

Trajectory Calculation for Oil Slick Drift on Sea Surface

Şef lucrări dr. ing. Eugen BÂRSAN

Catedra de Navigație și Transport Maritim, Universitatea Maritimă Constanța

The most important support decision software for the management of a crisis in case of major marine oil spill is related to the time prediction and analysis of the oil slick trajectory on the sea surface. Such software is based on a very complex 3D mathematical model and a large set of hydrological data. This software will work only for the maritime area configured by the hydrological and geographical data sets.

For the General Coordinator of the oil spill response, the prediction of the oil slick movement, under real time meteorological conditions, is crucial for the decisions that must be taken in the following hours after the spill. The aim of this paper is to underline the use of such software for oil spill crisis management in the Romanian maritime waters.

Keywords: marine pollution, oil, oil slick trajectory, oil slick, oil spill response, GNOME, Romanian coastline.

Introducere

Realizarea unui program care să simuleze traiectoria probabilă a unei pete de țitei aflate în derivă pe suprafața apei este deosebit de complexă, deoarece modelul matematic care se utilizează trebuie să combine condițiile meteorologice și în special hidrologice specifice zonei în care s-a produs poluarea, cu modul particular de reacție al hidrocarburii în contact cu mediul marin.

Dacă am privi simplist lucrurile am putea considera că pata de țitei va fi derivată pe suprafața mării pe direcția rezultantei direcțiilor vântului pentru un anumit interval de timp și cu o viteză care reprezintă 3% din viteza medie a vântului. În realitate, datorită procesului de "îmbătrânire" al hidrocarburii, comportamentul acesteia nu va fi uniform în timp. Lucrurile devin cu atât mai complicate, în momentul în care zona pentru care se face simularea este o zonă afectată de curenți de maree, caz în care aceștia vor interacționa cu curenții de suprafață generat de vânt, modificând în mod substanțial modul de deplasare al petei de țitei.

În ultimii 10 ani, s-au elaborat foarte multe programe, pentru diferite regiuni ale globului, care să prezică traiectoria petei de țitei. S-a trecut chiar de la modele matematice bidimensionale (plane) la modele tridimensionale, care încearcă să țină cont și de dinamica masei de apă pe verticală. Dacă acest model

matematic tridimensional pentru calculul traiectoriei petei de petrol este suficient de bine susținut de o bază de date care să conțină elementele hidrologice specifice unei anumite zone maritime, iar ca date de input pot fi introduse suficiente informații privind condițiile atmosferice și caracteristicile deversării, atunci rezultatele vor fi suficiente pentru a ajuta Coordonatorul General în luarea unor decizii adecvate.

2 Utilizarea programelor de simulare a traiectoriei petei de hidrocarburi

Pentru modelarea traiectoriei petei de țitei în zona litoralului românesc al Mării Negre, s-a utilizat programul GNOME, creat de departamentul HAZMAT din cadrul National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Response and Restoration US. HAZMAT utilizează acest software în cazul producerii unei poluări în mediul marin, pentru a calcula modul de deplasare al petei de petrol. GNOME poate fi utilizat pentru a:

- prognoza modul în care vântul, curenții marini de suprafață și curenții de maree vor influența traiectoria petei de petrol;
- studia modul în care deplasarea petei de petrol este afectată de eventualele erori și incertitudini privind datele hidrometeorologice introduse;
- prognoza schimbările proprietăților fizico-chimice ale hidrocarburii în contact cu medi-

ul marin. În cadrul fiecărei simulări, GNOME va genera o animație care prezintă modul de deplasare al petei de țitei, în intervalul de timp pentru care este rulată simularea. În funcție de tipul hidrocarburii și condițiile de mediu, programul va calcula cantitățile de petrol care se vor evapora, dispersa, vor rămâne la suprafața apei sau vor ajunge pe țărm.

Pentru ca software-ul să furnizeze rezultate realiste, el trebuie să acceseze o bază de date externă care să conțină elementele curenților marini existenți în zona pentru care se face simularea. Crearea bazei de date hidrologice pentru o anumită zonă maritimă, implică utilizarea altor două programe conexe și compatibile cu GNOME. Este vorba despre programul DOGS (Digital Optimization of Grid Systems), cu ajutorul căruia se generează baza de date batimetrică (adâncimile) corespunzătoare zonei maritime pentru care se particularizează programul. Mai întâi va fi generat conturul coastei pentru aria de lucru. O dată definită zona litorală, cu toate particularitățile ei, se trece la delimitarea suprafeței maritime acoperite de simulările GNOME. Pentru această suprafață de mare, se vor introduce cât mai multe date batimetrice, adâncimi, pentru a putea fi generat profilul fundului mării. Cu cât adâncimile sunt mai mici (în apropierea coastei), cu atât numărul de sonde batimetrice trebuie să fie mai mare, pentru a se putea modela corect deplasarea masei de apă sub influența curenților marini permanenți și nepermanenți.

Ulterior, modelul batimetric creat cu DOGS va fi importat în programul CATS (Current Analysis for Trajectory Simulation). Cu ajutorul acestui software, se generează modelul hidrodinamic corespunzător zonei de studiu, respectiv se creează baza de date legată de curenții marini de suprafață, respectiv curenții de maree. În prealabil rulării programului GNOME, modelul hidrologic corespunzător ariei de studiu va trebui încărcat pentru a genera caracteristicile specifice ariei de lucru.

În ceea ce privește traiectoria petei de petrol, GNOME va oferi cea mai probabilă deplasare a acesteia, pe baza condițiilor meteorologice introduse și pe baza datelor hidrologice

conținute în baza de date. Această traiectorie este foarte aproape de realitate în condițiile rulării simulării pentru a obține o prognoză pe termen scurt (24 ore) sau în cazul efectuării unor analize a unor evenimente care s-au petrecut anterior și pentru care date meteorologice sunt cunoscute cu precizie. Dacă se dorește obținerea unei prognoze pe un interval de timp mai îndelungat (2-6 zile), atunci se va rula simularea activând opțiunea de considerare a incertitudinii privind datele meteorologice. Pentru un interval de prognoză atât de mare, informațiile meteorologice care sunt introduse de către utilizator ca date de intrare se bazează de fapt pe prognozele meteo corespunzătoare intervalului următor de timp. Ca urmare, este normal ca rezultatul oferit de GNOME să conțină o marjă de eroare, legată în primul rând de exactitatea prognozei meteo. GNOME poate cuantifica această marjă de eroare și afișa influența acestor factori de incertitudine asupra deplasării petei de petrol. În conformitate cu documentația de utilizare a programului GNOME, în cazul în care se rulează o simulare care ține cont de factorul incertitudine, 90% dintre particulele de hidrocarburi care formează pata de țitei se vor afla în suprafața indicată de către program.

Din punct de vedere al Coordonatorului General, în situația în care pata de țitei urmează să ajungă în cele din urmă la țărm, este important să știe lungimea maximă de litoral care este posibil să fie afectată de poluare și ca urmare să vizualizeze toate zonele costiere unde există risc de poluare, chiar dacă riscul de contaminare este diferit pentru diferitele secțiuni de litoral.

3 Rularea simulărilor

Pentru rularea unui scenariu privind traiectoria posibilă a unei pete de petrol, în cazul unei situații reale de poluare, se va utiliza soft-ul GNOME în modul analiză (diagnostic), urmând a fi parcurși următorii pași:

1. Încărcarea fișierului care conține baza de date pentru conturul coastei. În acest fișier sunt stocate coordonatele geografice ale punctelor care redau conturul coastei, respectiv longitudinea și latitudinea acestor puncte,

gradele și minutele de arc fiind reprezentate în format zecimal (precizie de 6 zecimale). Pentru a reda conturul litoralului românesc, de la sud de cap Caliacra (Bulgaria) și până la nord de Brațul Chilia (paralela de 46° Nord), a fost necesară scoaterea din hărțile de navigație a 2935 puncte (inclusiv pentru trasa porturilor Constanța, Mangalia și Midia).

2. Încărcarea bazei de date hidrografice, care conține profilul fundului mării și curenții de suprafață existenți în zonă. Baza de date corespunzătoare ariei de studiu (care include litoralul românesc) a fost creată cu programele DOGS și CATS. În figura 1 este prezentată harta creată pentru generarea profilului fundului mării pentru aria de studiu. Fiecare triunghi în parte conține câte o adâncime specifică. Ulterior, cu ajutorul programului CATS, pentru fiecare triunghi generat de programul de batimetrie DOGS, a fost introdusă direcția și viteza curenților de suprafață, pe baza datelor și observațiilor hidrologice multianuale. În final CATS generează curenții corespunzători pentru întreaga suprafață maritimă (figura 1).

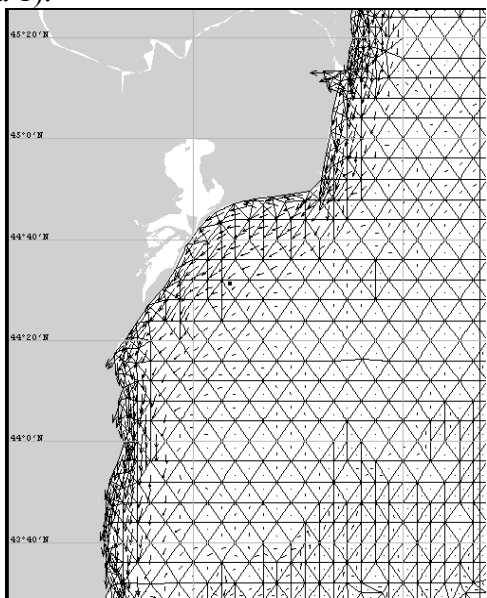


Fig. 1. Crearea bazei de date hidro-dinamice pentru zona litoralului românesc

3. Definirea tipului de poluare care s-a produs. Pentru aceasta sunt de introdus de către utilizator următorii parametri:

- tipul hidrocarburii. GNOME pune la dispoziție o bază de date pentru hidrocarburi care

conține următoarele tipuri de produse: benzină, kerosen, motorină, țiței brut ușor, țiței brut mediu, păcură, produse petroliere foarte grele. În acest fel se acoperă practic toate cele 5 clase de produse petroliere naturale sau rafinate;

- cantitatea de hidrocarbură deversată, care poate fi exprimată în diferite unități de măsură metrice sau anglo-saxone;

- data și ora la care a început deversarea. În cazul în care este vorba despre care nu s-a produs instantaneu, se va introduce data și ora momentului în care s-a terminat deversarea întregii cantități de petrol;

- coordonatele geografice ale locului în care s-a produs deversarea. Dacă punctul de începere al deversării nu coincide cu punctul final, se vor introduce coordonatele pentru poziția în care s-a terminat deversarea;

- în cazul în care simularea se face pentru o dată și oră premergătoare începutului deversării, se va introduce și numărul de ore care au trecut de la începerea deversării în mare a hidrocarburii. În acest fel, GNOME va ține cont de procesul de modificare al proprietăților fizico-chimice ale hidrocarburii, care a început în momentul primului contact al petrolului cu apa de mare.

4. Stabilirea duratei pentru care se face simularea. Durata minimă pentru care se poate face simularea este de 24 ore. Durata maximă a simulării nu este limitată, dar nu se recomandă, pentru realismul rezultatelor, o durată mai mare de 4-5 zile. Utilizatorul va stabili în continuare incrementul de timp pentru care este prezentată animația deplasării petei de petrol. Incrementul minim este de 15 minute, dar în cazul unei simulări efectuate pe o durată de 3-4 zile, incrementul recomandat este de 1 oră. Tot din această fereastră se stabilește și dacă calculele vor ține cont eventualele erori privind datele hidrometeorologice, introduse de utilizator. Cu alte cuvinte, dacă programul va afișa traiectoria cea mai probabilă a petei de petrol sau va prezenta și aria maximă posibilă de răspândire a petei de petrol.

5. Etapa următoare implică introducerea de către utilizator a parametrilor pentru prognoza hidrometeorologică. Posibilitățile oferite

de program sunt:

- introducerea direcției și vitezei vântului, în varianta în care acesta se consideră constant pe toată perioada simulării. Această opțiune poate fi utilizată în cazul în care simularea este rulată pentru un interval de timp de 6-12 ore;

- introducerea direcției și vitezei vântului, în cazul în care acesta își modifică caracteristicile pe durata simulării. Pentru o simulare efectuată pentru un interval de 1-5 zile, este evident că trebuie aplicată această opțiune, în condițiile în care se poate obține o prognoză meteo pentru respectivul interval de timp. Programul suportă introducerea unor valori pentru viteza și direcția vântului utilizând un anumit increment de timp (1-12 ore) și de asemenea se poate introduce gradul de incertitudine pentru aceste valori. Cu cât prognoza meteo este mai exactă, cu atât rezultatele care vor fi obținute vor include o marjă de eroare mai mică.

În acest moment, au fost introduse în program toate datele necesare pentru rularea simulării privind traiectoria petei de țitei.

4 Studiu de caz

În continuare vom evidenția predicțiile calculate de GNOME în cazul unei poluări produ-

se în dreptul intrării în stațiunea Mamaia, la o distanță de 12 Mm (22,3 km) în larg. Se consideră că se vor deversa în mare 2000 tone de țitei brut de densitate medie (clasa 3). Poluarea se produce în condițiile unui vânt care pe perioada simulării de 72 de ore, bate predominant din direcția Est-Nord-Est, cu o viteză medie de 9 Nd, ceea ce înseamnă un vânt de intensitate medie spre mică. În prima variantă vom considera că este vorba de ruperea unei nave tehnice de aprovizionare care se află în marș către platformele de foraj marin, ceea ce înseamnă că întreaga cantitate de țitei ajunge în mare instantaneu. În cea de a doua variantă vom presupune că poluarea s-a produs prin fisurarea unui tanc de marfă al unei nave petrolier aflată în marș către portul Midia. Din momentul producerii avariei, nava rămâne în derivă, cantitatea de 2000 de tone scurgându-se pe parcursul a 6 ore.

Cele două situații de poluare vor fi analizate atât din punct de vedere al celei mai probabile traiectorii cât și din punct de vedere al incertitudinii maxime. Pentru a nu prezenta foarte multe imagini separate, vom suprapune pe imaginea de bază poziția ocupată în timp de pata de țitei, la un intervale de 12 ore.

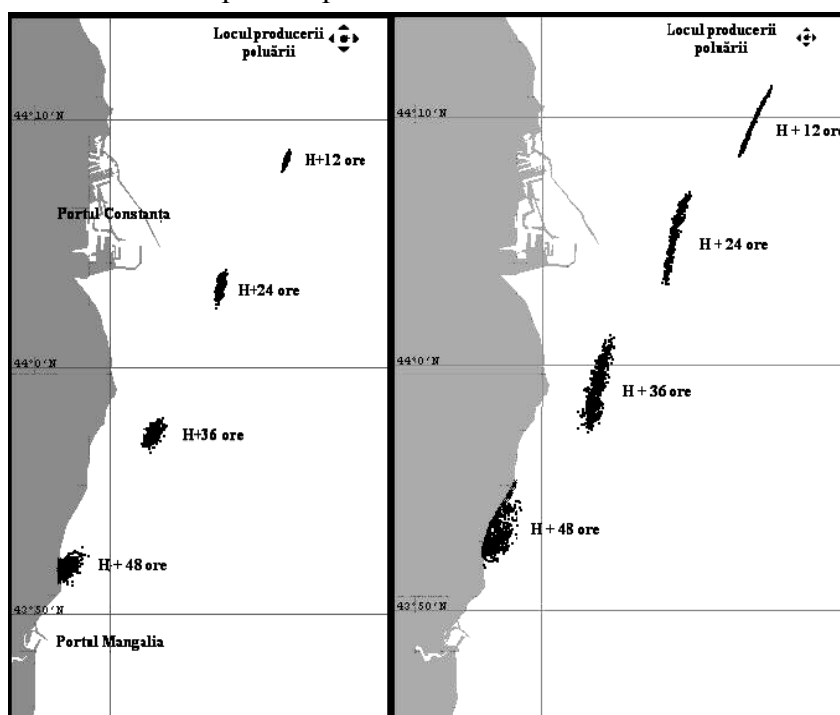


Fig. 2. Comparație între dimensiunile petei de țitei, în funcție de rata de deversare în mare

În cazul rulării simulării celei mai probabile traiectorii, deplasarea petei de țitei, din zona unde s-a produs poluarea și până în momentul atingerii țărmului durează aproximativ 48 de ore (figura 2). În cazul deversării continue (pe durata a 6 ore), lungimea petei de petrol este de 3-4 ori mai mare decât în cazul poluării

instantanee ceea ce duce la mărirea suprafeței și accentuează deriva către țărm a petei. Ca urmare, la 72 de ore din momentul producerii poluării, întreaga cantitate de țitei rămasă după evaporare și dispersie (circa 64% din cantitatea inițială) ajunge în contact cu linia coastei.

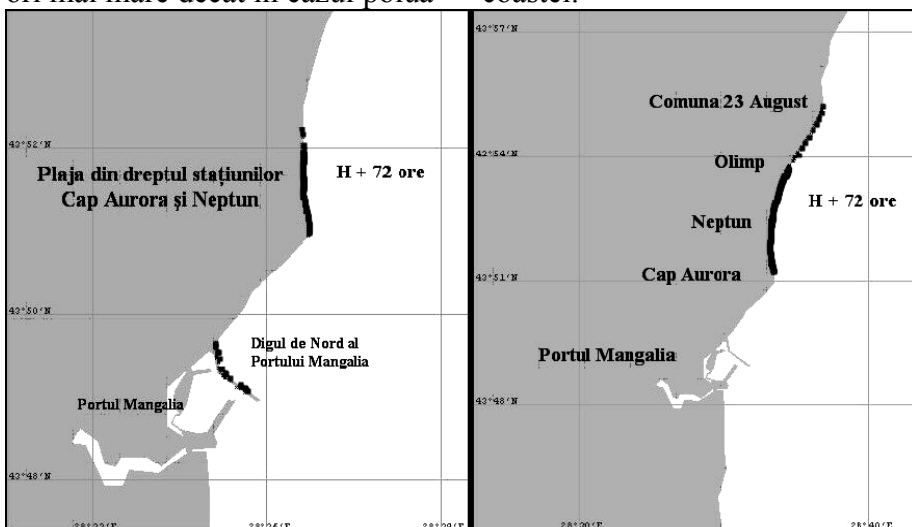


Fig. 3. Aria costieră afectată de poluare, în funcție de rata de deversare a hidrocarburii

În cazul poluării instantanee, zona afectată este reprezentată de plajele din dreptul stațiunilor Cap Aurora – Neptun și digul de nord al portului Mangalia. Însumat, este vorba de circa 4,2 km de țărm, în acest caz zona cea mai sensibilă fiind reprezentată de cei 2,6 km de plajă din stațiunile estivale (figura 3 stânga). Pentru poluarea continuă, datorită lungimii mult mai mari a petei de petrol, formate

la nivelul mării, lungimea de coastă care va fi afectată măsoară 8 km și se întinde de la Cap Aurora și până în dreptul localității 23 August. Ca urmare, toate plajele turistice de la nord de Cap Aurora vor fi contaminate cu țitei (figura 3 dreapta). Rezultă că operațiunile de depoluare la uscat vor necesita un volum de muncă de 4-5 ori mai mare decât în cazul poluării instantanee.

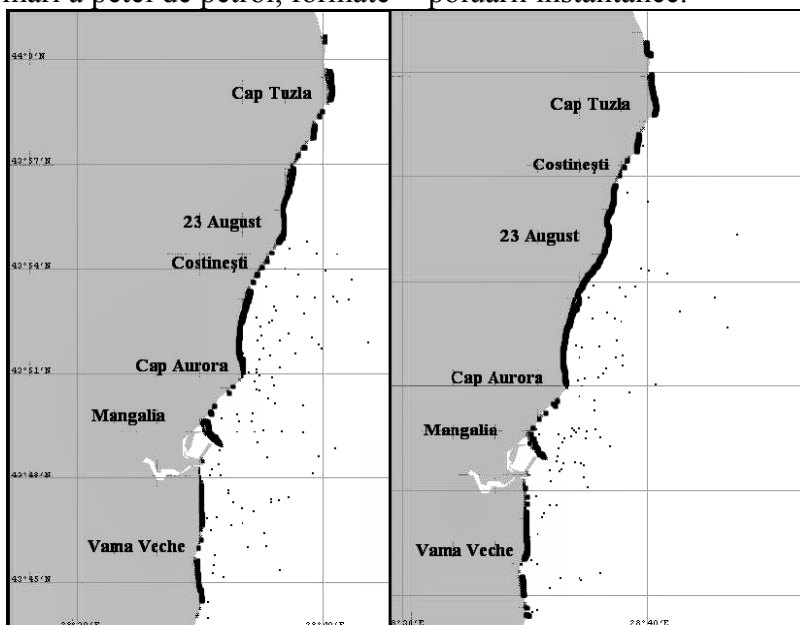


Fig. 4. Rezultate GNOME, cu și fără luarea în calcul a factorilor de incertitudine

Dacă aceleași scenarii sunt rulate ținând cont de factorul incertitudine, atunci situația se prezintă ca în figura 4. Din punct de vedere al lungimii coastei care poate fi contaminată nu există practic diferențe între cele două variante de poluare, existând riscul ca țiteiul să ajungă la țărm de la capul Tuzla și până la granița cu Bulgaria. Evident, în funcție de tipul poluării, distribuția concentrațiilor de țitei la coastă, vor fi diferite pe această lungime de aproximativ 25 km. Pentru Coordonatorul general, asta înseamnă că întreaga zonă de sud a litoralului turistic românesc poate suferi de pe urma poluării produse. Se poate aprecia e asemenea că operațiunile de depoluare la uscat vor fi anevoioase, datorită posibilităților limitate de acces pe plajă a utilajelor mecanice, în zona capului Tuzla și a porțiunii 23 August - Costinești. Dacă există resursele materiale necesare, amplasarea unor șiruri de baraje de deflecție în zona Cap Tuzla, 23 August, Cap Aurora, portul Mangalia, ar putea salva unele dintre plajele turistice sau cel puțin ar reduce cantitatea de țitei care ajunge pe plajă. De preferat ar fi captarea țiteiului în zona digului de nord al portului Mangalia, de unde recuperarea lui s-ar putea face mai ușor, chiar și de la suprafața apei.

Bibliografie

1. Bârsan Eugen, 2004, *Assesment of oil pollution risk along the Romanian coastline*, 5th General Assambly of IAMU, Launceston, Australia
2. Bârsan Eugen, 2005, *Cercetări privind metode și tehnici de prevenire și combatere a poluării marine cu hidrocarburi în zona porturilor maritime de pe litoralul românesc*, Teză de Doctorat, Facultatea de Transporturi, Universitatea Politehnica București, România
3. Casulli V., Cheng R. T., 1992, *Semi-implicit finite difference methods for three dimensional shallow water flow.*, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 15, p. 629-648.
4. Daniel P., Poitevin, J., Tiercelin, C., Marchand, M., 1998, *Forecasting accidental marine pollution drift: the French operational plan*. Oil Spill 98, Computational Mechanics Publications.
5. Galt, J.A. , 1995, *The integration of trajectory models and analysis into spill response information systems*. Proc. Second Int. Oil Spill Research and Development Forum, International Maritime Organization, London, p. 499-507.
6. Hernandez, J.Z.; J.M. Serrano, 2001, *Knowledge-based models for emergency management Systems*, Expert Systems with Applications, Vol. 20, Issue 2, p. 173-186.Elsevier Science Ltd.
7. Mansor S., Pourvakhshouri S.Z., 2003, *Oil spill management via decision support system*, 2nd FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco
8. *** NOAA Ocean Service, 2002, *Trajectory analysis handbook*, Office of Response and Restoration, Hazardous Materials Response Division, Washington, D.C., USA