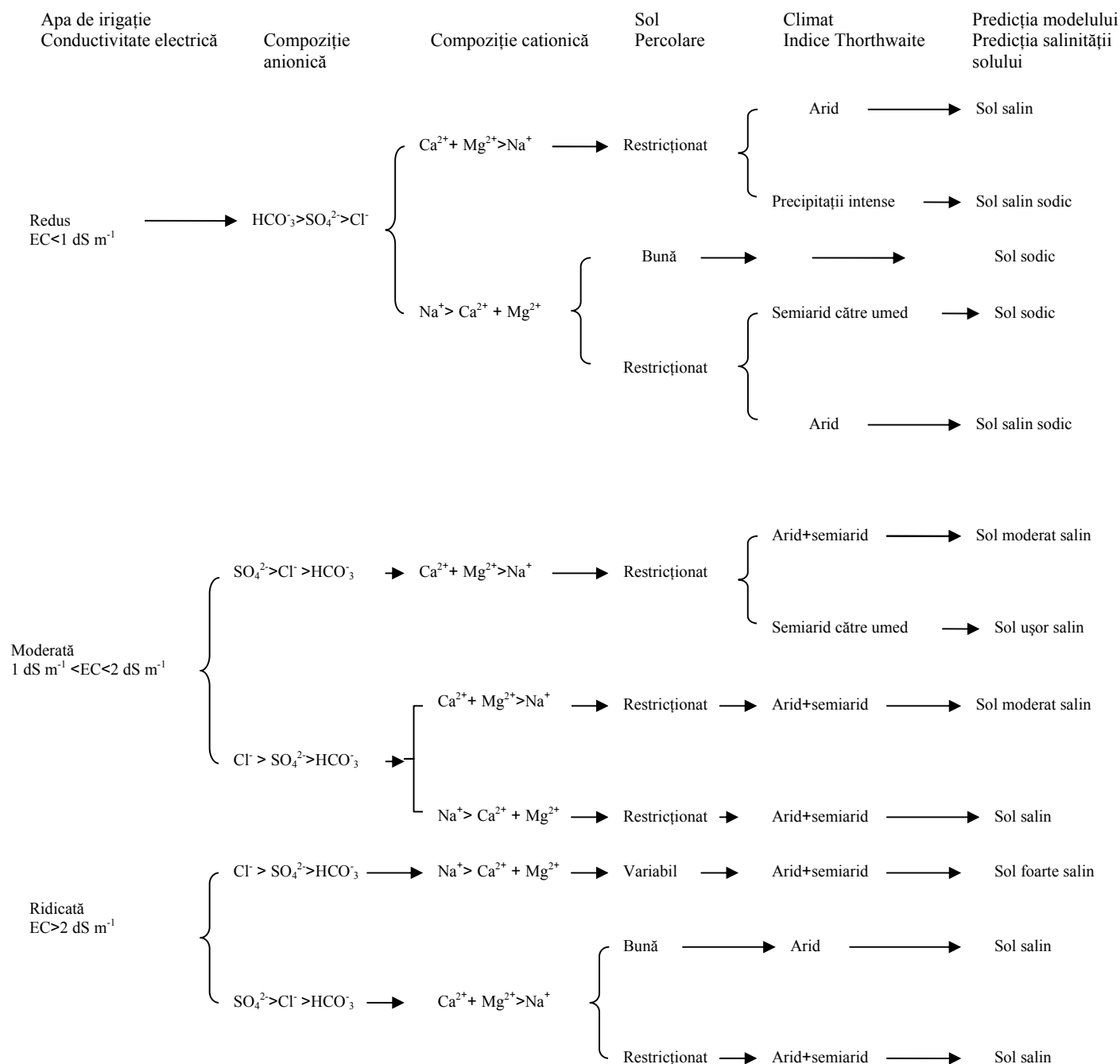


Figura 8: Evaluarea criteriilor de sodicitate-salinitate (Adaptat după Pla, 1996, 1997). Solurile cu $EC > 8 \text{ dS m}^{-1}$ au fost clasificate ca foarte saline, cele cu $EC > 4 \text{ dS m}^{-1}$ ca saline, cele cu $EC > 2 \text{ dS m}^{-1}$ ca moderate către ușor saline și cele cu $EC < 2 \text{ dS m}^{-1}$ ca nesaline (de Paz și colab., 2004).

Pentru simularea comportării sărurilor în profilul de sol au fost dezvoltate mai multe modele. Unele dintre acestea cum ar fi UNSATCHEM (Simunek și Suarez, 1994), SALTMED (Ragab, 2002) și BUDGET (Raes și colab., 2001) sunt foarte complexe și cerința mare de date determină imposibilitatea de a le aplica la scară largă. Modele simple cum ar fi criteriile de evaluare (figura 9) au dezvoltat Pla (1996, 1997) și Riverside.

2.4.6.3.2. Metodologie de evaluare a riscului la salinizare propusă la nivel european

Datele de intrare necesare pentru identificarea arealelor cu risc includ: profilul de sol, caracteristicile fizice și chimice ale acestuia, compoziția și hidrologia apei freactice, utilizarea și managementul terenului, climatul. Deși o parte din aceste informații sunt accesibile la nivel european, este posibil ca la scară regională limitările în ceea ce privește problemele de salinizare a solului să nu corespundă situației reale, deoarece în multe țări membre ale Uniunii Europene acest proces de degradare este practic inexistent. Gradul de extindere al arealelor cu risc la apariția salinizării a fost identificat la nivel european într-o hartă a solurilor, elaborată de Szalbocs, 1974 (Eckelman și colab., 2006).

2.4.6.4. Evaluarea riscului de degradare prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol & metodologie

2.4.6.4.1. Evaluarea riscului

Statele europene au acordat o mai mică importanță acestui tip de degradare. De aceea în doar câteva țări au fost dezvoltate și implementate rețele de monitorizare a materiei organice din sol. În multe state fermierii aplică măsuri de refacere a conținutului de materie organică din sol prin aplicarea îngrășămintelor organice în scopul creșterii productivității terenului agricol. Aplicarea acestor măsuri se face diferit în funcție de mai mulți factori, cel mai important fiind utilizarea terenului. Mai mult, în unele situații nu există suficiente informații cum ar fi de exemplu, cele legate de starea de compactitate a solului. Absența unor rețele de monitorizare și a datelor îngreuează statele europene în respectarea obligațiilor Protocolului de la Kyoto în problemele legate de managementul solului.

2.4.6.4.2. Metodologie de evaluare a riscului la degradare prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol

Pierderile unor cantități de carbon organic în sol au fost asociate cu modificări în utilizarea terenului, în modul de cultivare a solului, în condițiile climatice. Studii recente efectuate în acest domeniu evidențiază riscul potențial de pierdere a funcțiilor și proceselor în sol care sunt asociate cu scăderea conținutului de materie organică (Lal și colab., 2004). Bellamy și colab., 2005, în studii de monitorizare a materiei organice din sol, efectuate în Marea Britanie, au observat că indiferent de

folosința terenului, au apărut tendințe clare de scădere a cantității de materie organică. Davidson și Janssens, 2006 au efectuat cercetări în ceea ce privește impactul temperaturii asupra sensibilității materiei organice din sol la descompunere. O dependență a descompunerii materiei organice în funcție de temperatură poate influența reducerea cantitativă a materiei organice din sol îndeosebi în regiunile călduroase ale Europei. Jones și colab., 2005 au realizat estimări și au stabilit că anual se pierde 0,6 % din conținutul total de carbon organic din sol în ecosistemele terestre ale Europei. Leifels și colab., 2003, Arrouays și colab., 2003 au observat modificări în rezerva de carbon organic în diferite țări europene. JRC ISPRA a sugerat recent o strategie de monitorizare a materiei organice din sol în întreaga Europă (Stolbovoy și colab., 2005).

Propunerea de realizare și implementare a unei Directive de către *consiliul și parlamentul european* prezintă un tabel legat de „*Elemente comune pentru identificarea arealelor cu risc la apariția degradării prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol*”. Tabelul prezintă diferite elemente cu rol important în identificarea arealelor cu risc la apariția degradării prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol. Acestea sunt unitățile tipologice de sol (UTS), textura solului (conținutul de argilă), topografia, folosința terenului și utilizarea terenului (Kelly și colab., 1997, Eckelman, 2006).

Criteriile comune pentru identificarea arealelor cu risc de apariție a unor pericole (procese de degradare) ne oferă un cadru general al modurilor de abordare a riscului apariției diferitelor pericole asupra solului. Estimările pot fi prognozate utilizând funcții de pedotransfer. Gradul de acoperire în cele 25 de state membre este variabil, dar conversiile conținutului de carbon estimat care se regăsesc în Sistemul European de Informare a Solului (Institutul European pentru Standardele Studiilor de Investiții) au fost combinate cu funcții de pedotransfer cu aplicarea unor valori limită ($< 2\%$ sau $> 8\%$) pentru a identifica arealele cu risc la degradare agrofizică prin pierderea cantitativă a materiei organice din sol.

3. Activitatea 1.2. Dezvoltarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solurilor

Este recunoscut faptul că la ora actuală în România suprafețe importante de teren sunt afectate de procese de degradare, care au un puternic impact negativ asupra conservării stării de fertilitate a solurilor agricole. Având în vedere recenta aderare la Uniunea Europeană, România va avea obligația de a respecta normele și legislația stabilite de Consiliul și Parlamentul European prin Directiva de Sol, care va fi implementată în toate țările membre UE. Prin urmare este necesară elaborarea unei metodologii complexe și unitare de evaluare, în funcție de condițiile specifice locale (climă, sol,

relief, condiții socio-materiale), a riscului la degradare agrofizică a solului, în contextul aplicării legislației europene cu privire la protecția solului.

3.1. Situația actuală a problemicii privind degradarea agrofizică în România

În țara noastră, procesele degradării solului, intensitatea de manifestare și gradul de extindere al acestora au fost studiate, de-a lungul anilor prin numeroase programe și proiecte de cercetare. Cauza importantă a apariției diferitelor procese negative de degradare agrofizică a terenurilor agricole o constituie aplicarea timp îndelungat a sistemelor tehnologice convenționale, care au determinat înrăutățirea proprietăților fizice, chimice, biologice ale solurilor și în final a stării de productivitate ale acestora. Aplicarea unui management agricol defectuos, fără a avea în vedere condițiile specifice locale a mărit riscul apariției degradării agrofizice a solurilor și a intensificat aceste procese negative care afectau deja suprafețe importante de teren.

Institutul nostru a efectuat, de-a lungul anilor, studii detaliate privind această problemă complexă și deosebit de importantă, prin diferite programe de monitorizare. Astfel, există o mare varietate de factori limitativi și procese, care afectează capacitatea de producție a solurilor. În tabelul 9 este prezentată ponderea suprafețelor afectate de procese de degradare agrofizică a solurilor prin eroziune, compactare, salinizare, scăderea conținutului de materie organică din sol.

Tabelul 9 Ponderea suprafețelor afectate de diferite procese de degradare agrofizică a solurilor agricole în România (mii ha) (M. Dumitru și colab., 1999, Anuar statistic, 2001)

Degradare agrofizică	Suprafață agricolă	Suprafață arabilă
	(mii ha)	
Eroziune a solului prin apă, din care:	6300	2100
- alunecări de teren	702	
Eroziune eoliană	378	273
Sărăturare a solului	614	
Compactare primară (naturală) a solului		2060
Compactare secundară (antropică) a solului	7485	4525
Scăderea rezervei de humus din sol		6500

Compactarea solului

În România cercetările asupra compactării solului au început în urmă cu peste 40 de ani, incluzând o mare varietate de condiții de sol, climat, factori și procese de experimentare, o sinteză a datelor obținute fiind realizată în cadrul institutului nostru de către Elisabeta Dumitru și A. Canarache, M. Dumitru (2000) și A. Canarache și Elisabeta Dumitru (2001). Au fost realizate experiențe în condiții controlate (A. Canarache, Thaler, 1962) privind relația dintre starea de compactitate și regimul de umiditate al solurilor luto-argiloase asupra producției de ovăz. Ulterior au fost dezvoltate noi cercetări, luând în considerare și alți factori cum ar fi fertilizarea pe diferite tipuri de sol, urmărind efectul combinat al acestora supra producției de ovăz (Canarache, Vintilă, 1987). A fost, de asemenea, urmărit efectul încorporării în sol a diferitelor materiale organice reziduale de tipul reziduurilor menajere compostate și a nămolurilor orășenești compostate asupra transferului diferiților compuși chimici în sol și plantă și importanța lor asupra mediului înconjurător (Elisabeta Dumitru și colab., 1987).

Odată cu intensificarea mecanizării în cadrul sistemelor tehnologice agricole informațiile existente privind efectele compactării asupra solului au fost completate cu noi studii și cercetări în câmp. Acestea s-au dezvoltat în diferite etape, de la observații și determinări efectuate pe urmele combinelor după recoltarea cerealelor (Florescu, Canarache, 1965) sau în zone intens mecanizate și irigate (Dumitriu și Canarache, 1983), la experiențe efectuate pe fâșii cu intensitate diferită a traficului de suprafață, urmărind efecte imediate, remanente și măsuri de ameliorare (A. Canarache, Elisabeta Dumitru, 1984, 1988), până la experiențe complexe, organizate pe parcele subdivizate multifactoriale (intensitate și moment al traficului de suprafață, fertilizare organică și minerală) în condiții climatice și de sol diferite, acoperind aproape toate zonele agricole importante ale țării. S-au urmărit în dinamică efectele directe și remanente asupra solului și biomasei în regim neirigat (Elisabeta Dumitru și colab., 1990) și irigat pe solul brun-roșcat (Elisabeta Dumitru și colab., 1993), evaluarea la nivel național a extinderii și a efectelor compactării solului (A. Canarache și Elisabeta Dumitru, 1988), efectul compactării asupra bilanțului apei în sol, a recoltelor obținute și extrapolarea în timp și spațiu utilizând modele matematice de simulare (C. Simota, A. Canarache, 1988, C. Simota, Lipiec, Elisabeta Dumitru, 2000, C. Simota, 2001), estimarea riscului utilizând funcții de pedotransfer și a Sistemului Informatic Geografic în vizualizarea distribuției arealelor cu risc la apariția degradării fizice prin compactare în România (A. Canarache, Elisabeta Dumitru, 2000).

Au existat preocupări similare și în alte instituții și stațiuni de cercetare agricolă, unde în studiile efectuate în regim controlat, alături de starea de compactitate și aprovizionarea cu apă s-au luat în

studiu și compoziția granulometrică, urmărindu-se influența asupra producției de cartof (Berindei și colab., 1968). Au fost efectuate și studii în câmpuri experimentale, unde s-a urmărit influența traficului de suprafață al mașinilor agricole asupra solului și recoltei de cartof (Berindei și colab., 1968), și altor culturi agricole (porumb, floarea-soarelui, grâu) (Sin și colab., 1988, Bârcă și colab., 1991). În livezile pomicole s-au efectuat studii privind efectele trecerilor repetate ale echipamentelor agricole pentru lucrările agricole asupra solului și dezvoltării masei radiculare (Iancu și colab., 1979, Iancu și colab., 2001).

Problematica este amplă, de actualitate, sunt necesare în continuare studii și cercetări care să evidențieze în primul rând arealele cu susceptibilitate ridicată la apariția proceselor de compactare utilizând metodologii moderne propuse sau chiar utilizate la nivel european, care însă trebuie adaptate, armonizate cu condițiile specifice (climă, sol, relief etc.) existente la nivelul țării noastre.

Eroziunea solului

Eroziunea solului este considerată una dintre cele mai complexe și grave forme ale degradării solului, în special pentru terenurile pe pantă aflate în folosință la arabil. Efectele intensificării proceselor erozionale sunt cunoscute, activitatea umană având un rol important prin stabilirea modului de folosință a terenului, a structurii culturilor pe terenurile arabile, prin sistemul tehnologic de cultivare a plantelor utilizat. Procesele erozionale prin apă pe solurile cultivate sunt generate în principal de lucrarea solului. În acest sens au fost realizate numeroase cercetări pe parcele experimentale și prin studii expediționare luând în considerare diferiți factori. Eroziunea eoliană este larg răspândită în zonele mai uscate, pe solurile nisipoase din zona de sud a Olteniei, partea de est a Câmpiei Române. De asemenea pe solurile lutoase și luto-nisipoase degradate structural procesul de eroziune eoliană se manifestă într-o formă mai ușoară prin fenomenul de „prăfuire”, care are loc în perioadele mai secetoase de pregătire a patului germinativ și semănat. Sunt determinate astfel procese de colmatare a spațiului macroporos de la suprafața solului și de crustificare, fiind influențate negativ culturile agricole prin reducerea germinației și a răsăririi.

Degradarea solului prin diferite forme de eroziune a constituit una din cauzele importante ale degradării mediului înconjurător prin contaminarea apelor de suprafață și poluarea mediului înconjurător. În agricultura convențională practică pe terenurile în pantă, ca urmare a proceselor erozionale de scurgere au avut loc în aval fenomene de colmatare și depunere a sedimentelor, fracțiuni solide încărcate cu materie organică, nutrienți, componenți organici toxici, agenți patogeni, deteriorând corpurile de apă de suprafață. Purnavel și colab. (2004) studiind impactul negativ al

scurgerilor lichide și solide asupra colmatării și degradării calității apei din bazinul „Cuibul Vulturilor” au arătat că într-o perioadă de 14 ani procesul de colmatare a bazinului a crescut cu o medie anuală de 2,3% reducându-se volumul de stocare al apei. Rezultatele obținute privind concentrația de diferite elemente chimice acumulate, care au ca sursă îngrășămintele minerale utilizate pe terenurile agricole, deși crește în perioada în care solul nu este acoperit de vegetație, nu sunt depășite limitele maxim admisibile, deci din acest punct de vedere calitatea apei nu este afectată.

Studiile efectuate de Filiche și Purnavel (2004) în ceea ce privește calitatea apei freatice ca sursă de apă potabilă au prelevat probe din 19 puțuri de adâncime situate pe un traiect transversal de deal și au analizat reacția, turbiditatea, conținutul de macronutrienți și microelemente. Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate în decursul a 4 ani au evidențiat faptul că, în zonele din amonte și aval concentrația nitraților și a fosfaților depășesc limitele maxim admise pentru apa potabilă conform standardelor românești, celelalte aflându-se în intervalul normal de variație.

Efectele negative ale proceselor erozionale asupra solului au deci un impact negativ direct asupra altor resurse ale mediului înconjurător, iar studiile realizate la nivelul țării noastre evidențiază clar acest lucru. Mai mult studiile și estimările realizate în ultimele de cade arată că, anual se pierde prin eroziune aproximativ 126 milioane tone de sol fertil (1982). Prin urmare este absolut necesară estimarea riscului de apariție a degradării prin eroziune utilizând metodologii avansate, performante dezvoltate și aplicate la scară europeană. Pentru aceasta însă este necesară actualizarea și completarea bazelor de date existente, adaptarea metodologiilor stabilite la nivel european în funcție de diversitatea condițiilor specifice existente în țara noastră.

Salinizarea solului

Prezența proceselor de salinizare a constituit tematica multor studii și cercetări efectuate în țara noastră cel puțin în ultima perioadă în cadrul unor proiecte de cercetare. Schimbările climatice survenite în ultimii ani a determinat comunitatea științifică să acorde o atenție importantă proceselor negative care influențează calitatea solului și implicit deteriorează corpurile de apă de suprafață și subterane. Prezența proceselor de salinizare determină acumularea de săruri solubile în solurile nesaturate cu apă, care constituie o problemă gravă din punct de vedere al compoziției sărurilor. Solul poate fi contaminat cu elemente potențial poluante care pot fi, apoi fie translocate în plantele cultivate peste limitele de toleranță, fie acumulate în corpurile de apă, afectând în sens negativ siguranța și securitatea alimentară.

În țara noastră probleme deosebite privind salinizarea au apărut în interiorul Bazinului Carpatic, unde sunt prezente suprafețe mari cu soluri sodice, care nu sunt destinate practicării agriculturii. Acestea sunt însă în creștere având în vedere schimbările climatice survenite în ultima perioadă. Au fost realizate planuri, rețele de monitorizare, care însă, trebuie actualizate, pentru a obține o bază de date clară, precisă care să poată fi utilizată în cadrul metodologiilor propuse la nivel european de estimare a riscului la degradare agrofizică prin salinizare, în scopul obținerii unor rezultate care apoi să fie integrate în studiile și cercetările care se efectuează în acest sens în țările membre ale Uniunii Europene, care au ca obiectiv principal elaborarea și implementarea unei Directive de Sol.

Pierderea cantitativă a materiei organice din sol

Cantitatea și calitatea materiei organice reprezintă una dintre cele mai importante caracteristici agrochimice ale solului care influențează nivelul său de fertilitate și productivitate. Are un rol esențial în aprovizionarea cu elemente nutritive a plantelor cultivate, în stabilizarea stării structurale a solului, în îmbunătățirea caracteristicilor solului în relație cu apa. Prin urmare reducerea conținutului de carbon organic din sol are efecte negative asupra capacității de structurare a solului, fiind afectate indirect însușirile agrochimice prin apariția unor dezechilibre de nutriție, pierderea de nutrienți esențiali pentru creșterea și dezvoltarea plantelor cultivate. De asemenea proprietățile solului legate de capacitatea reținere-cedare a apei sunt grav afectate, astfel că starea solului, una dintre cele mai importante resurse ale mediului înconjurător este înrăutățită.

În țara noastră practicarea agriculturii convenționale timp îndelungat, prin aplicarea unui management agricol defectuos, fără a avea în vedere condițiile specifice locale (sol, climat, relief) a determinat reducerea rezervei de materie organică din sol mai ales în arealele cerealiere din zona de sud, sud-est. Lucrarea intensivă a solului, păstrarea la suprafață și încorporarea unor cantități reduse de resturi vegetale în sol, a determinat accelerarea proceselor de mineralizare a materiei organice și scăderea simțitoare a conținutului de carbon organic, fiind afectate toate celelalte caracteristici și procese, solurile devenind mult mai vulnerabile la destructurare, eroziune, salinizare, acidifiere, dezechilibre nutritive etc.

În România există studii privind gradul de manifestare a acestui proces negativ. A fost realizată o rețea de monitorizare care însă, nu este completă, există încă zone din țară în care nu au fost efectuate determinări în acest sens. De aceea este necesară completarea bazei de date cu noi determinări privind evaluarea cantitativă a conținutului de materie organică și apoi încercarea de a utiliza metodologiile propuse la nivel european pentru estimarea arealelor cu risc la apariția acestui tip de degradare.

3.2. Elaborarea unei metodologii unitare de evaluare a riscului la degradare agrofizică a solului

În cadrul proiectului se va elabora o metodologie complexă și unitară de evaluare a riscului la degradare prin diferite procese negative (eroziune, compactare, salinizare, scăderea conținutului de materie organică) sub impactul practicilor agricole, în diferite areale, în contextul aplicării noii Directive Europene de Sol. Vor fi analizate metodologiile specifice utilizate la nivel european și adaptate la diversitatea condițiilor specifice țării noastre. În primă trebuie creată o bază de date complexă care să cuprindă informații privind indicatorii de caracterizare agrofizică a solului, climă, relief, folosință, condiții tehnico-materiale, financiare, sociale existente la nivel local. Baza de date cuprinde informațiile furnizate de Băncile de date ale institutului nostru, respectiv ale partenerilor de proiect.

Baze de date la nivel național disponibile pentru caracterizarea condițiilor naturale și economice

Vor fi utilizate următoarele straturi de informații geo-referențiate dezvoltate de diferite instituții:

- a. Limita unităților teritorial administrative la nivelul Comună elaborată de IGFCOT.
- b. Folosința terenurilor utilizând:
 1. clasificarea FAO elaborată de Institutul de Geografie al Academiei Române în colaborare cu CRUTA și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului (ICPA)
 2. metodologia CORINE Landcover elaborată de INCDDD-Tulcea
- c. Modelul digital de teren (grid cu pasul de 30 m pe baza corectării datelor GTOPO cu informații privind curbele de nivel obținute din hărțile la scara 1:10.000) furnizat de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărirea Apelor.
- d. Capacitatea de producție a solului (medie pe serii lungi de ani climatici, evaluată prin utilizarea notelor de bonitare) medie pe comune (bazată pe harta notelor de bonitare 1:50.000 elaborată de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului (ICPA)
- e. Suprafața cultivată pe tip de culturi la nivel de Comună. Baza de date a fost elaborată de Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale
- f. Numărul și tipul de animale din gospodăriile individuale la nivel de Comună. Baza de date a fost elaborată de Ministerul Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale
- g. Sol (informații georeferențiate bazate pe hărți de sol la scara 1:1.000.000 și 1:200.000). Funcțiile de pedotransfer necesare evaluării dinamicii apei și nutrienților asociate unităților cartografice sunt derivate utilizând algoritmi specifici utilizând

datele conținute în SIG al resurselor de sol. Informația este obținută și gestionată de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului (ICPA). În plus, la același institut există datele de sol culese din rețeaua de monitorizare pan-europeană în sistem de tip grilă cu pasul de 16 km.

- h. Clima. Serii de date de vreme pentru perioade mari de ani sunt furnizate de Agenția Națională de Meteorologie utilizând datele furnizate de cele 47 stații meteorologice standard de pe teritoriul României. Utilizând metodologia MARS s-au făcut interpolarări pentru datele climatice pentru seria de ani 1901-2000 într-o rețea cu pasul 10 x 10' longitudine x latitudine (date furnizate de proiectul european ATEAM cu drept de utilizare în România de ICPA)
- i. Corpuri de apă subterană: caracteristicile acviferelor și zonei nesaturate. Informații organizate în SIG de Institutul Național de Hidrologie și Gospodărirea Apelor
- j. Corpuri de apă subterană: nivel piezometric. Informațiile sunt obținute și gestionate de Administrația Națională "Apele Române"
- k. Corpuri de apă de suprafață: rețeaua hidrografică, inclusiv bazinele aferente. Informația organizată în SIG pe baza cadastrului apelor de către Administrația Națională "Apele Române"

Baza de date va fi completată cu informațiile de natură tehnico-materială, financiară, socială obținute în urma evaluării chestionarelor completate de autoritățile locale. Pe baza informațiilor oferite de chestionare se va stabili modul de implementare la nivel local a metodologiilor de estimare a riscului la degradare agrofizică. Metodologia utilizată se va baza pe principiile modelării de sistem, în care comportarea la nivel general a unui sistem este rezultatul interacțiunii mai multor sub-sisteme. Degradarea agrofizică va fi integrată într-un astfel de sistem, care va fi apoi împărțit în mai multe sub-sisteme, care sunt dezvoltate și cercetate în cadrul diferitelor domenii științifice (securitate alimentară, calitatea apei, agricultură, climă etc.). Utilizând modele de simulare și funcții de pedotransfer vor fi estimați parametrii de caracterizare a riscului la degradare agrofizică prin pierderea cantității și calității materiei organice, prin eroziune, salinizare, compactare. De asemenea vor fi identificate suprafețele afectate sau susceptibile la apariția diferitelor procese de degradare.

În continuare sunt prezentate imagini ilustrative pentru principalele straturi de informații utilizate în cadrul metodologiei de estimare a riscului la diferite procese de degradare agrofizică.

STRATURI PRIMARE ÎN SISTEMELE INFORMATICE GEOGRAFICE
SOL

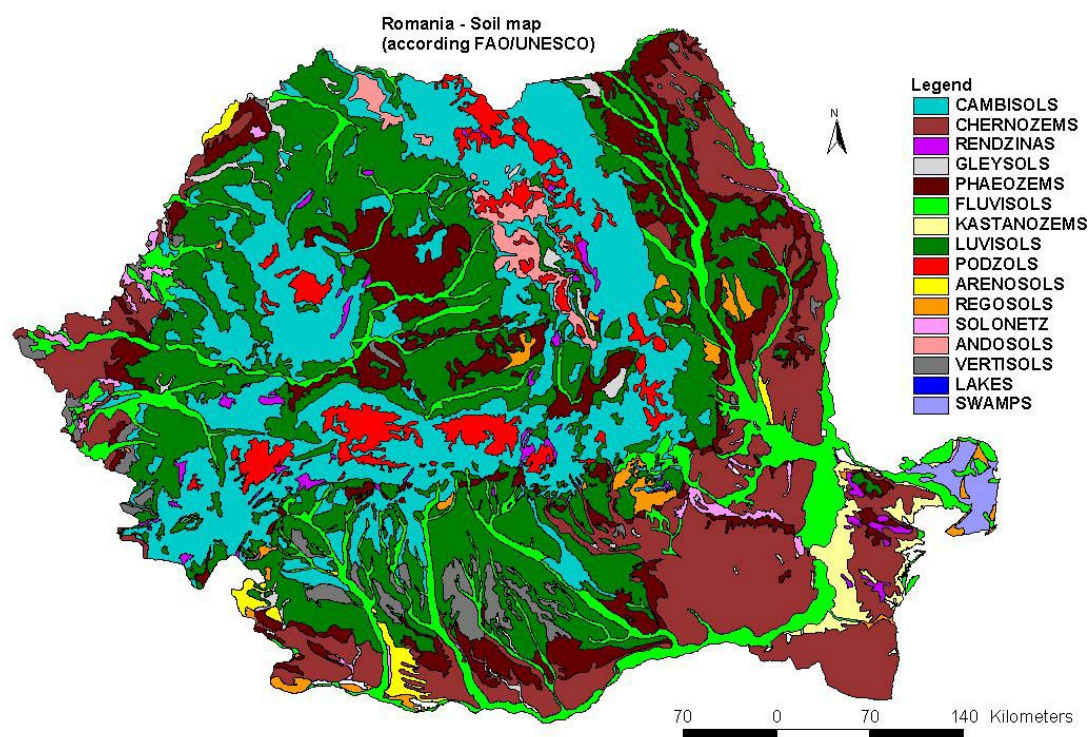


Figura 9. Harta solurilor din România – scara 1:1.000.000

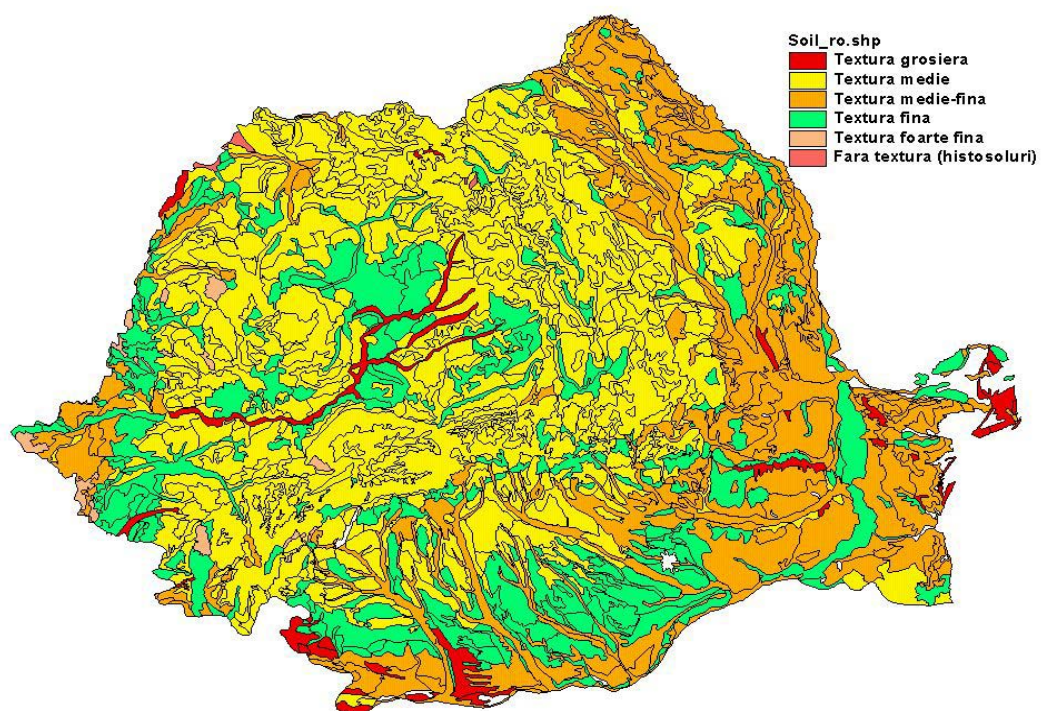


Figura 10. Harta claselor de textură a solului din România (scara 1:1.000.000)



Figura 11. Harta solurilor din România la nivel de subtip (1:200.00)

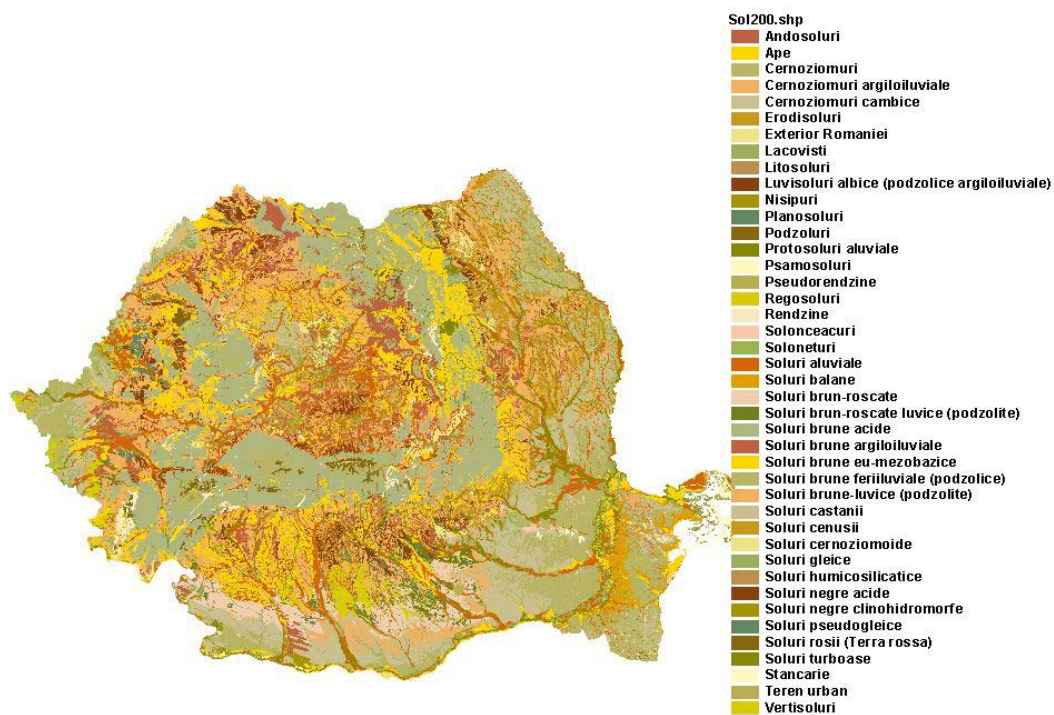


Figura 12. Harta solurilor din România (la nivel de tip de sol). Scara 1:200.000

CLIMA

ETP - Precipitatii - medie 1961-1990

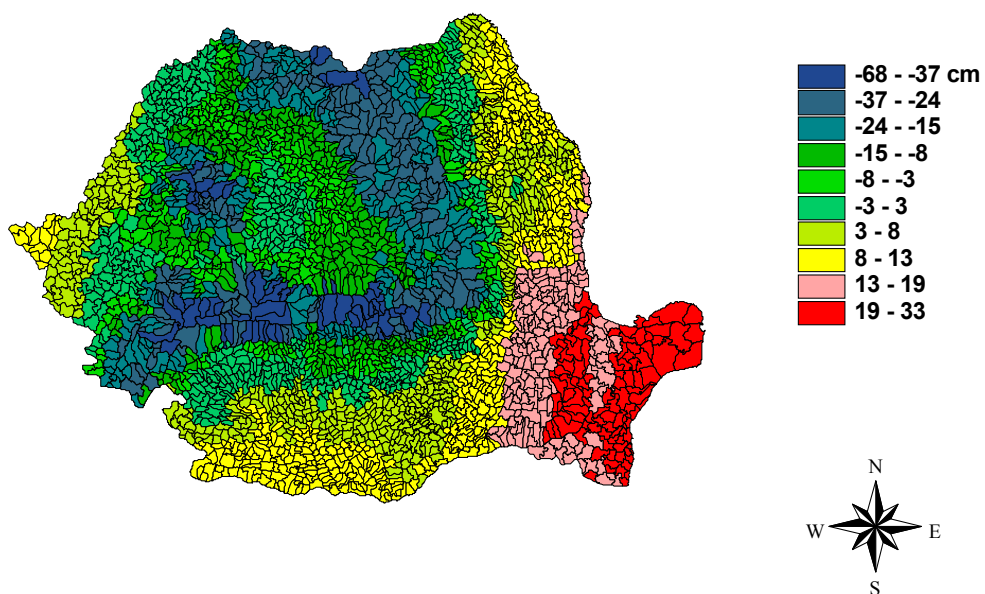


Figura 13. Distribuția spațială (la nivel de comune) a valorii medii a deficitului cumulat de precipitații (Evapotranspirație potențială – Precipitații)

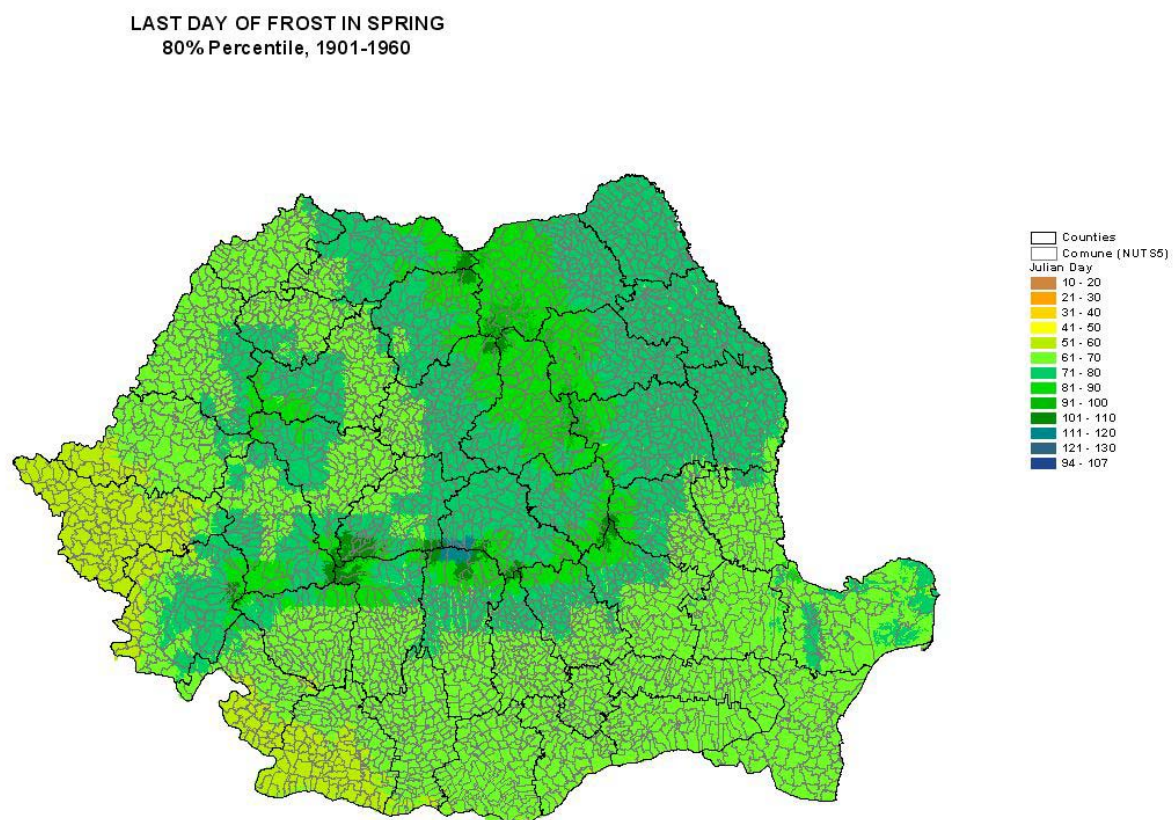


Figura 14. Ultima data de aparitie a unui inghet in primavara (percentila de 80% pentru seria de ani 1901-1960)

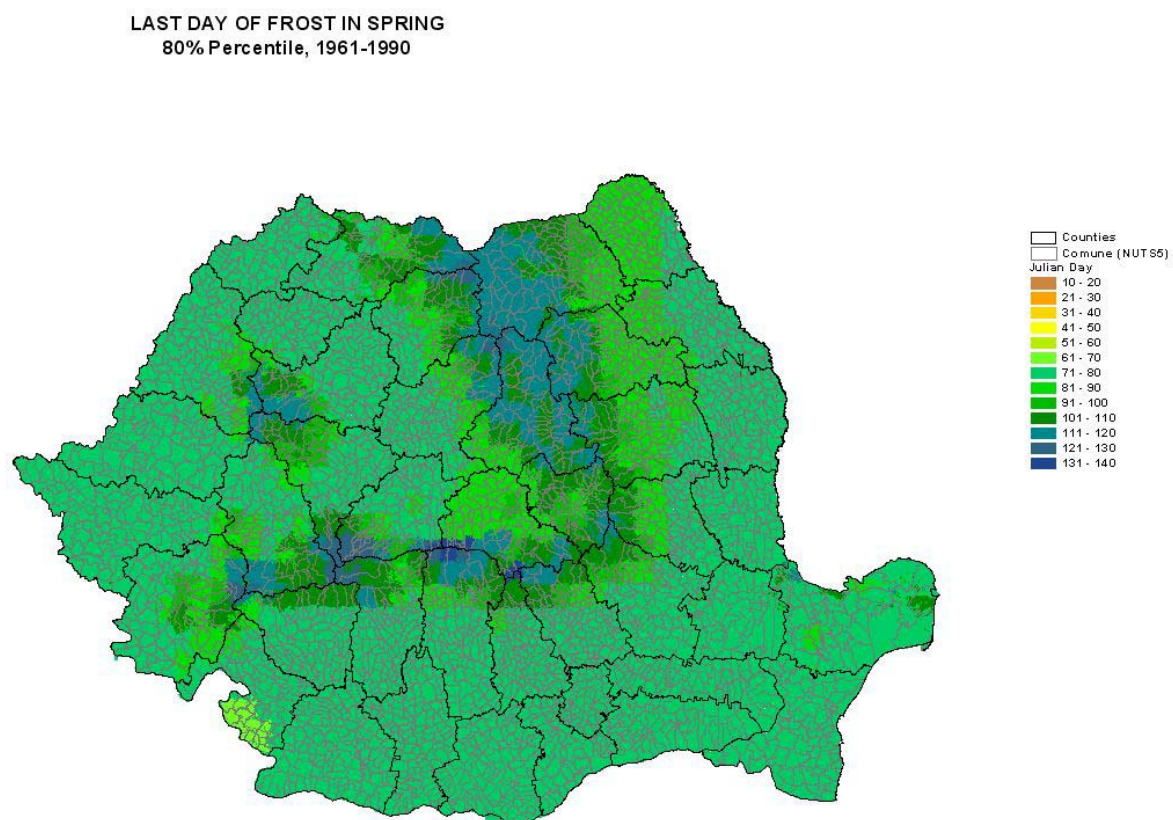


Figura 15. Ultima data de aparitie a unui inghet in primavara (percentila de 80% pentru seria de ani 1961-1990)

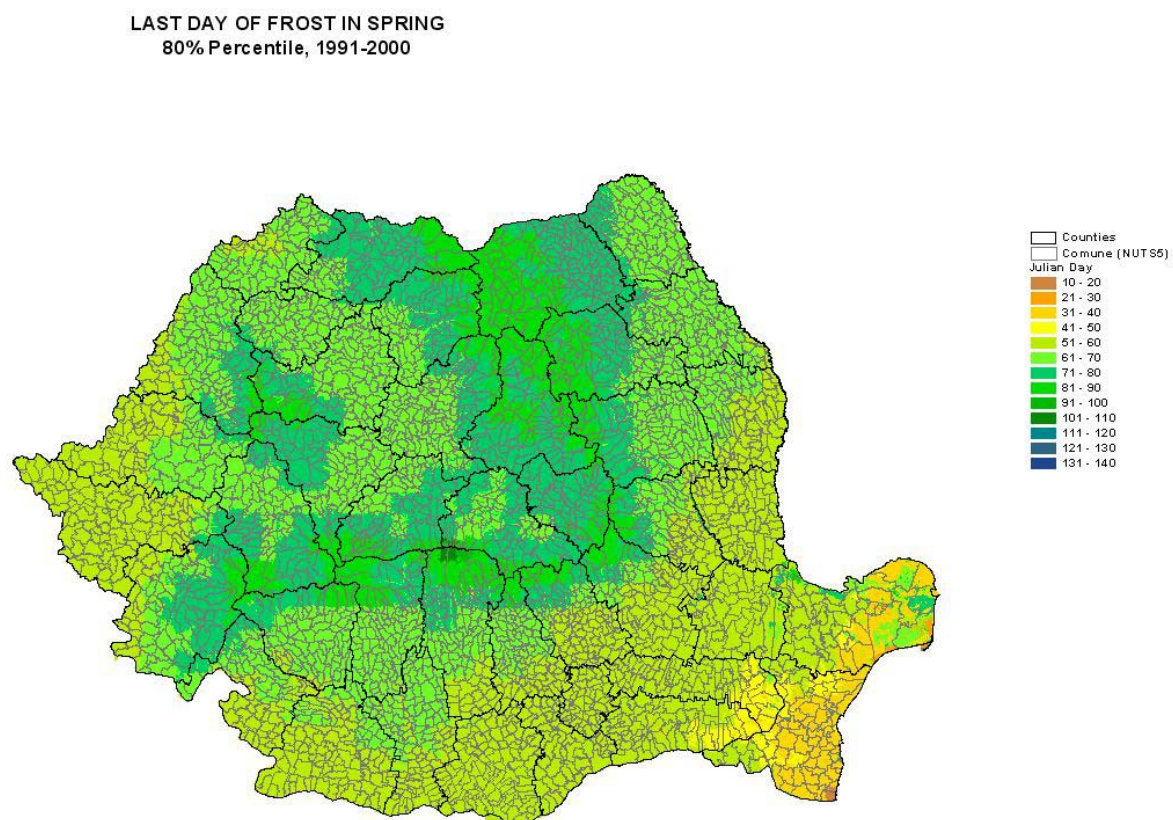


Figura 16. Ultima data de aparitie a unui inghet in primavara (percentila de 80% pentru seria de ani 1991-2000)

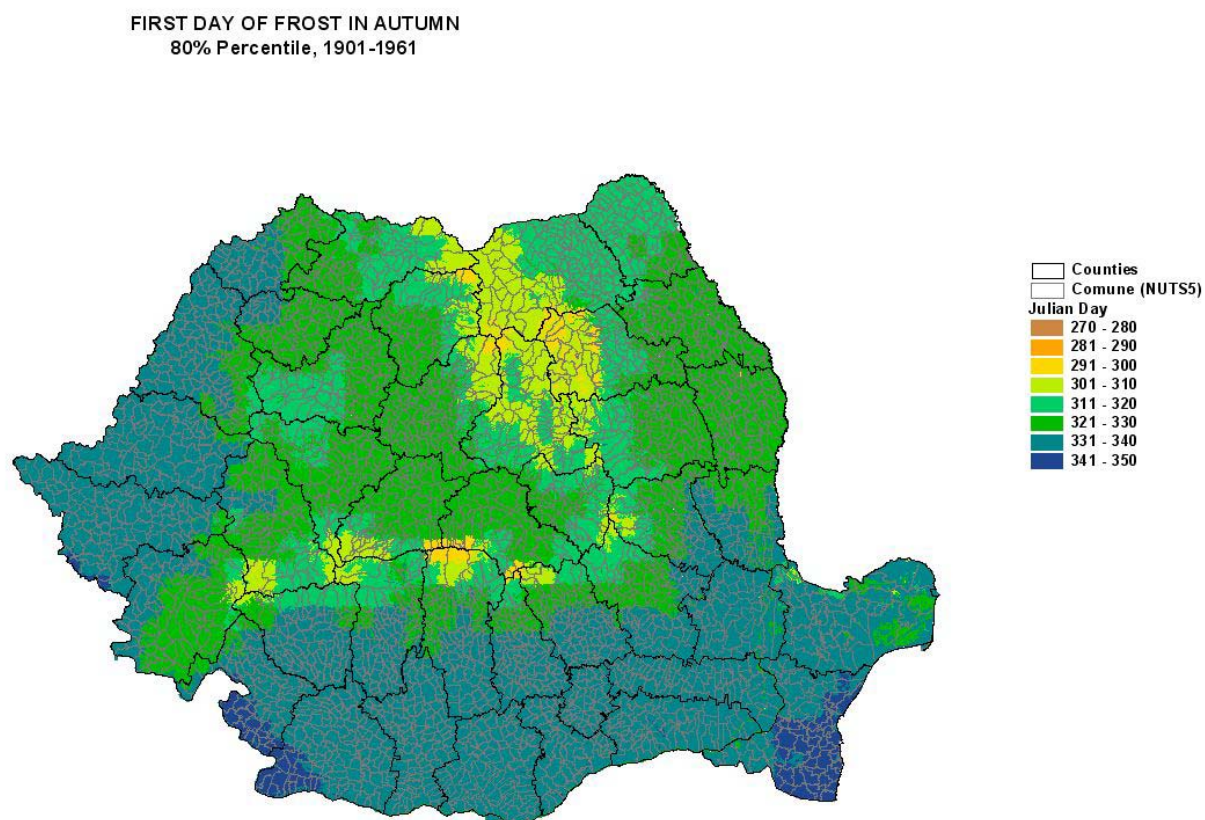


Figura 17. Prima data de aparitie a unui inghet toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1901-1960)

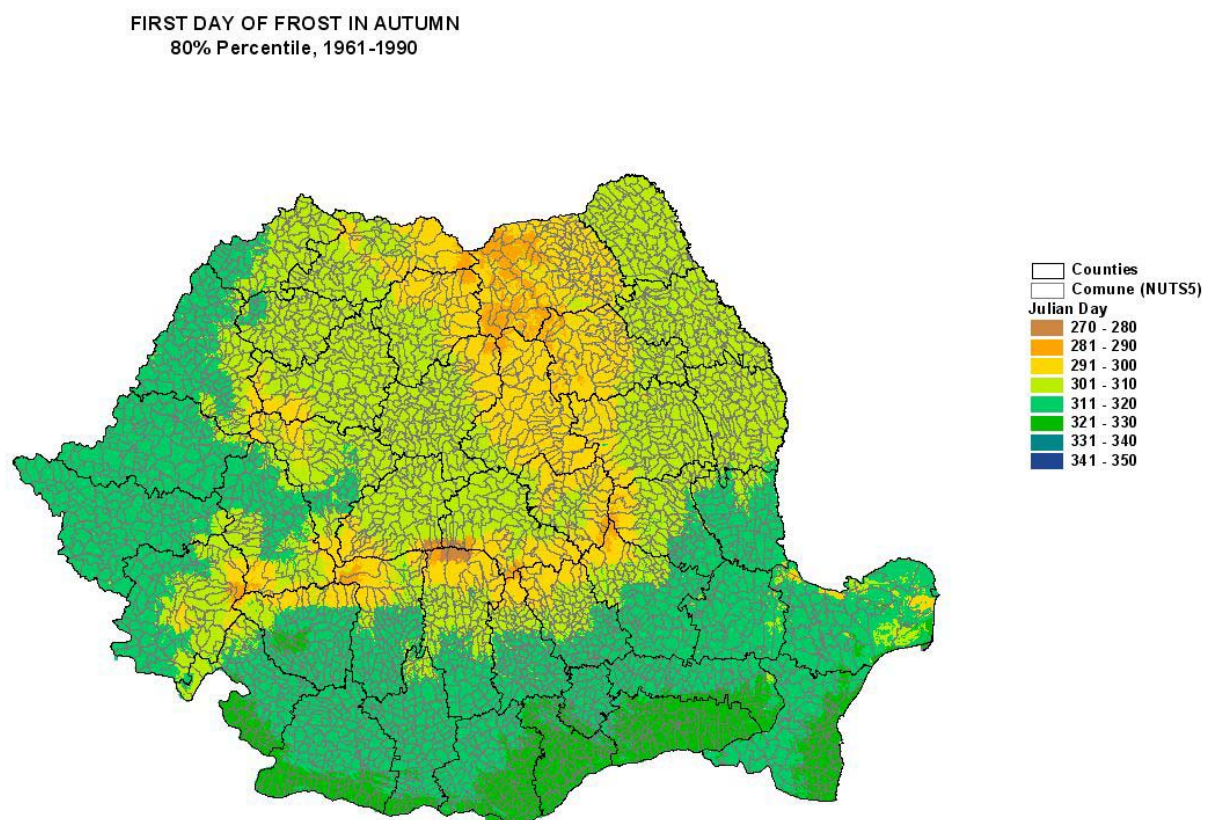


Figura 18. Prima data de aparitie a unui inghet toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1961-1990)

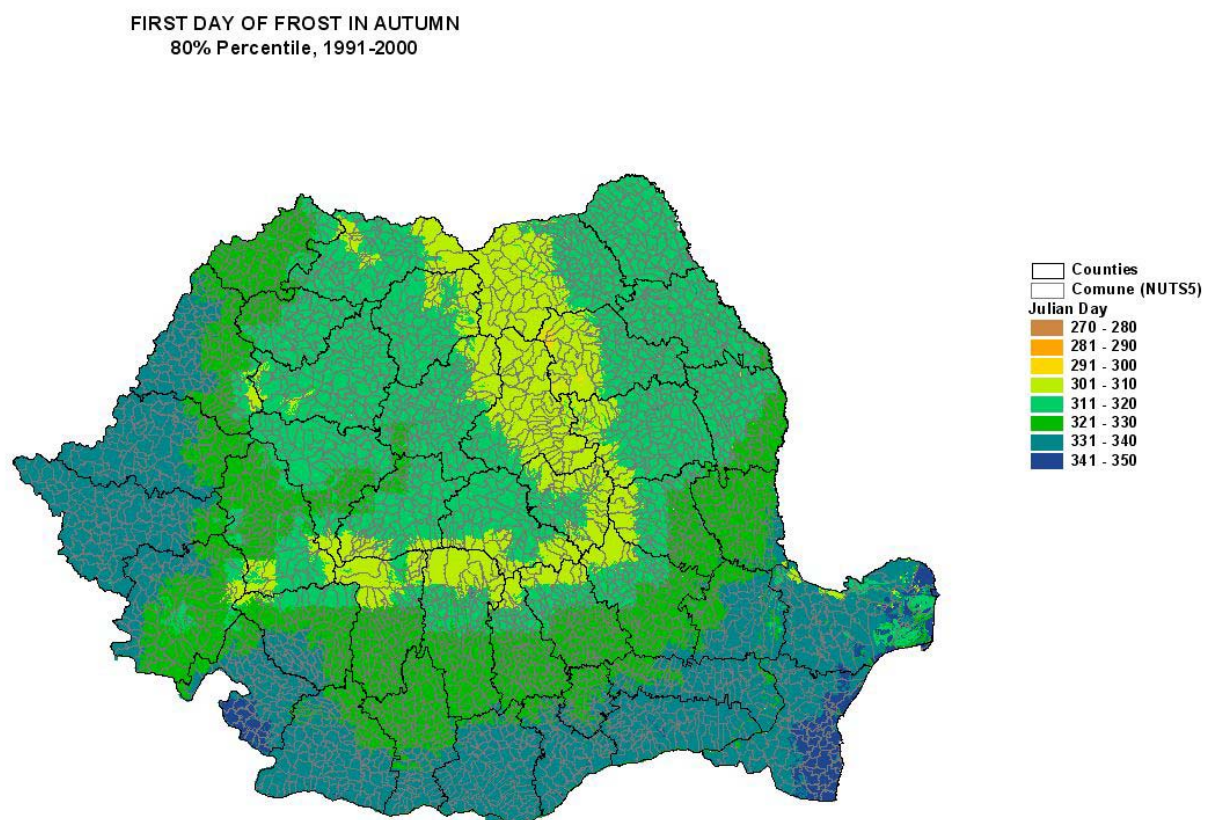


Figura 19. Prima data de aparitie a unui inghet toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1991- 2000)

Criterion on Temperature sum (80% percentile, 1901-1960)
Accumulated Temperature for days with $T_a > 5$ degree Celsius

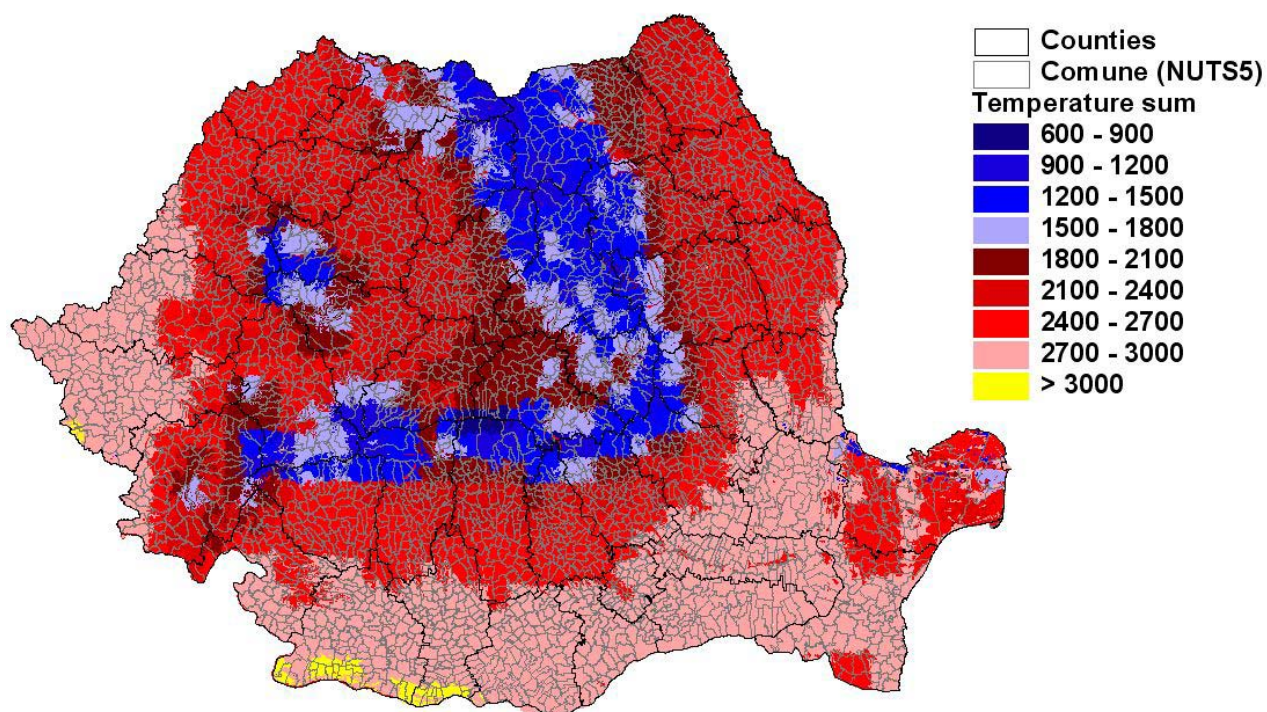


Figura 20. Suma temperaturilor active peste 5°C in perioada cuprinsa intre ultimul inghet de primavara si primul inghet din toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1901-1960)

Criterion on Temperature sum
Accumulated Temperature for days with $T_a > 5$ degree Celsius

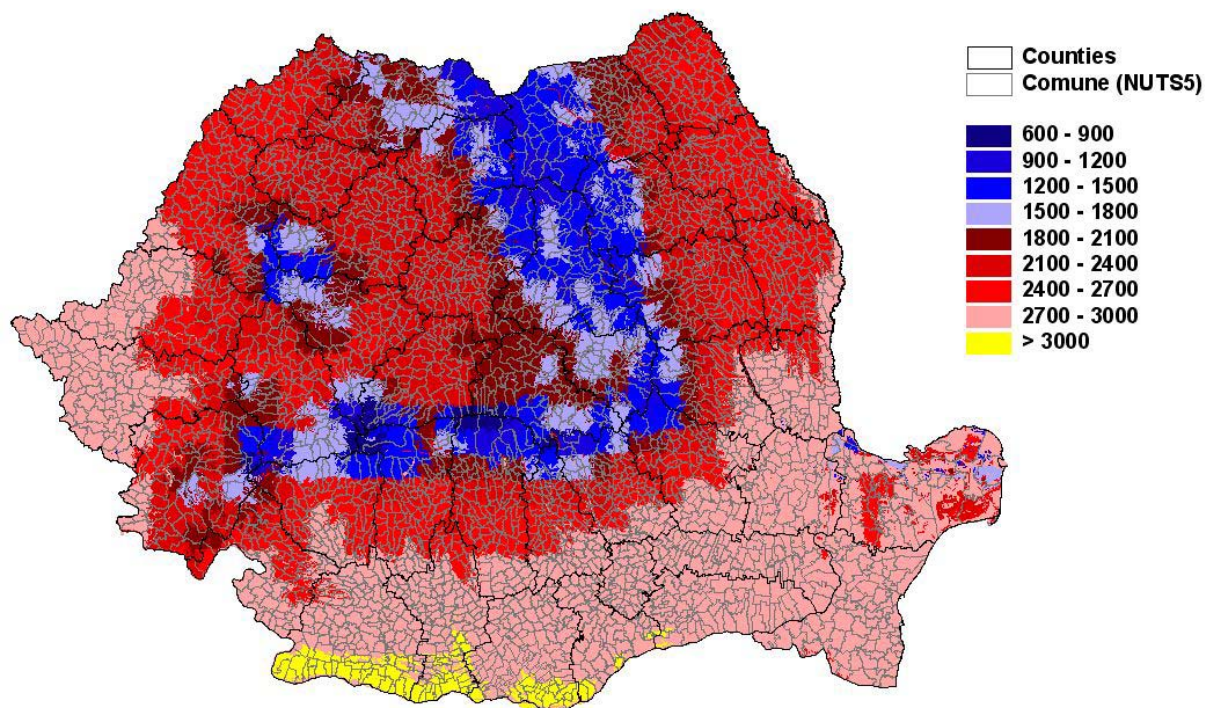


Figura 21. Suma temperaturilor active peste 5°C in perioada cuprinsa intre ultimul inghet de primavara si primul inghet din toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1961-1990)

Criterion on Temperature sum (80% percentile, 1991-2000)
Accumulated temperature for days with Ta>5 degree Celsius

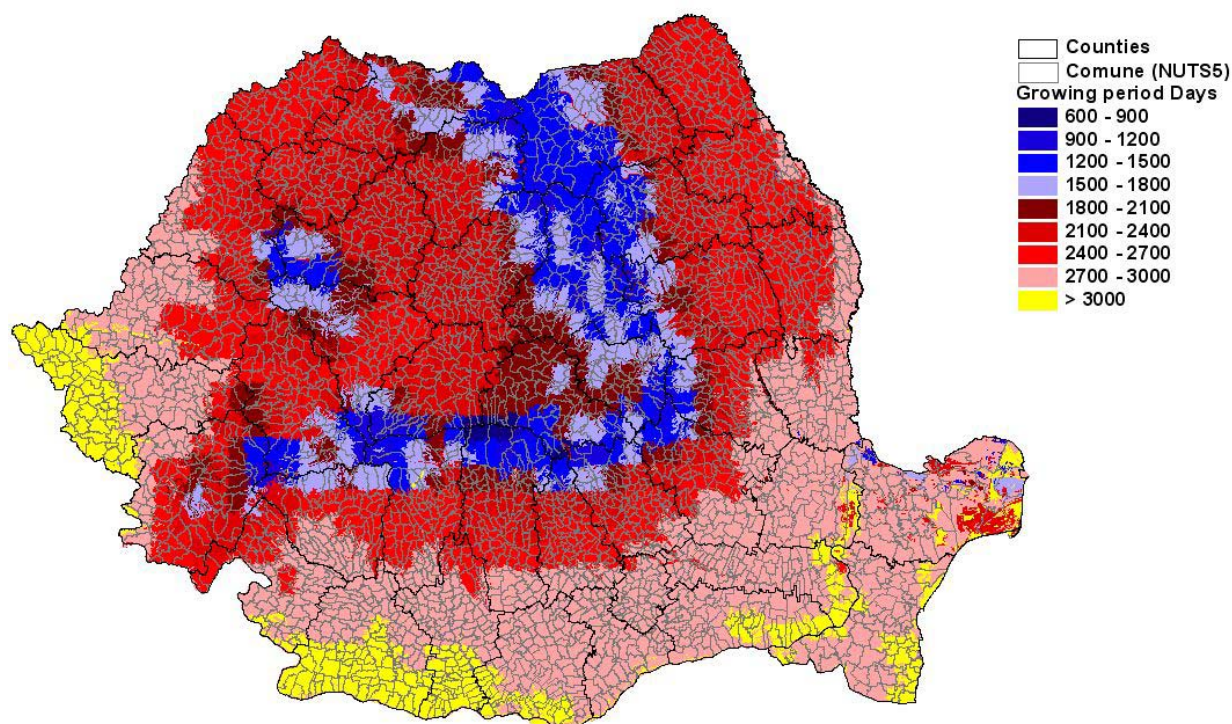


Figura 22. Suma temperaturilor active peste 5°C in perioada cuprinsa intre ultimul inghet de primavara si primul inghet din toamna (percentila de 80% pentru seria de ani 1991-2000)

APE DE SUPRAFATA

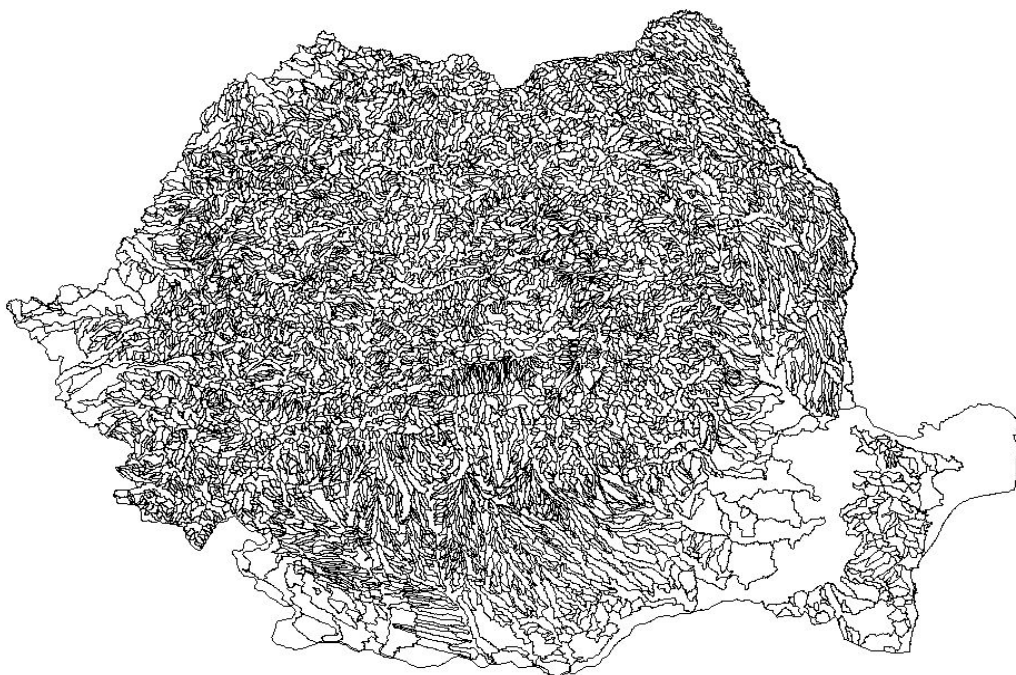


Figura 23. Limitele bazinelor hidrografice

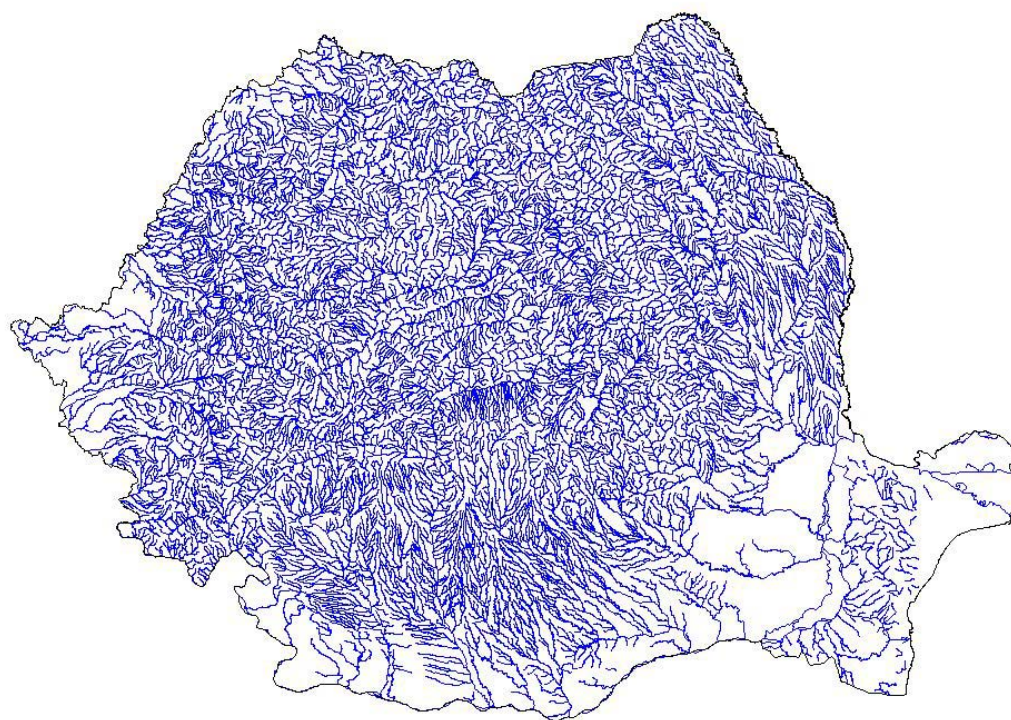


Figura 24. Rețeaua apelor de suprafață

APE SUBTERANE

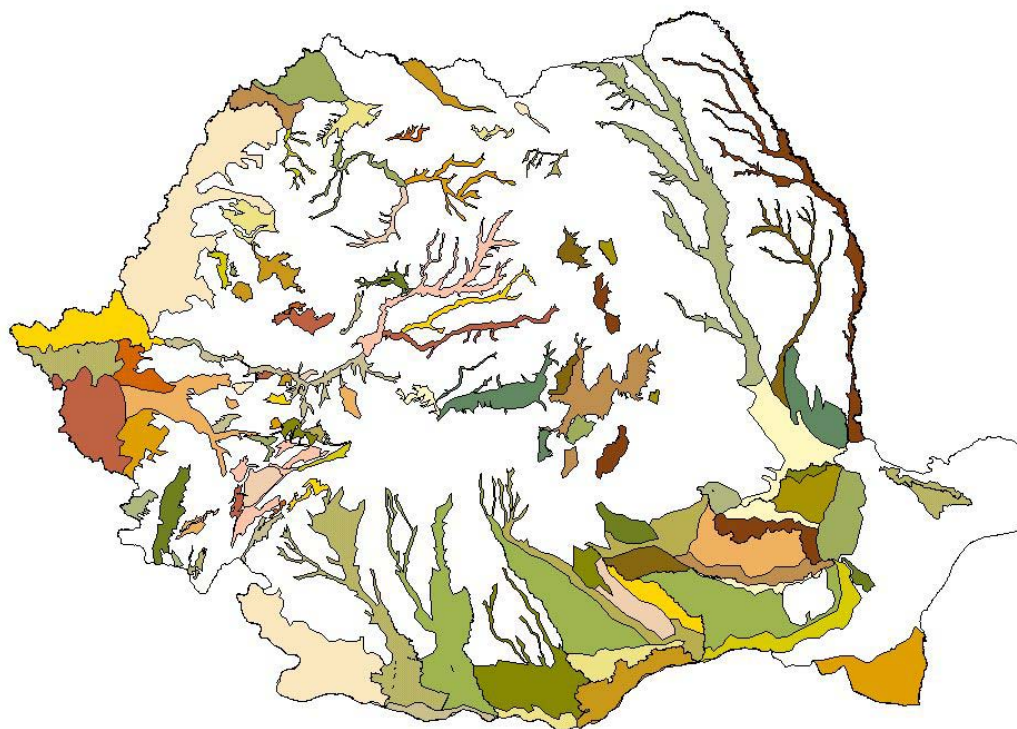


Figura 25. Principalele corpuri de apă subterană (acvifere freatice)

ACOPERIREA TERENURILOR

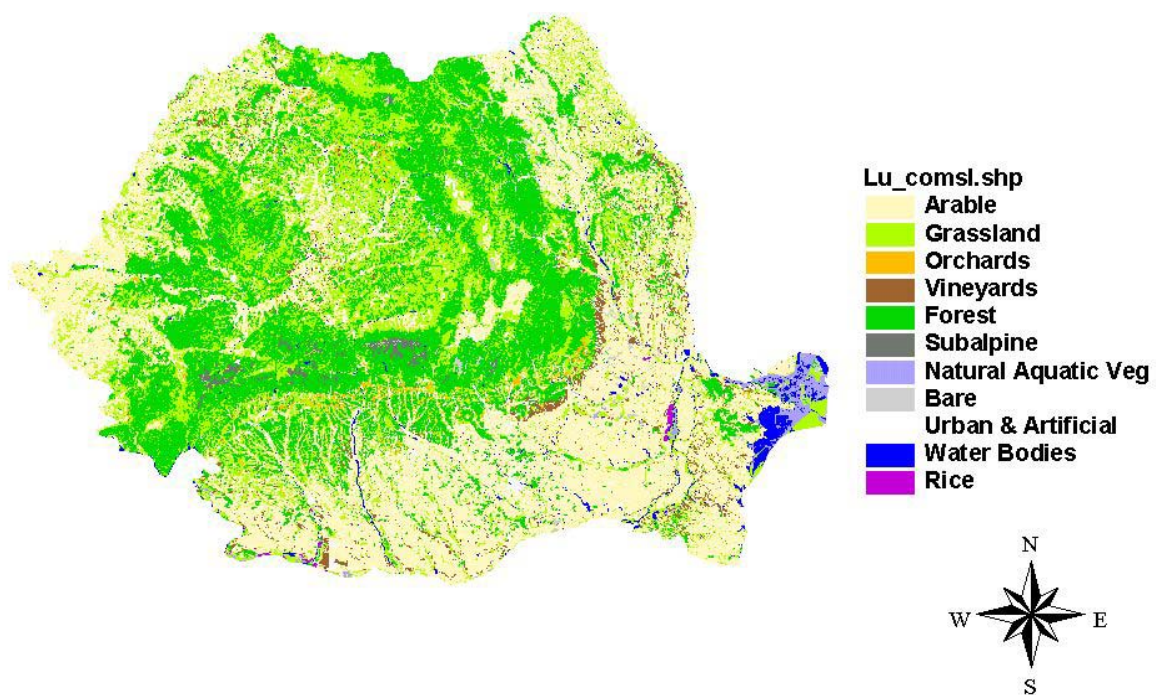


Figura 26. Acoperirea terenurilor conform principalelor clase de folosință (bazată pe interpretarea datelor satelitare 2002; pasul gridului: 35 m)

CAPACITATEA DE PRODUCȚIE A SOLURILOR

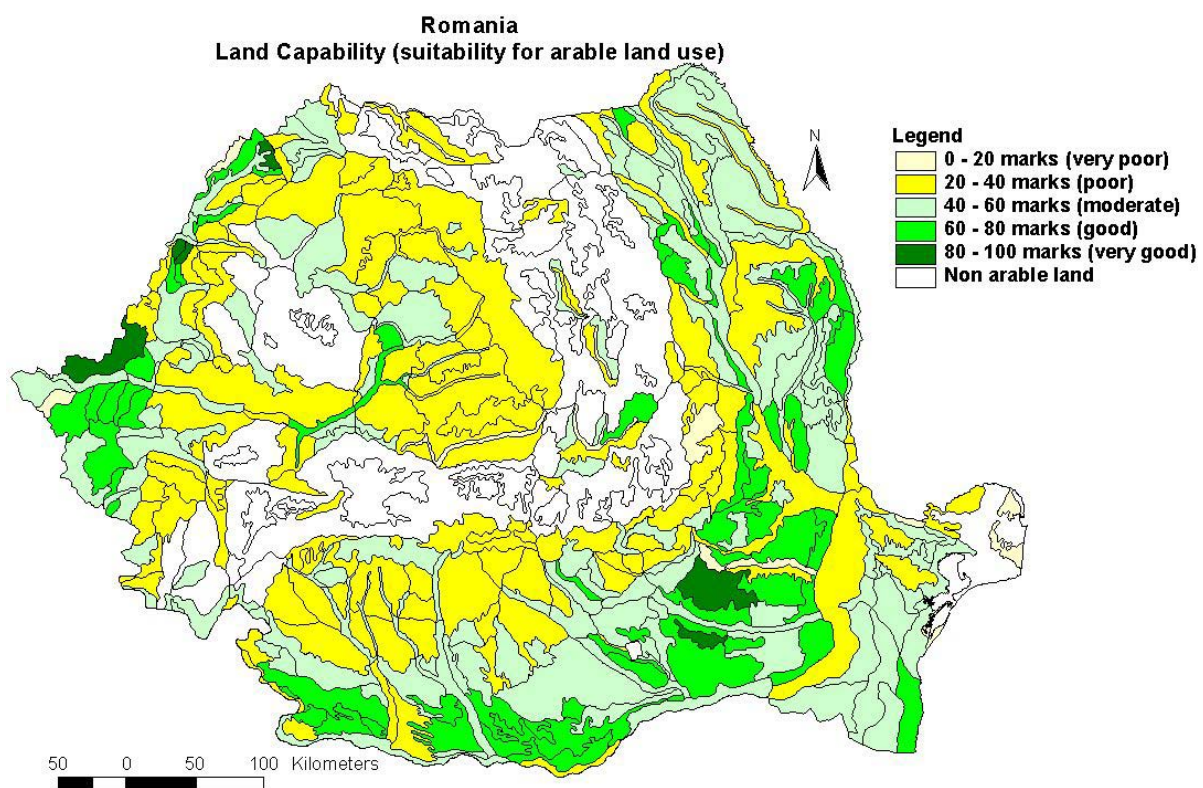


Figura 27. Capacitatea de producție a solurilor în funcție de notele de bonitare

STRATURI DERIVATE PE BAZA INFORMAȚIILOR DIN STRATURILE DIN SISTEMELE
INFORMATICE GEOGRAFICE

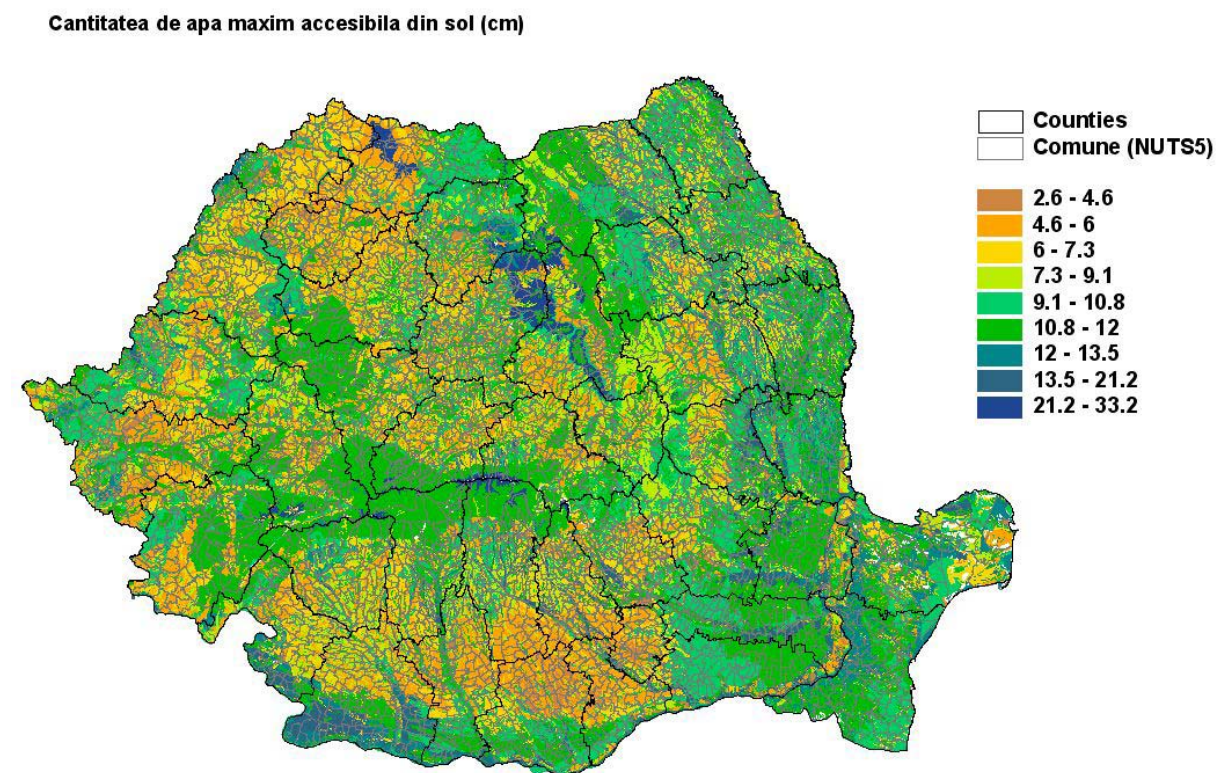


Figura 28. Vantitatea maxima de apa accesibila din sol (cm)

Cantitatea de apa drenanta din sol (cm)

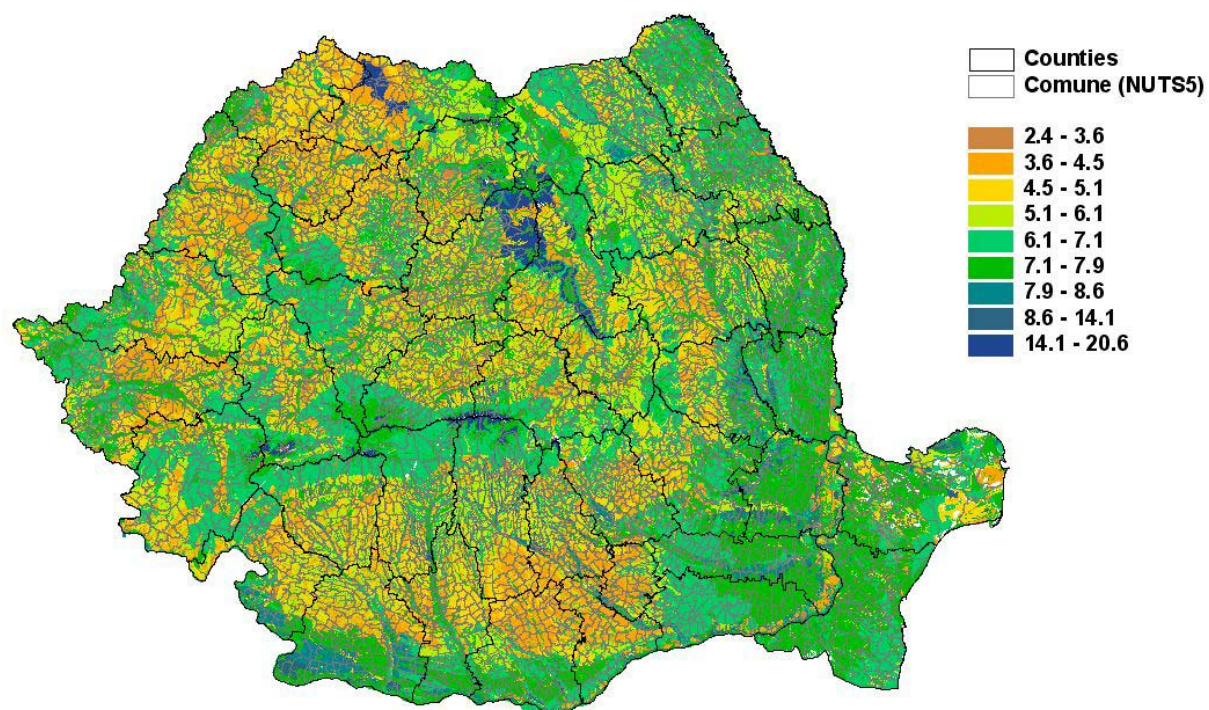


Figura 29. Cantitatea maxima de apa drenabila din sol (cm)

Conductivitatea hidraulică a frontului de umezire (cm/zi)

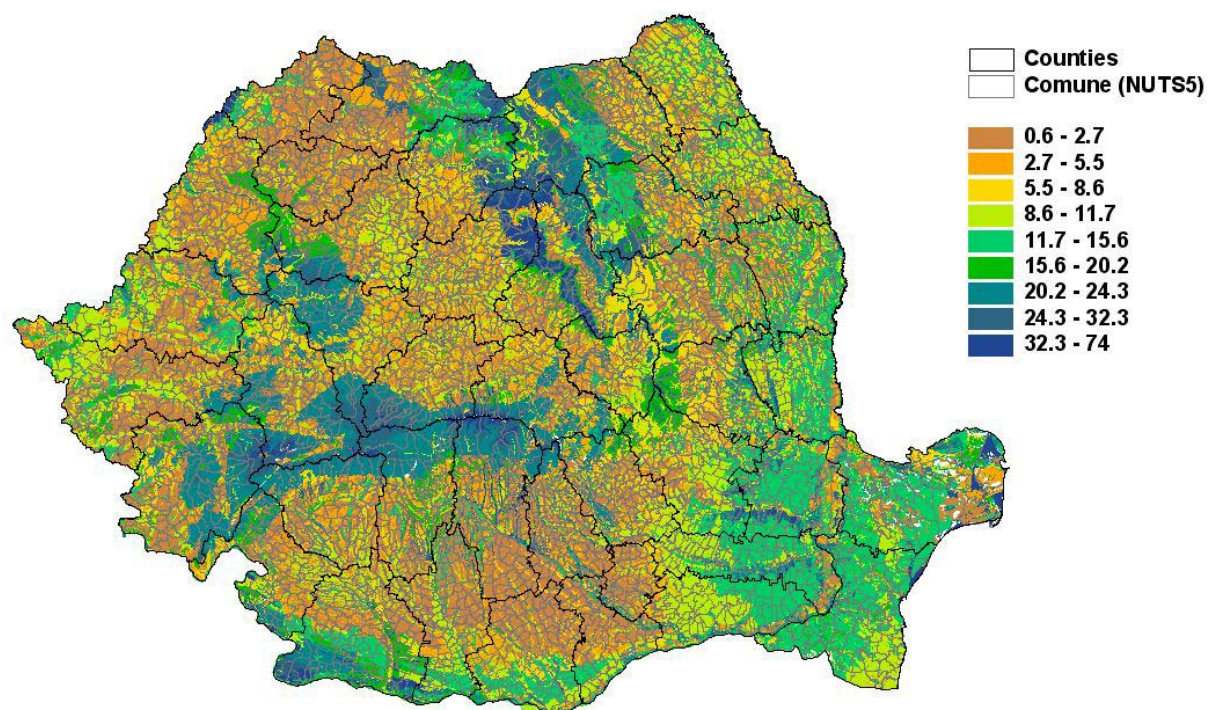


Figura 30. Conductivitatea hidraulică a frontului de umezire (cm/zi)

Potentialul matricial corespunzator lucrabilitatii optime a solului - cm. coloana de apa

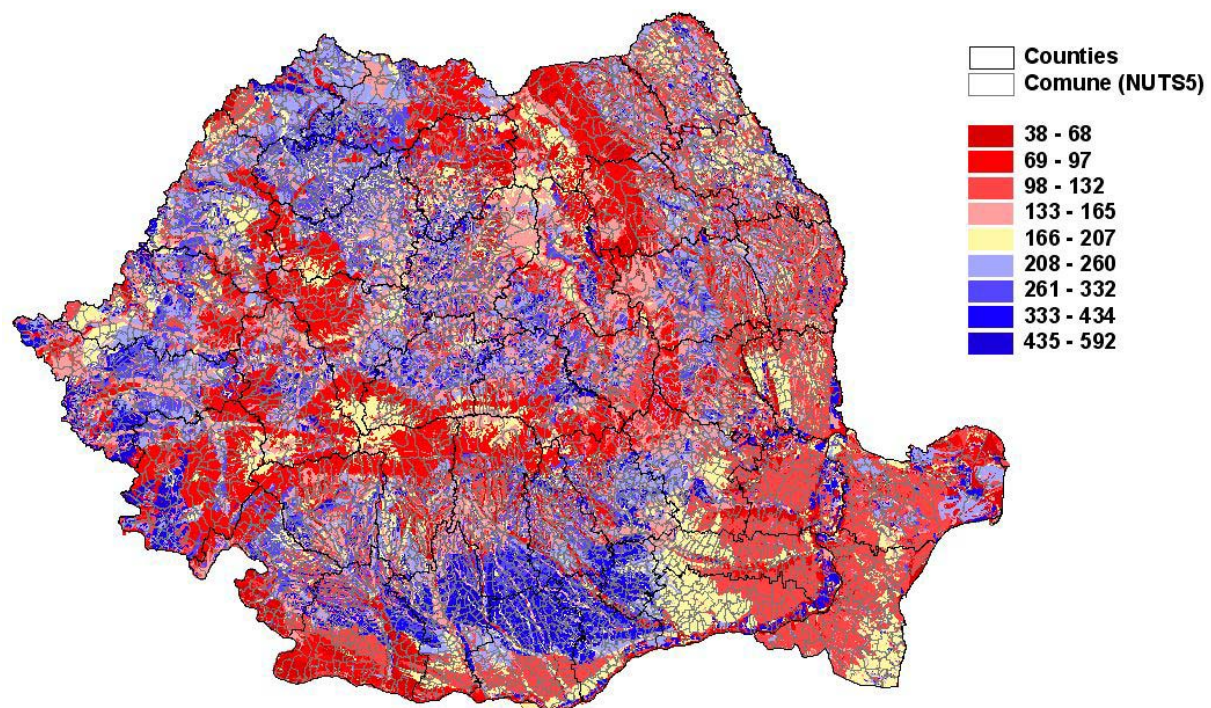


Figura 31. Potentialul matricial al apei din sol corespunzator lucrabilitatii optime

Potentialul matricial corespunzator limitei inferioare a lucrabilitatii solului (sol umed) - cm. coloana de apa

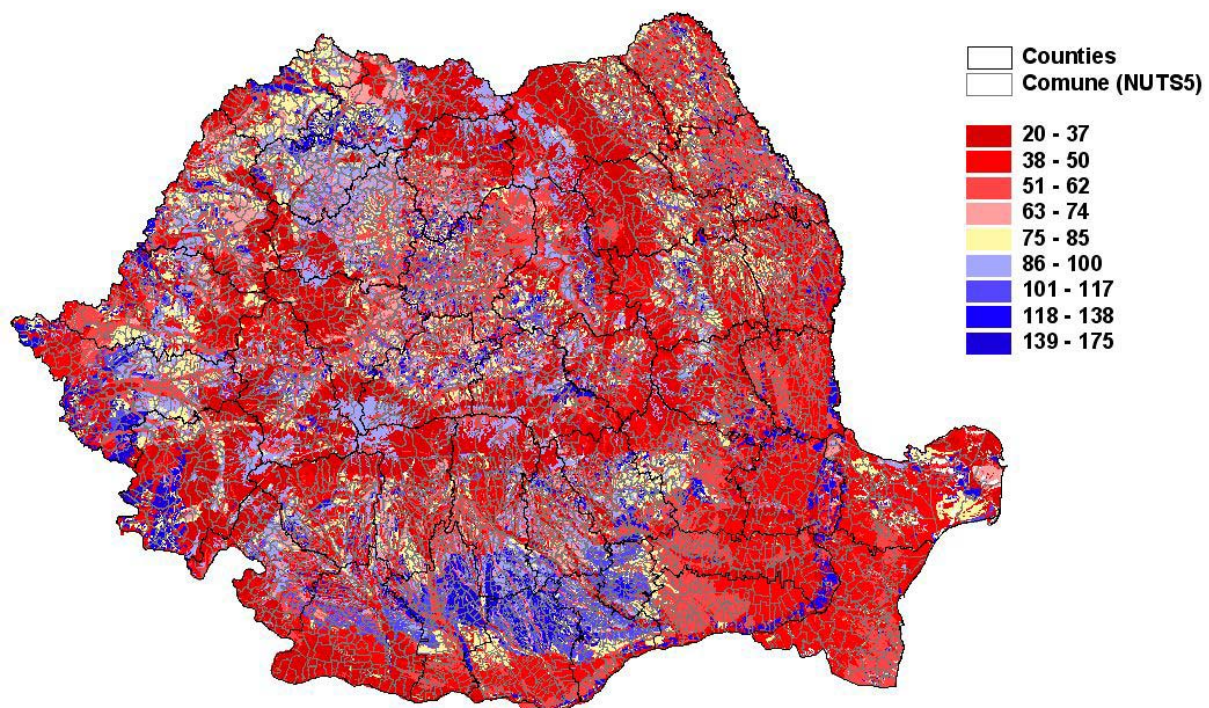


Figura 32. Potentialul matricial al apei din sol corespunzator limitei inferioare a lucrabilitatii

Potentialul matricial corespunzator limitei superioare a lucrabilitatii solului (sol uscat) - cm. coloana de apa

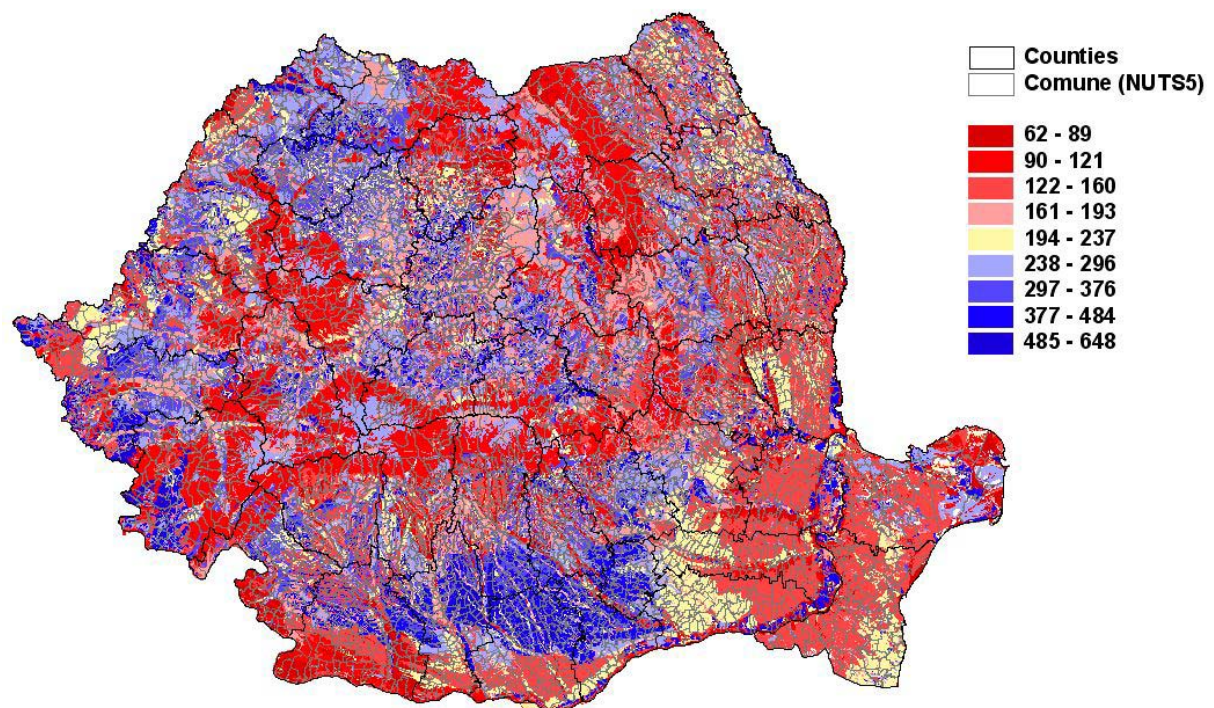


Figura 33. Potentialul matricial al apei din sol corespunzator limitei superioare a lucrabilitatii

CONCLUZII

- Directiva care, este obligatoriu a fi implementată de către toate statele membre ale Uniunii Europene, are ca scop protecția mediului înconjurător, promovarea dezvoltării durabile și atingerii unui nivel performant în cadrul tuturor domeniilor de activitate economică;
- Cadrul propus pentru o directivă de sol necesită identificarea arealelor cu risc la diferite pericole respectiv procese de degradare agrofizică;
- Se disting trei modalități de abordare pentru identificarea arealelor cu diferite riscuri (degradare agrofizică): calitativă bazată pe cunoștințe de tip expert, cantitativă bazată pe informația obținută în urma măsurărilor și determinărilor efectuate, care există în rețelele de monitoring sau inventarele de date, prin modele de simulare prin care se evaluează extinderea degradării solurilor utilizând modelarea;
- Criteriile care sunt relevante pentru alegerea modelului care să simuleze cel mai bine riscul apariției degradării agrofizice în diferite areale trebuie să includă următoarele: trebuie folosite un număr rezonabil și accesibil de date de intrare; datele de ieșire din model trebuie să fie ușor de manevrat, fără necesitatea unor subrutine complicate;
- Grupurile de lucru formate în scopul elaborării Strategiei de sol au încercat stabilirea unor metodologii de evaluare a riscului apariției unor procese negative în diferite areale, cum ar fi compactarea, eroziunea, salinizarea și degradarea cantitativă a materiei organice din sol, astfel că au fost propuse niște metodologii, dar ele nu sunt nici pe departe finalizate din punct de vedere al conceptului, al modului de abordare, al rezultatelor estimate;
- Pentru estimarea riscului la compactare trebuie promovate sistemele de modelare, deoarece acestea reprezintă instrumente utile de analiză și evaluare a impactului compactării de subsol asupra sistemului climat-plantă-sol-apă;
- Studiile legate de riscul degradării mediului înconjurător prin apariția unor procese negative cum ar fi compactarea subsolului (de adâncime) trebuie să aibă obligatoriu în vedere gradul de vulnerabilitate al subsolului la astfel de procese, traficabilitatea la suprafața solului, condițiile climatice locale, sistemul de cultură, operațiile tehnologice efectuate pe terenul agricol și interacțiunea acestor factori cu solul;

- Riscul la eroziune poate fi estimat utilizând abordarea bazată pe sistem expert (calitativă) sau cea bazată pe model, iar în ultima decadă au fost dezvoltate o serie de inițiative pentru evaluarea riscului la eroziune a solului la nivel de țară, la european și global;
- Estimarea riscului la salinizare la nivel regional implică integrarea condițiilor de hidrologie, hidrogeologie, sol, managementul terenurilor și toate acestea pot fi combinate cu modele de simulare și sistemele informatice geografice (SIG);
- Scăderea cantității de materie organică din sol nu a intrat în atenția comunității științifice europene, astfel că nu există studii, determinări ample și detaliate în ceea ce privește această problemă; cu toate acestea în ultima perioadă sunt cercetători în domeniu, fermieri care au observat efecte negative asupra productivității solului în urma descreșterii cantitative a conținutului de materie organică din sol și va fi impetuos necesară elaborarea unei strategii, metodologii de estimare a riscului apariției unui astfel proces de degradare;
- Metodologia complexă și unitară de evaluare a riscului la degradare prin diferite procese negative (eroziune, compactare, salinizare, scăderea conținutului de materie organică) sub impactul practicilor agricole, în diferite areale, în contextul aplicării noii Directive Europene de Sol trebuie să fie compatibilă cu condițiile locale specifice țării noastre; metodologiile specifice utilizate la nivel european vor fi analizate și adaptate la diversitatea condițiilor specifice țării noastre;
- baza de date utilizată în această metodologie este complexă, detaliată, acoperă întreaga suprafață a României și cuprinde informații privind indicatorii de caracterizare agrofizică a solului, climă, relief, folosință, condiții tehnico-materiale, financiare, sociale existente la nivel local, regional.

BIBLIOGRAFIE

- Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W. C. T., Tijink, F. G. J., van der Linden, J. P., Pires, S., Sommer, C. and Spoor, G., 2003, *Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions*, Soil & Tillage Research (73), 145-160
- Arvidsson, J., Sjöberg, E. and van den Akker, J. J. H., 2003, *Subsoil compaction by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden III. Risk assessment using a soil water model*, Soil & Tillage Research (73), 77-87
- Bondarev, A.G., Sapozhnikov, P.M., Utkaieva, V.F., Shepotiev, V.N., 1988, *Izmeneniye fizicheskikh svoystv i plodorodya pochvy pri ikh uplotnieniy dvizhytelamy sielskokhazyaystvennoy tyekhniki. (Changes in soil physical properties and productivity as related to compaction by agricultural vehicles, in Russian.)* Sbornik Nauchnykh Trudov, vol. 188, VIM, Moscow, USSR, pp. 46–57.
- Brooks, R.H., Corey, A.T., 1964, *Hydraulic properties of porous media*. Hydrology Paper No. 3. Colorado State University, Fort Collins, CO, 27 pp.
- Bui, E. N., Smettem, K. R. J., Moran, C. J. and Williams, J., 1996, *Use of soil survey information to assess regional salinization risk using geographical information systems*, Journal of Environmental Quality (25), 433-439
- Bui E, 1997, *Assessing the regional risk of salinisation over the Dalrymple Shire*. Technical report 26/97, CSIRO Land and Water, PO Box 1666, Canberra, ACT 2601, Australia. Available: www.clw.csiro.au/publications/technical/tr26-97.pdf [2004, 20 May].
- Bullock, P., Newman, A.C.D., Thomasson, A.J., 1985, *Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction*. Soil Till. Res. 5, 325–341.
- Cardinali M, Reichenbach P, Guzzetti F, Ardizzone F, Antonimi G, Galli M, Cacciano M, Carpenter, T.G., Fausey, N.R., 1983, *Tire sizing for minimizing subsoil compaction*. Am. Soc. Agric. Eng. Paper No. 83/1058, 23 pp.
- Castellani M, Salvati P, 2002, *A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy*. Nat Hazards Earth Syst Sci 2:57–72
- Chamen, T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F. and Weisskopf, P., 2003, *Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 2. Equipment and field practices*, Soil & Tillage Research (73), 161-174
- Commission of the European Communities, 2006, *Proposal for a Directive for the Protection of Soil*, Com(2006)232
- Corwin DL Sorensen M & Rhoades JD, 1989, *Field-testing of models which identify soils susceptible to salinity development*. Geoderma 45, 31–64.
- Corwin DL Rhoades JD & Vaughan PJ, 1996, *GIS applications to the basin-scale assessment of soil salinity and salt-loading to the groundwater*. In: Applications of GIS to the modeling of nonpoint source pollutants in the vadose zone, eds DL Corwin & K Loague. SSSA Special Publication No. 48. Soil Science Society of America Madison WI Ch 18 pp 295–313.
- Corwin DL Vaughan PJ & Loague K, 1997, *Modeling nonpoint source pollutants in the vadose zone with GIS*. Environmental Science and Technology 31, 2157–2175.
- Cruden, D. M. and D.J. Varnes, 1996,. *Landslide Types and Processes*, in Landslides – Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, p. 36-75, National Academy Press, Washington, D.C.
- Danfors, B., 1974, *Packning i alven*. Swedish Inst. Agric. Eng. Special Report S24, pp. 1–91.
- Danfors, B., 1994, *Changes in subsoil porosity caused by heavy vehicles*. Soil Till. Res. 29, 135–144.

- Davies, D.B., Finney, J.B., Richardson, S.J., 1973, *Relative effects of tractor weight and wheel slip in causing soil compaction*. J. Soil Sci. 24, 399–409.
- de Paz, J. M., Visconti, F., Zapata, R. and Sanchez, J., 2004, *Integration of two simple models in a geographical information system to evaluate salinization risk in irrigated land of the Valencian Community, Spain*, Soil Use and Management (20), 333–342
- DVWK, 1997, *Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil II: Auflastabhängige Veränderung von bodenphysikalischen Kennwerten*. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft, vol. 235. Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 7 pp. ISBN 3-89554-025-0.
- Dwyer, M.J., 1983, *Soil dynamics and the problems of traction and compaction*. Agric. Eng. 38, 62–68.
- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houšková, B., J.A. Jones, R. J. A., Kibblewhite, M., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M. and Zupan, M., 2006, *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*, Research report no. 20, Soil Information Working Group (SIWG), European Soil Bureau Network (ESBN)
- Falloon, P. and P. Smith, 2002, *Simulating SOC changes in long-term experiments with RothC and Century: model evaluation for a regional scale application*. Soil Use and Management 18: 101–111.
- Faulkner, H., Ruiz, J., Zukowskyj, P. and Downward, S., 2003, *Erosion risk associated with rapid and extensive agricultural clearances on dispersive materials in southeast Spain*, Environmental Science & Policy (6), 115–127
- Franko, U., 2005, *Integrierte Methodik zur Bewertung der ökologischen und ökonomischen Entwicklung landwirtschaftlicher Bodennutzung im Bundesland Sachsen-Anhalt*. Umweltforschungszentrum Halle- Leipzig (unpublished project report).
- Horn, R., Richards, B.G., Gräse, W., Baumgartl, T., Wiermann, C., 1998, *Theoretical principles for modelling soil strength and wheeling effects—a review*. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 161, 333–346.
- Horn, R., Van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J. (Eds.), 2000, *Subsoil Compaction—Distribution, Processes and Consequences*. Advance in Geoecology 32. Catena Verlag GmbH, Reiskirchen, Germany, 462 pp.
- Izaurrealde, R.C., J.R. Williams, W.B. McGill, and N.J. Rosenberg, 2001. *Simulating soil carbon dynamics, erosion, and tillage with EPIC*. 1st National Conference on Carbon Sequestration, U.S. Department of Energy – National Energy Technology Laboratory, 14–17 May, Washington, D.C. http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/carbon_seq/5c2.pdf.
- Jansson, 1991, *Simulation model for soil water and heat conditions*. Description of the SOIL model. Report 165. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences, Division of Agricultural Hydrotechnics, Uppsala, Sweden.
- Jones, R. J. A., Spoor, G. and Thomasson, A. J., 2003, *Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis*, Soil & Tillage Research (73), 131–143
- Kesik, M., P. Ambus, R. Baritz, N. Brüggemann, K. Butterbach-Bahl, M. Damm, J. Duyzer, L. Horvarth, R. Kiese, C. Li, G. Seufert, D. Simpson, U. Skiba G. Smiatek, T. Vesala and S.
- Zechmeister-Boltenstern, 2005, *Inventory of N₂O and NO emissions from European forest soils*. (submitted to Biogeosciences).
- Lipiec, J., Simota, C., 1994, *Role of soil and climate factors in influencing crop responses to soil compaction in central and eastern Europe*. In: Soane, B.D., Van Ouwerkerk, C. (Eds.), Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering, vol. 11. Elsevier, The Netherlands, pp. 365–390.

- MacMillan RA & Marciak LC, 2000, *Modeling potential salinity hazard (PSH): predicting potential salinity hazard for a range and diverse test region in Alberta, Canada*. In: Proceedings of 4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4), Banff, Canada. Available: www.colorado.edu/Research/cires/banff/organization/subview3.cgi.html
- Mualem, Y., 1976, *A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media*. Water Resour. Res. 12, 513–522.
- Montanarella, L., 2006, *Trends in Land Degradation in Europe*, European commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Arusha, Tanzania
- Montanarella, L., 2007, *The establishment of a new European Soil Data Centre in support to the implementation of the EU Thematic Strategy for Soil protection*
- Monteith, J.L., 1965, *Evaporation and environment*. In: Fogg, G.E. (Ed.), *The State and Movement of Water in Living Organisms*. In: Proceedings of the 19th Symposium on Society of Experimental Biology. The Company of Biologists, Cambridge, pp. 205–234.
- Moreno, F., Murer, E. J., Stenitzer, E., Fernandez, J. E. and Giron, I. F., 2003, *Simulation of the impact of subsoil compaction on soil water balance and crop yield of irrigated maize on a loamy sand soil in SW Spain*, Soil & Tillage Research (73), 31–41
- OECD, 2003, *Descriptions of Selected Key Generic Terms Used in Chemical Hazard/Risk Assessment*, no. 44, OECD Environment Directorate, Environment, Health and Safety Division
- Oenema, O. and Römkens, P. F. A. M., 2004, *Quick Scan Soils in The Netherlands, overview of the soil with reference to the forthcoming EU Soil Strategy*, report number 948, Alterra
- Oenema, O., Römkens, P. F. A. M., Kuikman, P., Smit, A., vd Akker, J., Bonten, L., Rietra, R., Stolte, J., Stuyt, L., Lahr, J., Bloem, J., Faber, J., van Dijk, S. and Ehlert, P., 2006, *Nederland en de EU Kaderrichtlijn Bodem: overzicht van de thematiek en impact voor LNV*, Alterra
- Olsen, H.J., 1994, *Calculation of subsoil stresses*. Soil Till. Res. 29, 111–123.
- O’Sullivan, M.F., Henshall, J.K., Dickson, J.W., 1999, *A simplified method for estimating soil compaction*. Soil Till. Res. 49, 325–335.
- Perdok, U.D., Tijink, F.G.J., 1990, *Developments in IMAG research on mechanization in soil tillage and field traffic*. Soil Till. Res. 16, 121–141.
- Pla I, 1996, *Soil salinisation and land desertification*. In: Soil degradation and desertification in mediterranean environments, eds JL Rubio & A Calvo, Geoforma Logr on ño Spain pp 105–129.
- Pla I, 1997, *Evaluacio’n de los procesos de salinizacio’n de suelos bajo riego*. Edafologí’a. Revista de la Sociedad Espanñola de la Ciencia del Suelo. Edicio’n especial 50 Aniversario. SECS, Dpto. Edafologí’a y quí’mica agrí’-cola, Facultad de Ciencias, Univ. Granada Spain pp 241–267.
- Petelkau, H., 1984, *Auswirkungen von Schadverdichtungen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenenertrag sowie Massnahmen zu ihrer Minderung*. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.—Wiss. DDR, Berlin, Tagungsbe., vol. 227, pp. 25–34.
- Poodt, M.P., Koolen, A.J., van der Linden, J.P., 2003, *FEM analysis of subsoil reaction on heavy wheel loads with emphasis on soil preconsolidation stress and cohesion*. Soil Till. Res. 73, 67–76.
- Raes DB Van Goidsenhoven K Goris B Samain E De Pauw M El Baba K Tubail IJ & De Nys E, 2001, *Budget, a management tool for assessing salt accumulation in the root zone under irrigation*. Fourth inter regional conference on environment-water, ICID (ABID), Ministerio Do Meio Ambiente, Dos Recursos Hidricos E Da Amazonia Legal, Secretaria de Recursos Hidricos, SCLR/N 712 Bloco ‘C’ Loja 18, 70760 Brasilia DF Brazil pp 244–252.

- Ragab R, 2002, *An integrated modelling approach for irrigation water management using saline and non-saline water: the SALTMED model*. Proceedings of the international symposium on techniques to control salination for horticultural productivity. Acta Horticulturae 573, 129–138.
- RAMSOIL, 3 October 2006, 2006, *Sustainable Use of Soil Related to Different Agricultural Practices - Thematic Strategy on Soil*, Wageningen: A statistical approach to landslide risk modelling at basin scale: from landslide susceptibility to quantitative risk assessment, 12-1 2005 (landslides)
- Romeo, R. W., Floris, M. and Veneri, F., 2006, *Area-scale landslide hazard and risk assessment*, Environmental Geology (51), 1-13
- Rusanov, V.A., 1994, *USSR standards for agricultural mobile machinery: permissible influences on soils and methods to estimate contact pressure and stress at a depth of 0.5 m*. Soil Till. Res. 29, 249–252.
- Simunek JD & Suarez L, 1994, *Two-dimensional transport model for variably saturated porous media with major ion chemistry*. Water Resources Research 30, 1115–1133.
- Söhne, W., 1953, *Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepper Reifen*. Grundlagen Landtechnik 5, 49–63.
- Stenitzer, E., Murer E., 2003, *Impact of soil compaction upon soil water balance and maize yield estimated by the SIMWASER model*. Soil Till. Res. 73, 43–56.
- Szabolcs, I. (Ed.), 1971, *European Solonetz Soils and their Reclamation*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 204 p. (Including a detailed bibliography of Salt Affected Soils in Europe prepared by G. Várallyay, 40 p.).
- Tijink, F.G.J., Döll, H., Vermeulen, G.D., 1995, *Technical and economical feasibility of low ground pressure running gear*. Soil Till. Res. 35, 99–110.
- Van den Akker, J.J.H., 1988, *Model computations of subsoil stress distribution and compaction due to field traffic*. In: Proceedings of the 11th International Conference of ISTRO, Edinburgh, UK, pp. 403–408.
- Vaughan PJ Simunek J Suarez DL Corwin DL & Rhoades JD, 1996, *Unsatchemgeo: Modeling water flow and multicomponent solute transport in a GIS context*. In: *Applications of GIS to the modeling of non-point source pollutants in the vadose zone*, eds DL Corwin & K Loague. SSSA Special Publication No. 48. Soil Science Society of America Madison WI Ch 14 pp 235–246.
- Voorhees, W.B., Lindstrom, M.J., 1983, *Soil compaction constraints on conservation tillage in the northern corn belt*. J. Soil Water Conserv. 38, 307–311.
- Ustet A & Borroto M 2001, *A modeling-GIS approach for assessing irrigation effects on soil salinisation under global warming conditions*. Agricultural Water Management 50, 53–63.
- wikipedia, [<http://www.wikipedia.com>], 2007
- Alakukku, L., P. Weisskopf, W. C. T. Chamen, F. G. J. Tijink, J. P. van der Linden, S. Pires, C. Sommer and G. Spoor, 2003, *Prevention strategies for field traffic induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions*, Soil & Tillage Research (73), 145-160
- Arvidsson, J., E. Sjöberg and J. J. H. van den Akker, 2003, *Subsoil compaction by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden III. Risk assessment using a soil water model*, Soil & Tillage Research (73), 77-87
- Bui, E. N., K. R. J. Smettem, C. J. Moran and J. Williams, 1996, *Use of soil survey information to assess regional salinization risk using geographical information systems*, Journal of Environmental Quality (25), 433-439
- Chamen, T., L. Alakukku, S. Pires, C. Sommer, G. Spoor, F. Tijink and P. Weisskopf, 2003, *Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 2. Equipment and field practices*, Soil & Tillage Research (73), 161-174

- de Paz, J. M., F. Visconti, R. Zapata and J. Sanchez, 2004, *Integration of two simple models in a geographical information system to evaluate salinization risk in irrigated land of the Valencian Community, Spain*, *Soil Use and Management* (20), 333-342
- Eckelmann, W., R. Baritz, S. Bialousz, P. Bielek, F. Carré, B. Houšková, R. J. A. J.A. Jones, M. Kibblewhite, J. Kozak, C. Le Bas, G. Tóth, T. Tóth, G. Várallyay, M. Yli Halla and M. Zupan, 2006, *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*, Research report no. 20, *Soil Information Working Group (SIWG), European Soil Bureau Network (ESBN)*
- Falloon, P. and P. Smith, 2002, *Simulating SOC changes in long-term experiments with RothC and CENTURY: model evaluation for a regional scale application*, *Soil Use and Management* (18), 101-111
- Faulkner, H., J. Ruiz, P. Zukowskyj and S. Downward, 2003, *Erosion risk associated with rapid and extensive agricultural clearances on dispersive materials in southeast Spain*, *Environmental Science & Policy* (6), 115-127
- Jones, R. J. A., G. Spoor and A. J. Thomasson, 2003, *Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis*, *Soil & Tillage Research* (73), 131-143
- Kelly, R. H., W. J. Parton, G. J. Crocker, P. R. Grace, J. Klir, M. Korschens, P. R. Poulton and D. D. Richter, 1997, *Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using the century model*, *Geoderma* (81), 75-90
- Montanarella, L., 2006, *Trends in Land Degradation in Europe*, European commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Arusha, Tanzania
- Montanarella, L., 2007, *The establishment of a new European Soil Data Centre in support to the implementation of the EU Thematic Strategy for Soil protection*, Luca Montanarella
- Moreno, F., E. J. Murer, E. Stenitzer, J. E. Fernandez and I. F. Giron, 2003, *Simulation of the impact of subsoil compaction on soil water balance and crop yield of irrigated maize on a loamy sand soil in SW Spain*, *Soil & Tillage Research* (73), 31-OECD, 2003, *Descriptions of Selected Key Generic Terms Used in Chemical Hazard/Risk Assessment*, no. 44, OECD Environment Directorate, Environment, Health and Safety Division
- Oenema, O. and P. F. A. M. Römkens 2004, *Quick Scan Soils in The Netherlands, overview of the soil with reference to the forthcoming EU Soil Strategy*, report number 948, Alterra
- Oenema, O., P. F. A. M. Römkens, P. Kuikman, A. Smit, J. vd Akker, L. Bonten, R. Rietra, J. Stolte, L. Stuyt, J. Lahr, J. Bloem, J. Faber, S. van Dijk and P. Ehlert, 2006, *Nederland en de EU Kaderrichtlijn Bodem: overzicht van de thematiek en impact voor LNV*, Alterra
- RAMSOIL, 3 October 2006, *Sustainable Use of Soil Related to Different Agricultural Practices - Thematic Strategy on Soil*, Wageningen: *A statistical approach to landslide risk modelling at basin scale: from landslide susceptibility to quantitative risk assessment*, 12-1 2005 (landslides)
- Romeo, R. W., M. Floris and F. Veneri, 2006, *Area-scale landslide hazard and risk assessment*, *Environmental Geology* (51), 1-13
- Smit, A. and C. Beek, 2007, *Risicogebieden voor organische stof*, Alterra, Soil Science Centre
- Spoor, G., F. G. J. Tijink and P. Weisskopf, 2003, *Subsoil compaction: risk, avoidance, identification and alleviation*, *Soil & Tillage Research* (73), 175-182
- Van den Akker, J. J. H., J. Arvidsson and R. Horn, 2003, *Introduction to the special issue on experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European Union*, *Soil & Tillage Research* (73), 1-8