

MODELAREA MULTITEMPORALĂ AVANSATĂ ȘI OPTIMIZAREA REȚELELOR DE TRANSPORT, UTILIZARE ȘI DEPOZITARE A CO₂

ETAPĂ NR. 1 /2022: Dezvoltarea modelelor proxy de performanță a rezervoarelor respectiv descrierea modelelor fizice (conducta, foraj, etc)

Modelele proxy sunt în mod fundamental modele de interpolare matematică care pot fi evaluate mult mai rapid decât simulatoarele numerice dinamice. Prin urmare, ele pot fi utilizate pentru monitorizare (aproape) în timp real și suport pentru decizii, în special, decizii care necesită fluxuri de lucru mai solicitante (analiza de sensibilitate, optimizare în condiții de incertitudine).

Aceste modele vor fi configurate pentru a caracteriza tipul de rezervor de stocare, barierele geologice de curgere, integritatea sistemului de stocare (puț, falie, caprock) și condițiile de injectivitate (precipitație de sare, hidrat de CO₂ în apropierea sondei etc.).

Dezvoltarea modelului proxy va explora oportunitatea adaptării abordărilor existente, utilizate în principal pentru studiile de evaluare a riscurilor, care variază de la fizică completă la modele de ordin redus și semi-analitice. În combinație cu experiența de cercetare substanțială în stocarea CO₂, atribuită unora dintre partenerii consorțiului precum și analiza studiilor de caz prezentate în cadrul proiectului, parametrii relevanți ai modelului și procesele termice-hidro-mecanice-chimice vor fi identificați pentru includerea în proxy modele. În cadrul unui proxy model, procesele potențial relevante includ răcirea Joule-Thompson, formarea de hidrat, precipitarea sării, fracturarea și reactivarea defecțiunilor.

Modele proxy care vor fi dezvoltate, vor include algoritmi care vor permite urmărirea calculelor dinamice ale capacității rezervorului, arhitectura internă a rezervorului (de exemplu, defecțiuni-zone de falie), numărul forajelor și plasarea lor în rezervor precum și managementul presiunii de injectie.

GETICA CCS reprezintă un proiect demonstrativ CCUS pregătit în România ca scop captarea și stocarea a 1 Mt de CO₂ de la un bloc energetic al centralei pe cărbune Turceni.

În cadrul proiectului GETICA CCS, după o atentă analiză a posibilităților de stocare din regiune, dintr-o bază inițială de 7 situri potențiale de stocare, au fost alese în final 2 situri (Figura 1), 2 acvifere saline cu rezervoare de stocare Sarmațianul Depresiunii Getice (unitate structurală majoră a României și o veche provincie petrolieră). Cele două situri potențiale de stocare, acvifere saline adânci, au fost denumite Zona 1 și Zona 5, ultima fiind considerată ca fiind extrem de promițătoare pentru stocare.

A fost realizată de către GeoEcoMar o analiză preliminară a zonei Turceni pentru a crea o listă temporară cu potențiale situri de stocare a CO₂.

Suprafața investigată a fost aleasă ca fiind un cerc cu raza de 50 km în jurul Complexului Energetic Turceni. Această zonă acoperă o mică parte din sectorul vestic al Platformei Moesice și al Depresiunii Getice.

În această zonă doar acviferele saline din formațiunile terțiare sunt considerate potrivite pentru a fi rezervoare de stocare a CO₂. Secvențele sedimentare au creat capcane structural - stratigrafice suprapuse cu extinderi diferite în cazul sitului 5 și numai una pentru situl 1;

Închiderea capcanelor este bine definită pentru secvențele S3 – S5 (situl 5) și S5 (situl 1); Roca protectoare este destul de bine dezvoltată, groasă și continuă, pentru ambele situri;

Permeabilitatea și porozitatea rezervorului sunt bune. În concluzie, am considerat că Zonele 1 și 5 pot fi selectate ca situri de stocare.

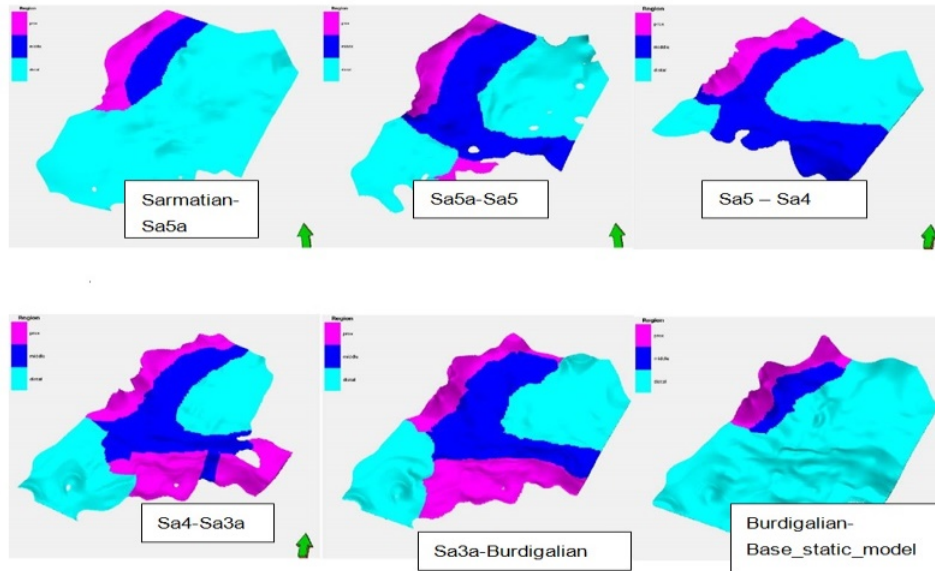


Fig. Distribuția tipurilor de facies, conform distanței dintre sursa materialului sedimentar și zona de acumulare

În cadrul acestei activități am contribuit la crearea modelului proxy pentru un acvifer salin utilizând studiul de caz românesc al proiectului, anume GETICA CCS. Astfel, am revizuit într-o primă fază datele aferente acestui studiu, inclusiv modelele statice și dinamice realizate anterior. Acest lucru este extrem de important pentru a putea testa și valida într-o etapă ulterioară modelul proxy dezvoltat în cadrul proiectului.

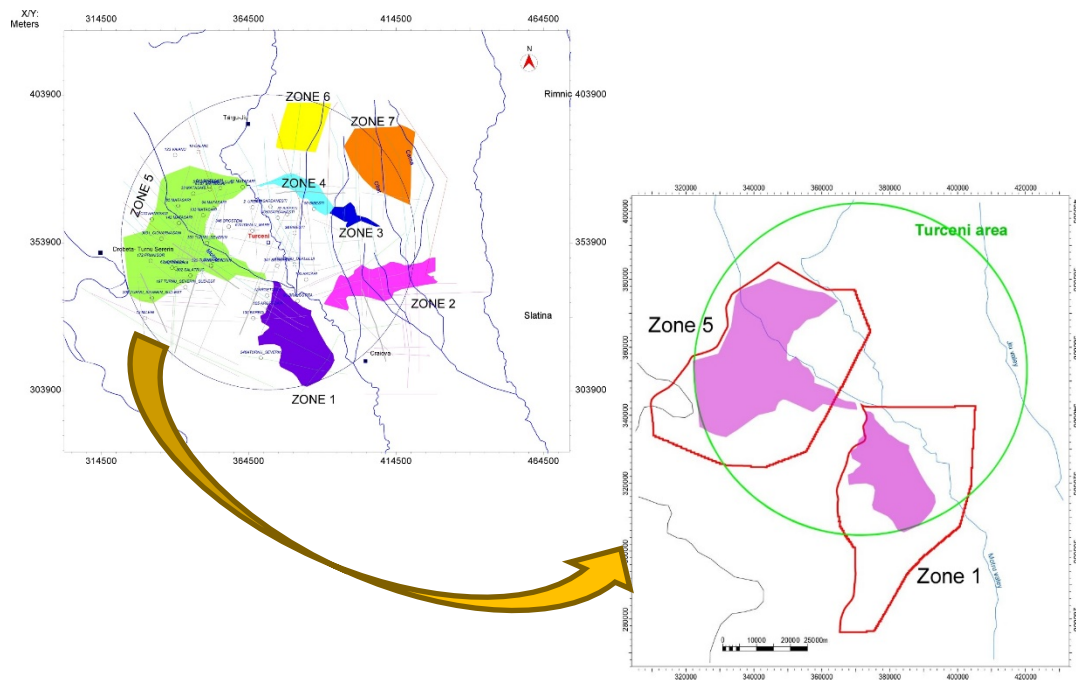


Figura 2. Siturile de stocare pentru GETICA CCS

Operabilitatea rețelei de transport și dezvoltarea modelului CCUS multitemporal

În această fază, pornind de la o variantă simplă de transport printr-o conductă terestră, de la unul dintre grupurile energetice ale Termocentralei Turceni, la situl de stocare geologică a CO₂, selectat în zona Oltenia, în cadrul Proiectului demonstrativ GETICA CCS, pregătim cadrul necesar pentru realizarea modelului proxy pentru transportul CO₂ prin conducte, și prin celelalte modalități de transport, rutier, feroviar și naval, în cazul mult mai complex al considerării mai multor surse și situri de stocare a CO₂, inclusiv cele din Marea Neagră. Desigur, în cazul fiecărei modalități de transport, vor fi luate în considerare toate caracteristicile specifice, necesare pentru realizarea modelului proxy.

Soluția de transport în cazul Proiectului GETICA CCS, constă într-o conductă terestră de maximum 40 km lungime. Încă de atunci, au fost preconizate viitoarele conexiuni, de luat în considerare: Rovinari, Craiova II, Ișalnița, instalații industriale petro-chimice și metalurgice. Transgaz a fost desemnat operator de transport. Rețeaua de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia (Fig.3) a fost o bună bază de plecare pentru proiectarea conductei Proiectului GETICA CCS, dar, acum poate juca același rol și pentru extinderea pe care o preconizăm.

În această etapă am realizat o documentare asupra transportului CO₂ pe navă, precum și asupra posibilităților de transport pe Dunăre a CO₂ către zăcămintele din Marea Neagră. Practica transportului de gaze lichefiate și presurizate pe nave datează de mai bine de 70 de ani. De atunci, transportul gazelor în această stare pe nave, a devenit o industrie semnificativă pe tot Globul, navele transportatoare de gaz fiind o prezență des întâlnită în traficul naval. Transportul CO₂ pe nave are loc de aproape 20 de ani, deși doar în cantități mici pentru obiective industriale și alimentare.

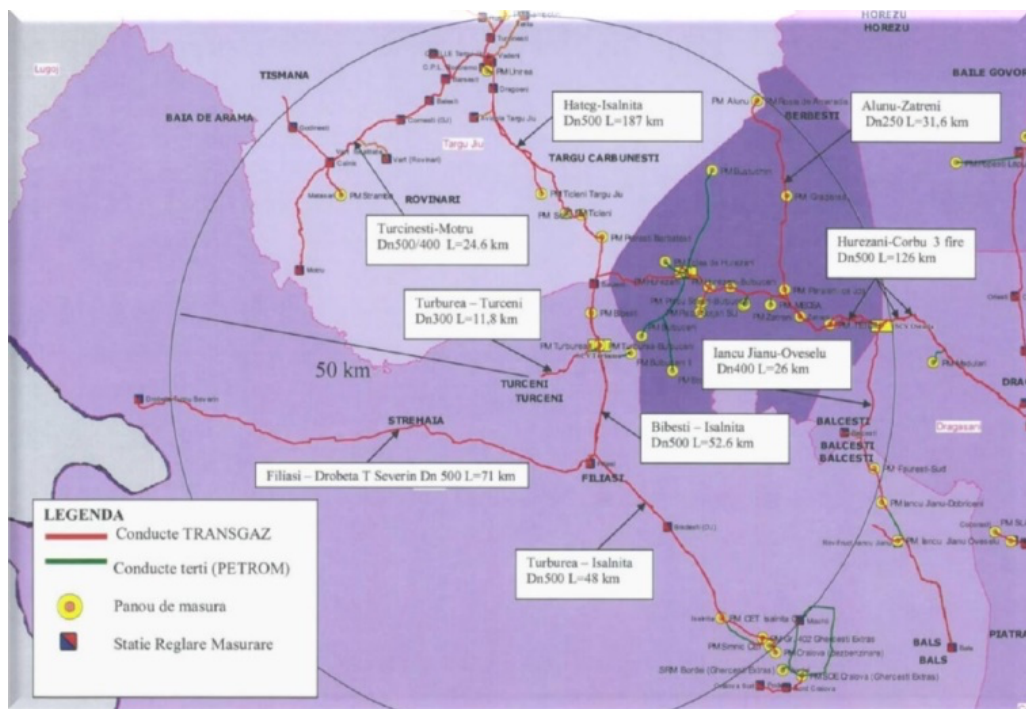


Fig.3 Rețeaua de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia

În cadrul fig.4 a fost prezentată schița porturilor cu cel mai bun potențial de transport al CO₂, ținând cont de conexiunile feroviare și rutiere dar și conectarea cu rețeaua de conducte petroliere și gazeifere.

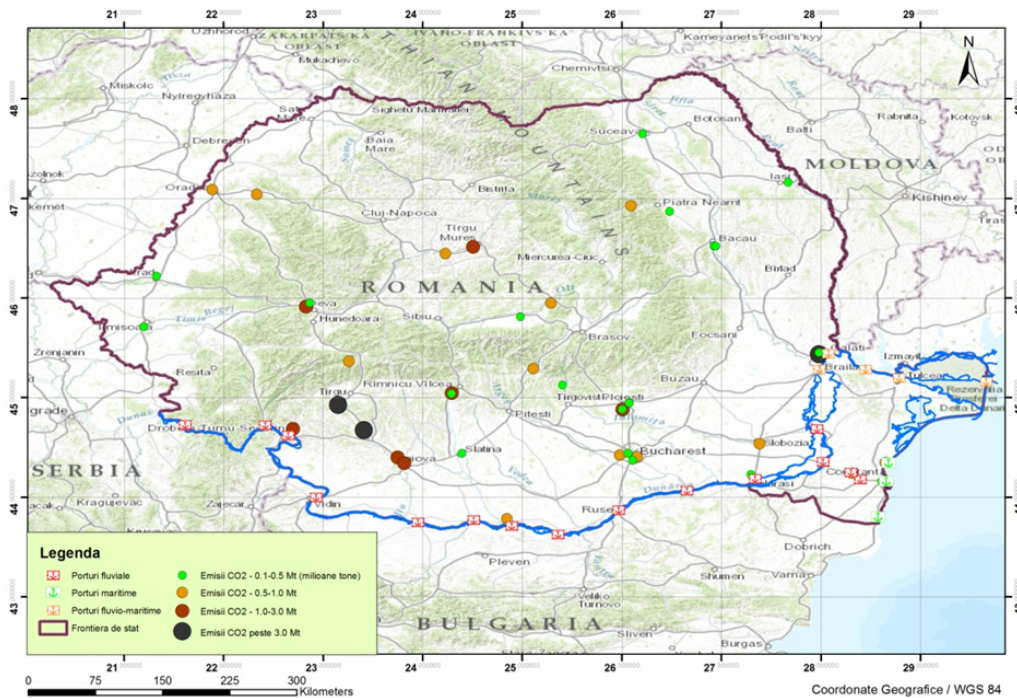


Figura 4. Harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României

Caracterizarea stocării integrate și evaluarea dinamicii riscului rețelei

Scopul acestei sarcini este de a identifica o serie de riscuri care pot fi generate de rezultatele modelelor proxy dezvoltate în WP1 și WP2. Aceste registre de risc vor fi utilizate pentru a defini indicatorii cheie de performanță pentru urmărirea operațiunilor dinamice ale unei rețele CCUS. Indicatorii de performanță vor depinde de tipul de operațiune (de exemplu, stocare vs utilizare), precum și de disponibilitatea informațiilor. Se va analiza componentele cheie ale sistemului (de exemplu, formațiuni salină, caprock, supraîncărcare, câmpuri de gaze epuizate, foraje abandonate, falii existente, foraje de evacuare a apei/geotermale/petrol/gaz).

Captarea, utilizarea și stocarea carbonului (CCUS) este un sistem integrat de rețele geologice, de inginerie, logistice și tehnologice care se referă la dezvoltarea sigură și durabilă a energiei regenerabile în secolul 21. Implementarea pe scară largă (la scara zăcămintelor de petrol și gaze) a proiectelor CCUS necesită disponibilitatea și utilizarea flexibilă a unei rețele de transport și stocare care poate capta rate variate de aprovizionare cu CO₂ din diferite surse. O astfel de rețea trebuie construită cu recunoașterea riscurilor asociate fiecărui factor care poate fi prezis din funcționarea, alimentarea și injectarea de dioxid de carbon în formarea rezervorului. Pe lângă capacitatea rețelei, este necesară monitorizarea constantă a modificărilor CO₂ captat pentru a elimina riscurile potențiale sau existente. Deși fiecare dintre componentele rețelei este esențială pentru a fi studiată, acest raport se concentrează pe indicatorii cheie de performanță relevanți pentru evaluarea riscului capacității de stocare.

Element	Hazard	Impact
Rezervor	Extindere laterală insuficientă a efilărilor	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Falii neidentificate conductive traversează formațiunea protectoare	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Coridoare de fracturi neidentificate traversează formațiunea protectoare	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Permeabilitate mai mare decât cea preconizată	Integritatea stocării
Sonde	Sonde vechi abandonate prin care se scurge CO2	Integritatea stocării
Falii	Falii neidentificate în interiorul rezervorului care nu sunt transmisive lateral	Capacitate stocare, injectivitate
Falii	Falie de limită caer nu este impermeabilă vertical sau lateral	Integritatea stocării
Rezervor	Permeabilitate mai mică decât cea estimată	Injectivitate
Rezervor	Porozitate mai mică decât cea estimată	Capacitate stocare
Rezervor	Înfundare datorită depunerii de sare ă jurul sondei	Injectivitate

Dezvoltarea modelelor proxy CCUS și metodele de evaluare a decarbonizării

În cadrul acestei activități s-a făcut o analiză referitoare la modelele proxy referitoare la captarea CO₂ din industria energiei electrice, a oțelului și a cimentului. Decarbonizarea clusterelor industriale se bazează pe implementarea CCUS pentru a permite reduceri profunde ale emisiilor pentru combustibilii fosili (gaze naturale), energia produsă din biomasă, industria cimentului și industria siderurgică. Modelele proxy vor servi ca agenți în modelul de rețea și vor oferi funcții de intrare/ieșire pentru proiectarea și simularea sistemului general.

De exemplu, va fi posibilă simularea ratei de producere a energiei electrice, cererea de căldură pentru captarea CO₂ și rata producției de CO₂ și evaluarea impactului dinamicii rețelei de transport de CO₂ asupra producției de energie electrică sau sprijinirea optimizării operabilității rețelei și luarea deciziilor.

Rezultate:

1. Decarbonizarea clusterelor industriale se bazează prin implementarea CCUS pentru a permite reduceri profunde ale emisiilor pentru combustibilii fosili (gaze naturale) și energia din biomasă, cimentul și industria siderurgică. În această etapă am contribuit la crearea modelului proxy pentru un acvifer salin utilizând studiul de caz românesc al proiectului, anume GETICA CCS;

2. Au fost revizuite într-o primă fază datele aferente acestui studiu (Getica CCS), inclusiv modelele statice și dinamice realizate anterior;
3. În vederea dezvoltării modelului proxy pentru acvifer salin, din modelele statice și dinamice au fost extrași parametrii cheie;
4. A fost descris complexul de stocare al zonelor 1 și 5, megasecvența sarmatiană a Depresiunii Getice din zona Turceni: Sa-5a (Sarmațian); Sa-3 (Sarmatian); Sa-5 (sarmatian); și Sa-4 (Sarmatian) contribuind la dezvoltarea modelului proxy pentru acviferul salin.
5. În activitatea II, a fost prezentat procesul de transport al CO₂ pe apă și în mod special Soluția de transport în cazul Proiectului GETICA CCS;
6. A fost realizată harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României;
7. Experiența acumulată în proiectele europene dedicate găsirii celor mai bune soluții pentru transportul CO₂ prin conducte terestre a permis realizarea rețelei de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia;
8. Tot în cadrul acestei activități, a fost actualizată schița porturilor, cu cel mai mare potențial de transport multimodal al CO₂ în Oltenia;
9. În cadrul activității III, am contribuit de asemenea la livrabilul Risk-based Key Performance Indicators, ajutând la definirea parametrilor cheie de management al riscurilor și prezentând exemplul studiului de caz GETICA CCS;
10. Au fost investigate riscurile tehnice și non-tehnice (legislație, obținerea permiselor, conflicte de interese, acceptarea publicului, comunicare și coordonare proiect);
11. Au fost analizate cele mai importante hazarde identificate pentru ambele situri de stocare analizate;
12. Pe baza noilor date obținute au fost identificate riscurile non-tehnice asociate stocării CO₂;
13. În cadrul activității IV, au fost stabilite principiile de dezvoltare a modelelor proxy CCUS și metodele de evaluare a decarbonizării;
14. Identificarea principiilor de implementarea CCUS în vederea decarbonizării clusterelor industriale;