

Dr. sc. **Damir Zec**,
Mr. sc. **Vlado Francić**,
Pomorski fakultet u Rijeci
Studentska 2, Rijeka, Hrvatska
Mr. sc. **Juraj Bukša**,
Lošinjska plovidba, d.d.
Splitska 2, Rijeka, Hrvatska

Ocjena djelotvornosti uklanjanja onečišćenja mora primjenom analize predložaka

Sažetak

U radu su prikazani rezultati projekta potaknutog od strane Primorsko-goranske županije radi ocjene djelotvornosti i unapređenja županijskog ustroja zaduženog za djelovanje u slučaju većeg onečišćenja s brodova. Načelno, ocjena djelotvornosti kao i moguća organizacijska i druga unapređenja temelje se na provjeri djelovanja u slučaju nastupa reprezentativnog slijeda događaja - predložka. Posebice, u radu je prikazana metodologija razvoja i izbora predložaka koji zadovoljavaju uvjet reprezentativnosti i način numeričkog ocjenjivanja (mjerenja) djelotvornosti. Izbor predložaka temelji se na mješovitom pristupu pri čemu se na odgovarajući način koriste i pristup najnepovoljnijeg razvoja događaja (*Worst Case Scenario*) i slijed događaja najveće vjerojatnosti (*Most Probable Scenario*). Posebno za potrebe projekta posebno se razrađuju dvije podvrste najnepovoljnijeg razvoja događaja i to načelo najvećeg opterećenja na okoliš (*Maximum Environmental Damage Scenario*) dok se u drugom slučaju primjenjuje načelo najvećeg opterećenja na nadležne službe (*Maximum Effort Scenario*). Konačno, na temelju razvijene metodologije izabiru se predložci događaja s onečišćenjem na temelju kojih će se obaviti ocjena djelotvornosti sustava zaštite i uklanjanja onečišćenja s mora na području Primorsko-goranske županije te se iznose prijedlozi preliminarnih mjera za unapređenje djelovanja na temelju tih predložaka.

Ključne riječi: onečišćenje s brodova, numerička analiza, sustav zaštite

1. Uvod

Uspostavljanje organizacijskih modela radi sustavnog djelovanja u slučaju pomorskih nezgoda koje prijete onečišćenjem počinje sredinom sedamdesetih godina, nakon niza pomorskih nezgoda s velikim onečišćenjem mora. Značajni razvoj organiziranog djelovanja javlja se osamdesetih godina i to ponajprije kroz povećanu međunarodnu suradnju država na obalama pojedinih zatvorenih mora (ponajprije država na obalama Baltičkog, a zatim i na obalama Sredozemnog mora).

U većini država temeljna pretpostavka na kojoj počivaju organizacijski modeli u početnom razdoblju jest pretpostavka "najgoreg mogućeg slučaja", iako su takvi slučajevi iznimno rijetki. Temeljno pitanje koje nameće takav pristup jest ima li opravdanja graditi sustav zaštite za takav slučaj znajući da uložena sredstva vrlo vjerojatno nikada neće biti iskorištena. Nasuprot tome, zbog ogromne štete koju izazivaju onečišćenja velikih razmjera, sa stajališta zaštite okoliša te gospodarskih interesa obalne države, stanovite mjere i postupci koji će se provesti u takvim slučajevima moraju biti predviđeni od strane nadležnih službi, bez obzira na činjenicu da je vjerojatnost njihove stvarne primjene vrlo mala ili čak i zanemariva

Mogućći način razrješavanja navedene suprotnosti odnosno pripreme za djelovanje u slučajevima onečišćenja velikih razmjera može pružiti modeliranje djelovanja odnosno izbor određene razine opremljenosti na temelju analize predložaka. Drugim riječima, do procjene primjerenosti nekog organizacijskog ustroja može se doći na način da se djelotvornost tog ustroja provjeri na nekoliko izabranih predložaka čija obilježja moraju biti takva da je, u slučaju zadovoljavajuće ocjene djelovanja u tim slučajevima, osigurano zadovoljavajuće djelovanje u prihvatljivo velikom broju mogućih stvarnih događaja.

Polazeći od navedenih postavki, Primorsko-goranska županija je 2006. godine, putem svog Upravnog odjela za pomorstvo, promet i veze, a za potrebe Stožera operativnog centra Primorsko-goranske županije za djelovanje u slučaju onečišćenja, potakla i podržala izradu razvojnog projekta u okviru kojeg se je za područje Primorsko-goranske županije razradila metodologija izbora te na koncu i izabralo stanoviti broj predložaka na temelju kojih će se u drugom koraku ocijeniti primjerenost postojećeg organizacijskog ustroja, moguće mjere unapređenja postupaka odnosno opreme i sredstava. Navedeni projekt je, na temelju ugovora o suradnji između Sveučilišta u Rijeci, Primorsko-goranske županije i grada Rijeke, povjeren Pomorskom fakultetu u Rijeci. U ovom radu prikazat će se metodologija izbora predložaka onečišćenja velikih razmjera nakon pomorske nezgode u području nadležnosti Primorsko-goranske županije te prikazati osnovna obilježja izabranih predložaka.

2. Ocjena djelotvornosti službe nadležne za uklanjanje onečišćenja mora

Načelno, ocjena djelotvornosti neke službe odnosno njezina organizacijskog modela je približna mjera njezine sposobnosti da na zadovoljavajući način djeluje u slučajevima u kojima je takvo djelovanje predviđeno. U slučaju onečišćenja mora to znači da nadležna služba mora spriječiti širenje te organizirati uklanjanje onečišćenja u svim slučajevima za koje je odnosnim propisom nadležna.

U idealnom okruženju prirodna mjera djelotvornosti nadležne službe bila bi omjer broja uspješnih djelovanja u odnosu na ukupan broj onečišćenja u dovoljno velikom broju slučajeva. U stvarnosti, takva mjera, nasreću nije prihvatljiva stoga što su onečišćenja vrlo rijetki događaji pa u nekom ograničenom vremenu uzorak jednostavno

nije dovoljno velik. Uzimanje dovoljno velikog vremenskog raspona također nije prihvatljivo stoga što se uvjeti i tehnologija prijevoza ulja, kemikalija, opasnih i štetnih tvari mijenjaju razmjerno brzo tako da stečena iskustva nakon određenog vremena nisu od veće vrijednosti. Konačno, sa stajališta šire društvene zajednice upitna je prihvatljivost djelovanja u slučaju onečišćenja koje nije "najbolje moguće u zadatim okolnostima".

Posljedično, kao mjeru djelotvornosti nužno je koristiti neku mjeru izvedenu iz pretpostavljenog, a ne stvarnog djelovanja. U tom slučaju kao ocjena djelotvornosti postupanja nadležne službe (E) u pojedinom pretpostavljenom slučaju (predlošku) jest omjer ishoda do kojeg dolazi u slučaju postupanja na određeni način (R) i nekog nultog ishoda (R_o) i može se izraziti kao:

$$E = \frac{R}{R_o}$$

Kao nulti ishod nameće se onaj do kojeg dolazi ako nadležna služba ne poduzima nikakve radnje na sprečavanju ili uklanjanju onečišćenja.

Osnova za usporedbu može se izabrati prema volji pa, shodno tome, može biti više ocjena djelotvornosti, ovisno o obilježju temeljem kojeg se mjeri djelotvornost. Obilježja koje se prirodno nameću i mjerne jedinice u kojima se mogu izraziti jesu:

- dužina onečišćene obale u nautičkim miljama (R_L),
- ekološka šteta (R_D) izražena izabranim koeficijentom, i
- gospodarska šteta (R_C) izražena u novčanim jedinicama.

Ocjena djelotvornosti po dužini onečišćene obale izražava udio obale čije onečišćenje je spriječeno odgovarajućim mjerama. Prednost ove ocjene je što se tražene vrijednosti za pojedini predložak razmjerno jednostavno utvrđuju. Osnovni nedostatak je što ne vodi dovoljno računa o raznolikosti obalnog ruba odnosno o različitim učincima onečišćenja na pojedinu vrstu obale.

Ocjena djelotvornosti po vrijednosti ekološke štete pretpostavlja da je izloženi obalni rub klasificiran po ekološkoj vrijednosti u različite razrede na način da se svakom dijelu obale istog sastava i obilježja pridružuje isti koeficijent ekološke vrijednosti. Ukupna šteta jednaka je

$$R_D = \sum_{i=1}^n a_i \cdot c_i$$

Gdje je a duljina onečišćene obale, a c koeficijent ekološke vrijednosti pridružen tom dijelu obalnog ruba. Vrijednost koeficijenta valja utvrditi nekom od ekspertnih metoda i može biti proizvod više kriterija (npr. prema biološkoj vrijednosti, prema potrebnom naporu čišćenja, ...). Prednost ovakvog načina utvrđivanja ocjene djelotvornosti ogleda se u boljem određenju stvarne štete kao i boljem vrednovanju stvarnih postupaka. Nedostatak je znatno složeniji postupak određivanja te u stanovitoj mjeri veći stupanj nepouzdanosti zbog većeg broja procijenjenih vrijednosti.

Ocjena djelotvornosti po gospodarskoj šteti jest omjer troškova i šteta u slučaju sprečavanja i uklanjanja onečišćenja (uključujući i procjenu novčane vrijednosti

ekološke štete) i gospodarskih posljedica sa štetama u slučaju da se ne poduzimaju nikakve mjere, odnosno:

$$R_C = \sum_{i=1}^n e_i + \sum_{j=1}^m d_j$$

Simbolom e su označeni troškovi uklanjanja onečišćenja, a s d sve štete u dovoljno dugom razdoblju odnosno najkraće ono vrijeme u kojem će se osjećati posljedice onečišćenja ili posljedice njegovog uklanjanja. Ovakva ocjena je zasigurno najslabija od navedenih jer pretpostavlja procjenu svih (ili barem većine) kratkoročnih i dugoročnih utjecaja na gospodarske djelatnosti u onečišćenom području.¹ Ovo obilježje je istodobno i temeljni nedostatak jer pretpostavlja niz procjena različitog stupnja pouzdanosti.²

Valja istaći da je moguće, umjesto ocjene djelotvornosti predložka na temelju nultog stanja (stanja u kojem nisu poduzete nikakve mjere sprečavanja i/ili uklanjanja onečišćenja), uspoređivati i dva predložka različitih načina ograničenja i uklanjanja onečišćenja.

U slučaju Primorsko-goranske županije kao najprihvatljivija ocjena djelotvornosti nameće se najjednostavnija ocjena odnosno ona koja se temelji na usporedbi dužine onečišćene obale. Druge ocjene djelotvornosti zahtijevaju poznavanje niza važnih čimbenika koji su u trenutku izrade projekta nisu bili na raspolaganju. U tom pogledu vrijedno bi bilo kategorizirati obalni rub čime bi se s jedne strane omogućilo korištenje ocjene po kriteriju ekološke štete, ali i omogućio bolje donošenje odluka o redosljedu i načinu zaštite odnosno čišćenja obalnog ruba u slučaju onečišćenja.

U pogledu postupaka nadležne službe njihovo djelovanje može se pretpostaviti na temelju stvarnog rasporeda opreme, procijenjenog djelovanja nadležnih službi, te uz pretpostavku izbora načina čišćenja odnosno primjene opreme i sredstava prema nekom od uobičajenih načina djelovanja (npr. [5], [6], [7], [8]).

3. Predložak pomorske nezgode s onečišćenjem – uvjeti, obilježja i ograničenja

Predložak pomorske nezgode s onečišćenjem mora jest slijed događaja od trenutka nastupa izvanrednih okolnosti na brodu u plovidbi, na sidrištu ili luci do trenutka kada je ispuštena tvar onečistila najveći dio obale odnosno počinila najveću štetu. Pod događajima valja smatrati i promjene stanja (npr. okoline) koje bitno utječu na razvoj događaja, odnosno mijenjaju konačne posljedice.

¹ Valja istaći da nema istaknutijih radova koji se bave procjenom šteta od onečišćenja. Nasuprot tome, za procjenu troškova uklanjanja onečišćenja, posebice u slučaju onečišćenjima uljima, postoji dobro razvijene metode procjene (npr. Etkin [4]).

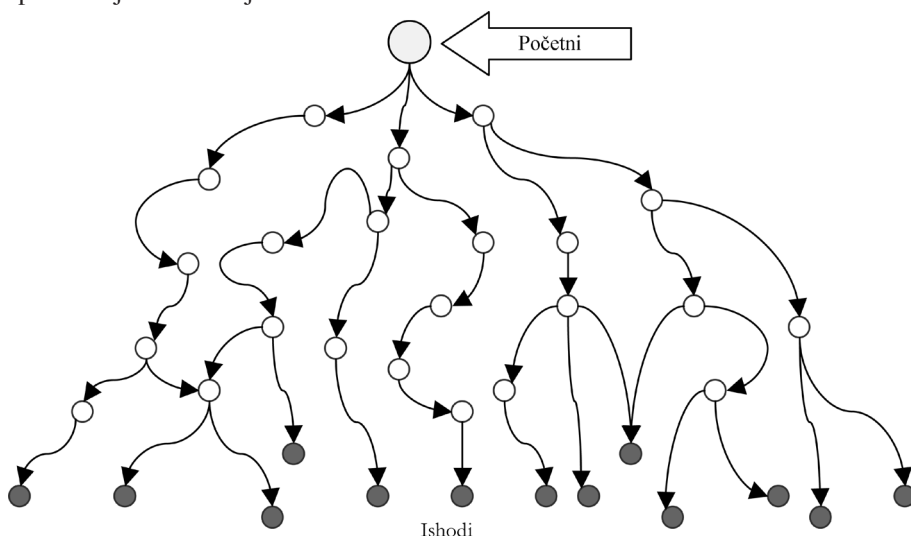
² U prilog tome govori činjenica da se i u slučaju stvarnih događaja do konačnih vrijednosti ekoloških šteta i gospodarskih šteta i troškova dolazi tek nakon više godina. Pritom, vrijednosti po jedinici iznimno variraju (primjerice, trošak čišćenja po toni onečišćenja ili po kilometru onečišćene obale) što izravno upućuje na visok stupanj nepouzdanosti u slučaju procjene tih vrijednosti.

Početnim događajem valja smatrati onaj događaj koji je po svojoj prirodi izvanredan odnosno zahtjeva dodatni rad ili sredstva kako bi se spriječile neželjene posljedice. Početnim događajem valja smatrati i neki prethodni izvanredni događaj koji je nužan da bi neki drugi događaj ili stanje mogao izazvati onečišćenje (npr. kvar stroja dovodi do nasukavanja i onečišćenja samo u slučaju nepovoljnih vremenskih prilika pa stoga kvar stroja valja smatrati početnim događajem).

Da bi se predložak mogao smatrati zadovoljavajućim opisom stvarnosti nužno mora sadržavati tri različite sastavnice i to:

- razvoj događaja na brodu koji je izazvao neželjeni slijed događaja,
- stanje i razvoj okoline (npr. zemljopisni opis, vremenske prilike, stanje i razvoj mora),
- postupke i mjere koji će neizostavno biti poduzeti pa se stoga mogu smatrati datostima (npr. neposredne mjere pružanja pomoći, komunikacijski postupci, itd).

Predložak u izvornom obliku ne treba sadržavati postupke nadležne službe – njime je u osnovi prikazan razvoj događaja koji će uslijediti ako ne budu poduzete mjere sprečavanja onečišćenja.



Slika 1. Načelni prikaz skupa razumno mogućih predložaka koji slijede iz nekog početnog događaja

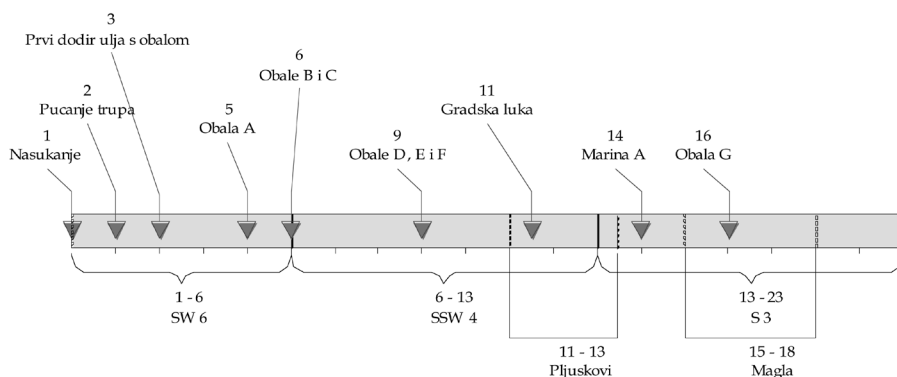
Izrada predložka pomorske nezgode sastoji se od nekoliko jasno određenih postupaka i to:

- izbor početnog događaja – vrste nezgode, mjesta i vremena nastupa,
- izbor početnog stanja okoline – stanje vjetera, mora, vidljivosti, oborina, ...,
- izbor sljedećih događaja ili promjena stanja (npr. pucanje trupa ili bitna promjena vremenskih prilika),

- određivanje tijeka odnosno trenutka kada je onečišćenje poprimilo najveći intenzitet

Pri izboru početnog događaja kao i svih drugih događaja koji čine neki predložak moguća su dva temeljna pristupa i to:

- slijed najnepovoljnijeg razvoja događaja, te
- slijed ishoda najveće vjerojatnosti.



Slika 2. Primjer vremenskog prikaza predložka nasukanja

3.1. Najnepovoljniji razvoj događaja

Slijed najnepovoljnijeg razvoja događaja (*Worst Case Scenario - WCS*) jest načelno onaj slijed događaja u kojem u sljedećem koraku ili u konačnici nastupa najnepovoljniji ishod. Za određivanje takvog slijeda događaja odnosno sljedećeg događaja u vremenskom nizu nužno je odrediti uvjet (ne)povoljnosti odnosno funkciju čija vrijednost treba biti ekstremna (najveća ili najmanja moguća). S obzirom da se ovdje radi o slijedu događaja koji treba omogućiti ocjenu djelotvornosti sustava zaštite mora i priobalja kao funkcije cilja nameće se jedna od sljedećih:

- slijed događaja koji ima za konačnu posljednju najveću moguću štetu,
- slijed događaja koji zahtjeva najveće napore da bi se otklonile posljedice.

Drugim riječima, u prvom slučaju primjenjuje se načelo najvećeg opterećenja na okoliš (*Maximum Environmental Damage Scenario - MEDS*) dok se u drugom slučaju primjenjuje načelo najvećeg opterećenja na nadležne službe (*Maximum Effort Scenario - MES*).

U slučaju najvećeg opterećenja na okoliš odnosno najveće štete nužno je odrediti detaljno što obuhvaća pojam "štete". On zasigurno uključuje ekološke štete odnosno promjene ugroženog područja, bilo da su one privremene ili trajne. Pod većim znakom pitanja jesu gospodarske štete te posebice štete i naknade za izgublenu dobit. Ova skupina šteta i naknada izuzetno je teško procjenjiva, dosadašnja iskustva ne pokazuju nikakvu pravilnost, a mogući iznosi su izuzetno veliki. Posebno valja istaći činjenicu

da primjenjujući navedeno načelo pri razvoju predložka nerijetko valja izabirati između suprotstavljenih opcija bez jasne naznake čemu valja dati prednost³ čime se u predložak unosi značajan stupanj proizvoljnosti.

Načelo najvećeg opterećenja nadležne službe čini se znatno primjerenijim od načela najvećeg opterećenja na okoliš i to stoga što je u većoj mjeri usmjereno na sposobnost čija se djelotvornost nastoji ocijeniti. I ovdje je nužno detaljno odrediti što se podrazumijeva pod pojmom "napor", no to je značajno jednostavnije nego u prethodnom slučaju i to stoga što se u najvećoj mjeri odnosi na:

- ljudski rad,
- korištene uređaje i opremu, odnosno
- utrošak pojedinih sredstava.

Sva tri pokazatelja "napora" razmjerno su jednostavno procjenjivi i to sa značajno većim stupnjem točnosti od nego što je to u prethodnom slučaju..

Prednost ovakvog pristupa ogleđa se i u činjenici što se do najnepovoljnijeg slučaja dolazi tako što se za svaki jedinični događaj (koji tvori slijed) izabire onaj koji proizvodi najnepovoljnije učinke u odnosu na izabranu funkciju.

Nedostatak svakog pristupa koji počiva na načelu najnepovoljnijeg događaja jest činjenica da tako izabrani slijed ima vrlo malu vjerojatnost ostvarivanja, vrlo često ispod praga zanemarivanja,⁴ te nerazumno visoke štete.⁵ Nadalje, to također znači ocjenjivati djelovanje, odnosno zaključivati o mjerama unapređivanja za slučaj koji nerijetko ima obilježja koja bitno odstupaju od većine značajno vjerojatnijih događaja (predložak "pokriva" vrlo mali broj susjednih događaja) Mjere koje bi se predložile na temelju tako pribavljenih zaključaka ne jamče povećanje djelotvornosti većem broju sličnih slučajeva.

3.2. Događaj najveće vjerojatnosti

Slijed događaja najveće vjerojatnosti (*Most Probable Scenario - MPS*) jest slijed događaja za koji dotadašnje iskustvo i poznavanje mjesnih prilika pokazuju najveću vjerojatnost ostvarivanja.

Temeljni uvjet primjene ovog pristupa jest jednoznačno određenje događaja "najveće vjerojatnosti". Da bi neki događaj mogao biti izabran, vjerojatnost njegova

³ Nedoumica se najčešće javlja u uvjetima ograničene opremljenosti kada treba donijeti odluku da li veću zaštitu valja osigurati biološki vrijednim resursima male gospodarske vrijednosti ili pak treba zaštititi subjekte važne za gospodarstvo (npr. turistička središta), a žrtvovati dijelove obale koji nemaju veće gospodarske vrijednosti.

⁴ U industriji se zanemarivim događajem najčešće smatra događaj kojem je godišnje očekivanje nastupa manje od 10-6.

⁵ U stručnim izvorima se nerijetko ističe da bi izuzetno veliki broj djelatnosti bio odbačen kada bi se odluka o prihvaćanju donosila prema načelu najnepovoljnijeg ishoda. U tom pogledu kao primjer se često spominje vožnja motornim vozilima gdje je najnepovoljniji događaj (smrtni ishod) u svakom pogledu neprihvatljiv no to ne sprečava ljude da se koriste motornim vozilima.

nastupa mora biti poznata⁶ te biti primjerena očekivanim uvjetima odnosno području primjene. U slučaju kada vjerojatnost nije poznata ili je nepouzdana (primjerice, u slučaju vrlo malog uzorka) tada je moguće, najčešće na temelju stručnog mišljenja, odrediti "najveće očekivanje" nastupa nekog događaja. U tom slučaju se u konačni rezultat unosi stanovita nepouzdanost koja, ako je procjena pažljivo učinjena, ne mora bitno narušiti vrijednost ocjene djelotvornosti.

Osnovni nedostaci ovakvog pristupa posljedica su složenosti pomorskih nezgoda. Naime, pomorske nezgode sastoje se od niza jediničnih događaja koji svaki za sebe ima stanovitu vjerojatnost ostvarivanja. Kako su pojedini događaji zavisni o drugim događajima to za većinu događaja treba odrediti i uvjetnu vjerojatnost. Kako ove vjerojatnosti nisu poznate već se moraju procjenjivati, već i pri malo složenijem događaju stupanj pouzdanosti postaje nedovoljan tako da cijeli postupak prestaje biti smislen. Pored toga, ako se na cijeli niz događaja primjeni isto načelo konačni slijed događaja izvjesno neće sadržavati obilježja koja se želi provjeriti.

3.3. Mješoviti pristup

Na temelju prethodnog pri izradi predložka kojima se provjerava djelotvornost organizacijskog modela očito je nužno koristiti pristup kojim se slijede prethodno navedena načela, no na način kojim se umanjuju njihovi nedostaci u mjeri u kojoj je to moguće. Načela koja u to slučaju valja primijeniti jesu sljedeća:

a) Pri izboru početnog događaja i posljedično osnovne skupine nezgoda prednost valja dati događaju najveće vjerojatnosti ostvarenja. Na taj način, posebice u slučaju niza predložaka osigurava se zadovoljavajuća pokrivenost najvećeg broja mogućih uzroka.

b) Pri izboru događaja ili vanjskih okolnosti koji slijede početni događaj prednost valja dati onom koji ima najveću vjerojatnost ostvarenja. Ako više događaja ima značajnu i približno jednaku vjerojatnost nastupa tada osnovni predložak valja odijeliti u dva ili tri predložka niže razine.

c) Ako događaj (osim početnog događaja) izabran po najvećoj vjerojatnosti značajno umanjuje štetne posljedice prednost valja dati onom manje vjerojatnosti ostvarenja koji izaziva najveću ekološku štetu (npr. umjesto smjera vjetera koji udaljava onečišćenje od obale valja izabrati onaj koji onečišćenje donosi na obalu).

d) Ako događaj (osim početnog događaja) svim svojim ostvarenjima proizvodi približno jednaku ekološku štetu prednost valja dati događaju koji zahtjeva najveći napor nadležne službe (npr. ako dva različita smjera vjetera izazivaju onečišćenje

⁶ Primjerice, poznato je (Anderson et al [1], [2], [3]) da je razdioba količine ispuštenih mineralnih ulja u slučaju pomorskih nezgoda izrazito nesimetrična – najveći broj nezgoda jesu nezgode s manjim količinama ispuštenog ulja dok vrlo mali broj nezgoda jesu nezgode s velikim ispuštanjima. Posljedica toga je da je srednja vrijednost količine ispuštenog ulja skoro tri puta veća od medijana pa je onda vrlo upitno koja od te dvije vrijednosti bolje opisuje događaj "najveće vjerojatnosti".

obale približno iste dužine valja izabrati onaj do kojeg je prijevoz ljudi i opreme zahtjevniji).

e) Za slučaj kada razvoj događaja zahtjeva izbor između ekološke i gospodarske štete prednost valja dati ekološkoj šteti ako je trajna (nepopravljiva) ili ako su troškovi neprocjenjivi. Ako je ekološka šteta privremena odnosno obnovljiva prednost valja dati onoj (gospodarskoj ili ekološkoj) koja predstavlja veće troškove. Pritom ne treba uzimati u obzir činjenicu da će cjelokupni ili barem veći dio troškova biti nadoknađeni iz osiguranja broda koji ih je izazvao, odnosno iz međunarodnog izvora.

S obzirom na složenost svakog predložka kao i na značajan stupanj nepouzdanosti ne čini se opravdanim izrada prevelikog broja predložaka odnosno veći broj izvedenica za svaku vrstu pomorskih nezgoda. Za područje Primorsko-goranske županije ocijenjeno je da se sa 6 predložaka može postići zadovoljavajuća ocjena djelotvornosti.

4. Izabrani predlošci

Na temelju razmatranja u prethodnim poglavljima za područje Primorsko-goranske županije projektom su izabrani predlošci koji zadovoljavaju postavljene uvjete. Za sve predloške vrijede sljedeće pretpostavke:

a) Za sve predloške pretpostavlja se vrijeme nastupa tijekom zimskog razdoblja te u svim slučajevima neposredno obavješćivanje RCC-a Rijeka te neposredno iza toga i Stožera operativnog centra

b) U pogledu morskih struja pretpostavlja se standardna razdioba morskih struja. Brzina površinske morske struje izabrana je na način da u osnovnom smjeru kruženja brzina bude približno 0,2 čvora dok se u drugim područjima brzine smanjuju na vrijednost utvrđenu ekspertnom procjenom.⁷ Veće brzine nisu uračunavate zato što veće brzine dužobalne morske struje umanjuju količinu onečišćenja koje dopijeva na obalu pa se na taj način ne uklapaju u načelo "najveće moguće štete" odnosno "najvećeg potrebnog napora".

c) U prikazanim predlošcima nije navedeno vrijeme pomorske nezgode. Polazeći od načela najnepovoljnijeg slučaja svakom od navedenih predložaka valjalo bi dodijeliti vrijeme nastupa negdje u večernjim satima (između 21:00 i 23:00 sati). Na taj način je onemogućeno djelovanje u prvih 6-8 sati kada je još moguće spriječiti širenje mrlje. Sa stajališta ocjene djelotvornosti ovakav pristup nije opravdan jer u svim predlošcima nadležnoj službi preostaje jedino prikupljanje onečišćenja s obale. Stoga se u nastavku podrazumijeva vrijeme nastupa nezgode u jutarnjim satima odnosno u vrijeme kada dnevno svjetlo omogućava djelovanje.

d) Svi predlošci su (na ovom stupnju razvoja projekta) zadržani razmjerno jednostavnim i ne pretpostavljaju promjene jačine i smjera djelovanja, odnosno

⁷ Ove brzine približno odgovaraju srednjim vrijednostima brzine površinske struje utvrđenima u [9].

linijska ili varijabilna ispuštanja. Složena onečišćenja imaju opravdanosti ponajprije pri podrobnoj raščlambi uglavnom sličnih nezgoda što u ovom projektu nema značaja. Posljedično, izabrani vremenski tijek događaja za pojedini predložak nije prikazan.

Procjena kretanja onečišćenja izrađena je korištenjem programskog paketa GNOME (*General NOAA Oil Modeling Environment*) s uključenim izračunom⁸ mjesta za koja postoji vrlo visoka izvjesnost da će biti onečišćena (točke crne boje) odnosno mjesta značajne prijetnje onečišćenjem, ovisno o razvoju vremenskih prilika (točke crvene boje). Vremensko starenje ocijenjeno je programskim paketom ADIOS 2 (*Automated Data Inquiry for Oil Spills*).⁹

Na temelju prikazanih načela izabrano je šest predložaka i to:

- a) sudar brodova u širem području Kvarnera,
- b) sudar brodova nakon prolaza Velih vrata,
- c) nasukavanje broda u području Liburnije,
- d) nasukavanje broda na ulazu u Omišaljki zaljev,
- e) eksplozija i požar broda (nakon nasukavanja) ispred Urinja i
- f) nasukavanje broda ispred Urinja.

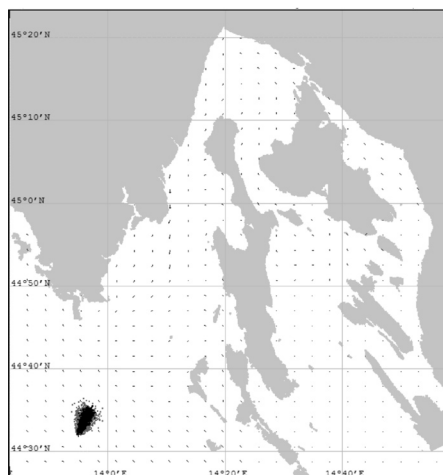
4.1. Sudar brodova u širem području Kvarnera

Ovaj predložak izabran je ponajprije kao događaj razmjerno visoke vjerojatnosti ostvarivanja zbog visoke gustoće prometa odnosno brojnih križanja kursova. Mjesto onečišćenja kao i prevladavajuće vremenske prilike izabrani su na način da daju najveću duljinu onečišćene obale (u skladu s načelom da je potreban napor razmjerni duljini onečišćene obale, a ne količini ispuštene tekućine). Brzina i smjer vjetrova (SW, 15 m/s) izabrana je na način da proizvede najkraće vrijeme od trenutka izlivanja do trenutka pristizanja do obale. Pretpostavlja se ispuštanje 6.000 tona nafte u približno 16 sati.

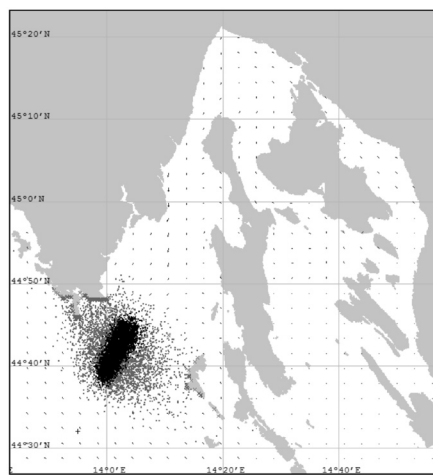
Onečišćenje u slučaju optimističnog ishoda zahvatit će oko 17 km obale. U slučaju pesimističnog ishoda onečišćenje zahvaća 60-90 km obale. S obzirom da se pretpostavlja onečišćenje događa približno 14 M od obala Istre i isto toliko od otoka Suska mogućnosti usmjeravanja mrlje su vrlo skromne. U zadatim uvjetima od 6.000 tona ispuštenog ulja na obali valja očekivati oko 4.000 tona dok će preostali dio disperzirati u vodenom stupcu ili evaporirati.

⁸ Tzv. Minimal regret approach.

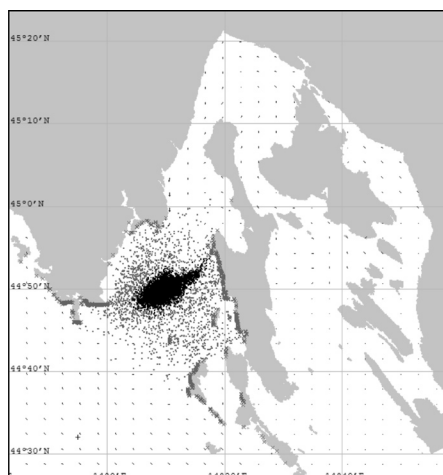
⁹ Vremensko starenje prikazano je samo u jednom slučaju jer su u drugim slučajevima pretpostavljeni približno slični razvoji (mijenja se samo količina dok su ostali parametri u većoj ili manjoj mjeri slični).



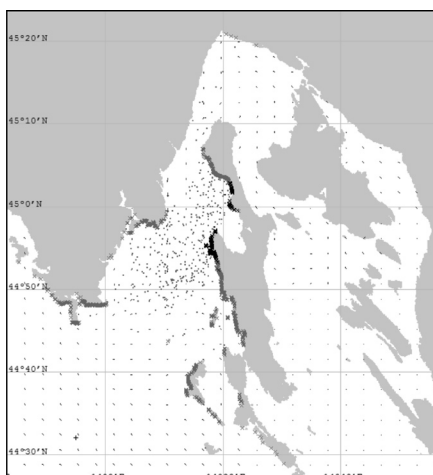
Slika 3. Stanje poslije 6 sati



Slika 4. Stanje poslije 30 sati



Slika 5. Stanje poslije 60 sati



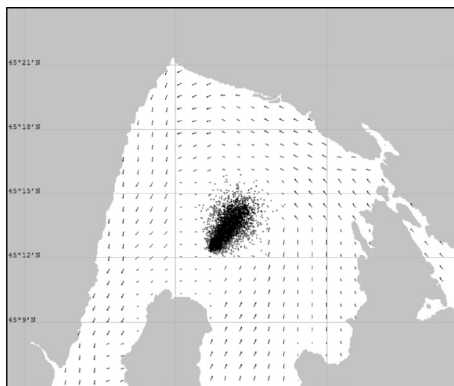
Slika 6. Stanje poslije 120 sati

4.2. Sudar brodova nakon prolaza Velih vrata

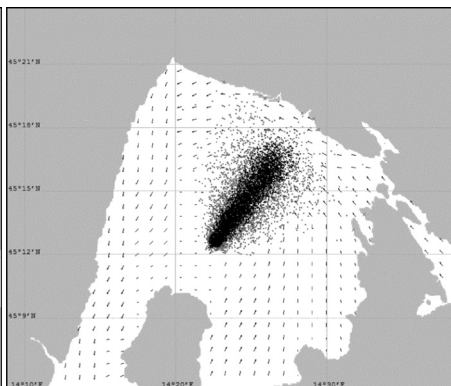
Ovaj predložak izabran je slijedeći načelo veće vjerojatnosti – tankeri koji plove prema terminalima u Omišlju i Urinju izabranom području susreću brodove koji isplovljavaju iz luke Sepen odnosno s terminala u Omišlju. Mjesto onečišćenja kao i prevladavajuće vremenske prilike izabrani su na način da daju najveću duljinu onečišćene obale te da otežaju postavljanje zaštitnih brana zbog velike udaljenosti od mjesta skladištenja. Brzina i smjer vjetra (SW, 10 m/s) izabrana je na način da proizvede

razmjerno kratko vrijeme od trenutka izlijevanja do trenutka pristizanja do obale te razmjerno veliku brzinu disperzije. Pretpostavlja se ispuštanje 12.000 tona nafte iz tankera u razdoblju od 12 sati.

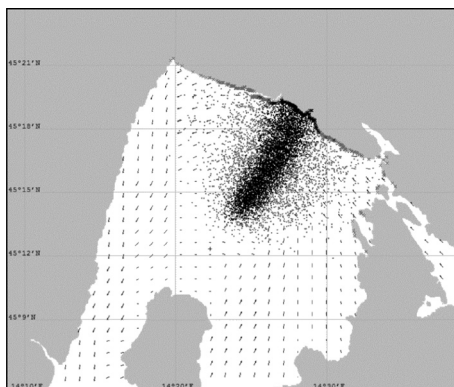
U slučaju nedjelovanja za očekivati je da će prve količine onečišćenja dospjeti na obalu u vremenu od 15 do 18 sati. U slučaju da se radi o nafti libijskog porijekla valja očekivati da će nakon trideset sati približno 9.500 tona onečišćenja dospjeti na obalu, oko 500 tone će plivati u razmjerno debelom sloju dok će preostali dio evaporirati ili disperzirati u vodenom stupcu.



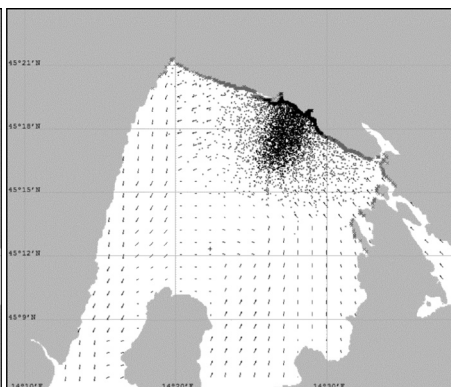
Slika 7. Stanje poslije 6 sati



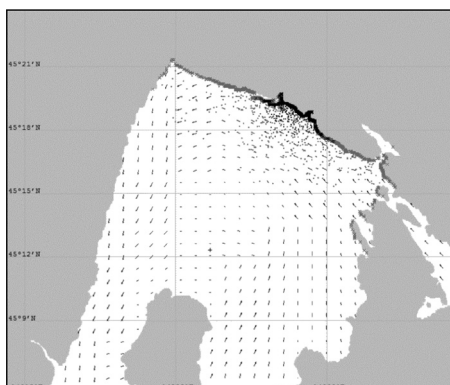
Slika 8. Stanje poslije 12 sati



Slika 9. Stanje poslije 18 sati



Slika 10. Stanje poslije 24 sata

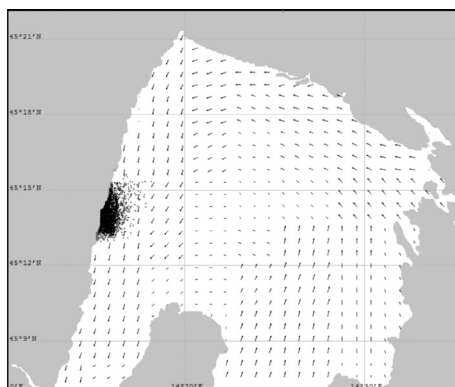


Slika 11. Stanje poslije 30 sati

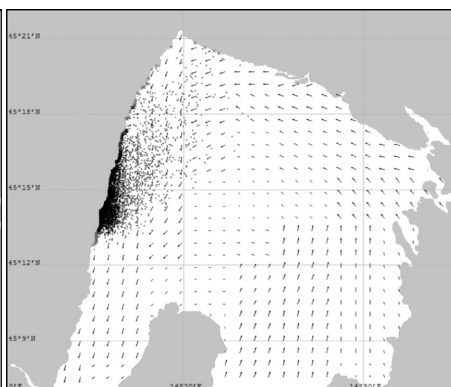
Valja očekivati područje onečišćenja u dužini od 8-10 kilometara odnosno u slučaju nepovoljnog razvoja vremenskih prilika i do 15-tak kilometara, ako prevladavajući vjetar bude iz južnih smjerova. U slučaju sjevernih vjetrova za očekivati je veće dužine onečišćenja.

4.3. Nasukavanje broda u području Liburnije

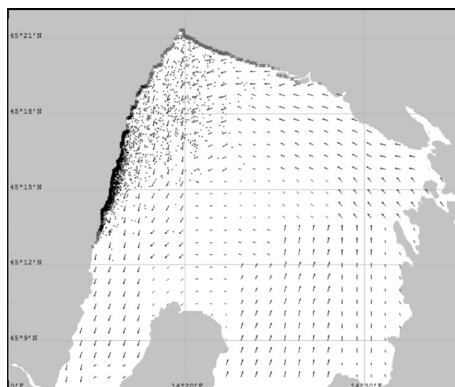
Ovaj predložak izabran je slijedeći načelo najveće štete odnosno najvećeg zahtijevanog napora. Sukladno tome, mjesto onečišćenja izabrano je na način da u što kraćem vremenu bude zahvaćena što veća površina. Na isti način izabrane su i prevladavajuće vremenske prilike – smjer i brzina vjetra (S, 10 m/s) izabrani su na način da (zajedno s morskim strujama) u što kraćem vremenu zahvate područja (plaže i niža obala) koje iziskuju velike napore čišćenja, razmjerno veliku brzinu širenja mrlje te otežane uvjete postavljanja zaštitnih brana ili korištenja disperzanata. Pretpostavlja se probijanje tankova i postupno ispuštanje 30.000 tona nafte (srednje teška sirova nafta) u vremenu od 16 sati.



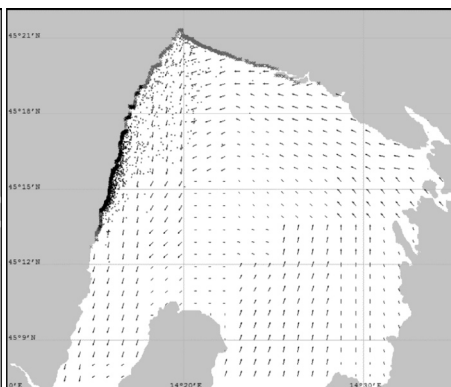
Slika 12. Stanje poslije 6 sati



Slika 13. Stanje poslije 18 sati



Slika 14. Stanje poslije 30 sati



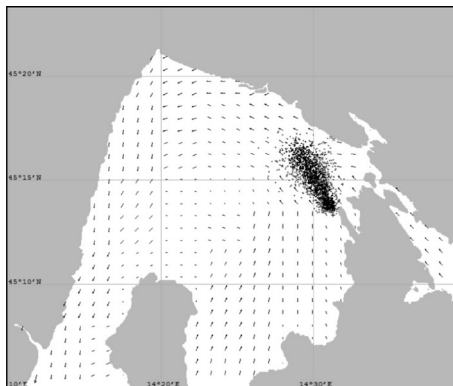
Slika 15. Stanje poslije 42 sati

U slučaju da se ne primjene odgovarajuće mjere zaštite od onečišćenja može se očekivati:

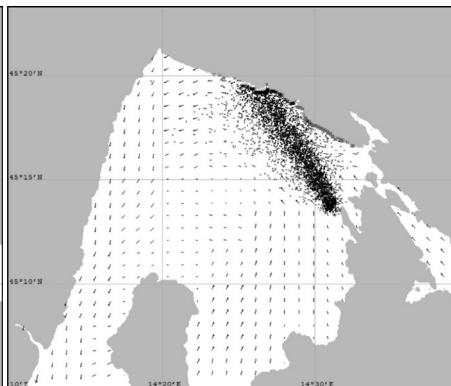
- nakon 120 sati približno 16.500 tona nafte na obalama i oko 800 tona nafte (*medium crude*) u moru neposredno uz obalu;
- neizravno je ugroženo (ovisno o varijacijama struje i vjetra) približno 25 km obale (približno od mjesta nasukavanja na zapadu do uvala Martinšćica na istoku);
- onečišćenje neposredno uz obalu Liburnije nastupit će u prvim satima neposredno nakon nasukavanja; onečišćena obala protezat će se u duljini od nekoliko kilometara, ovisno o smjeru i jačini lokalnog vjetra neposredno uz obalu;
- onečišćenje će do obale u uvali Preluk stići za približno 24 do 36 sati, ovisno o brzini prevladavajućeg vjetra i jačini morske struje.

4.4. Nasukavanje broda na ulazu u Omišaljski zaljev

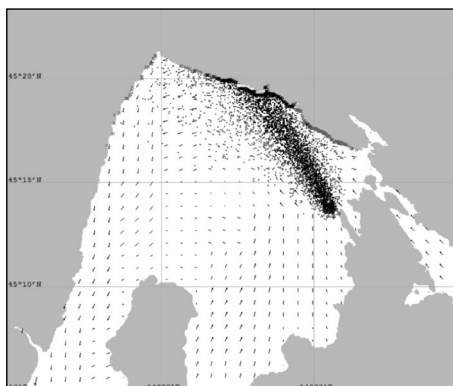
I ovaj predložak nastao je slijedeći načelo najvećeg potrebnog napora – mjesto nezgode izabrano je tako da primjena zračne brane (koja postoji na ulazu u Omišaljski zaljev) nije primjerena dok morske struje i vjetar (SSE, 10 m/s) zajedničkim djelovanjem donose mrlju vrlo brzo do obale i time iziskuju djelovanje u vrlo kratkom roku. Pretpostavlja se postupno ispuštanje 15.000 tona nafte (srednje teška) u vremenu od 24 sata.



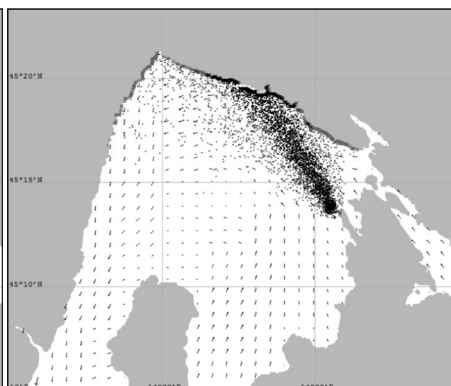
Slika 16. Stanje poslije 6 sati



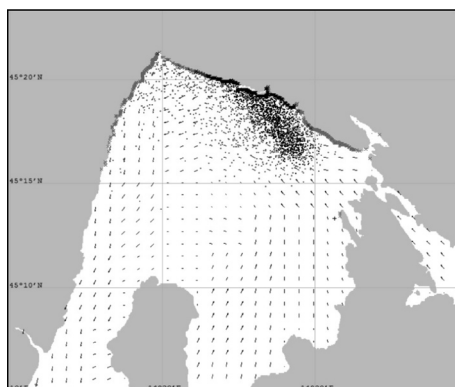
Slika 17. Stanje poslije 12 sati



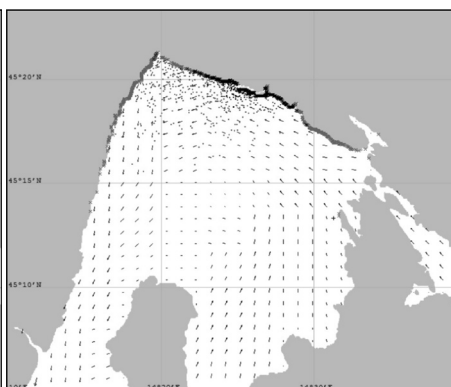
Slika 18. Stanje poslije 18 sati



Slika 19. Stanje poslije 24 sati



Slika 20. Stanje poslije 30 sati



Slika 21. Stanje poslije 36 sati

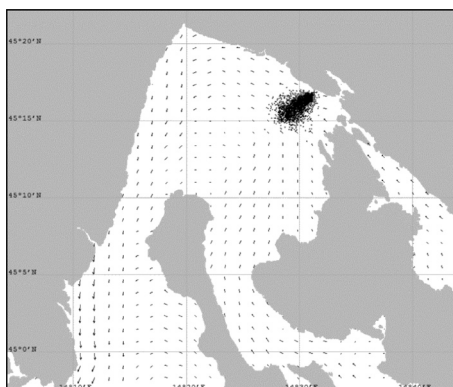
U ovom slučaju, ako se ne primjene odgovarajuće mjere zaštite od onečišćenja, može se očekivati:

- prve količine izlivena tekućina dospjet će u područje Urinja odnosno u šire područje Kostrene nakon 7 do 9 sati,
- zbog zajedničkog djelovanja vjeta i morskih struja cjelokupna količina istekle tekućine dospjet će na sjeverne obale Riječkog zaljeva u roku od 48 sati (24 sata od prestanka curenja),
- nakon 120 sati približno 8.500 tona nafte (*medium crude*) biti će na obali dok će preostala tekućina disperzirati u vodi odnosno evaporirati,
- duljina onečišćene obale procjenjuje se na 8 – 10 kilometara,
- u manjoj mjeri ugroženo je (ovisno o promjenama struje i vjeta) približno 25-30 kilometara obale (približno od Lovrana na zapadu do Sršćice na istoku).

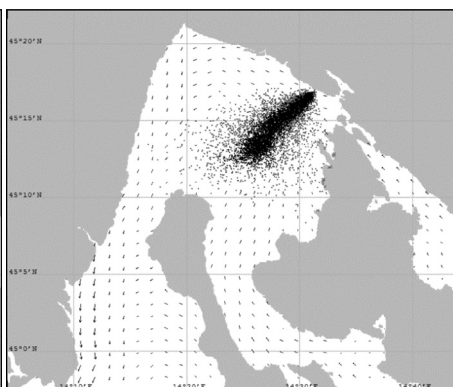
4.5. Eksplozija i požar broda (nakon nasukavanja) ispred Urinja

Predložak je izabran ponajprije slijedeći načelo najveće moguće štete. U tom pogledu izabrana je ona brzina vjeta (NNE 8 m/s) koja, zajedno s uobičajenim smjerom morske struje proizvodi najveće zahvaćeno područje (veće brzine vjeta daju kraće vrijeme do zahvaćanja obale, no zbog veće disperzije i nastanka užih traka zahvaćaju manju površinu). Do ispuštanja tereta dolazi nakon prve eksplozije i traje 24 sata; ukupno je ispušteno 40.000 tona srednje teške sirove nafte.¹⁰ Vrijeme ispuštanja dosta je dugo i izabrano je slijedom dosadašnjeg iskustva prema kojem čak i u slučaju najveći eksplozija nije došlo do ispuštanja većih količina u kratkom vremenu.

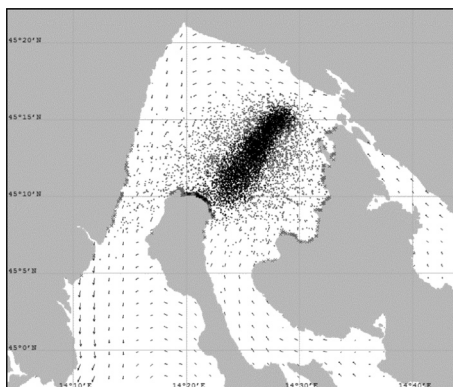
¹⁰ DO danas je samo 35 pomorskih nezgoda izazvalo ispuštanja tekućina u količini većoj od navedene.



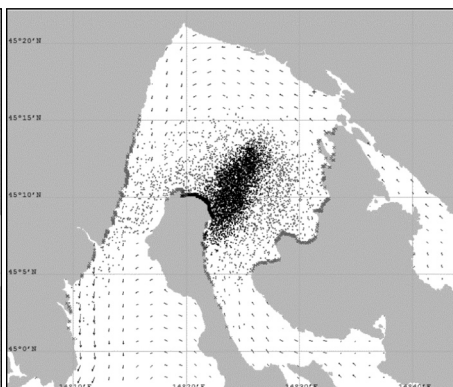
Slika 22. Stanje nakon 6 sati



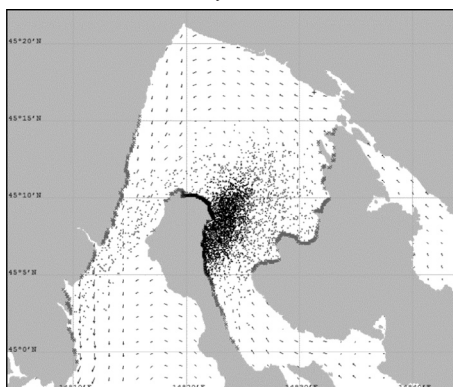
Slika 23. Stanje nakon 18 sati



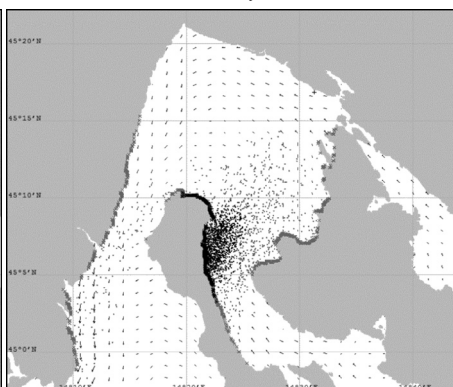
Slika 24. Stanje nakon 30 sati



Slika 25. Stanje nakon 42 sata



Slika 26. Stanje nakon 54 sata



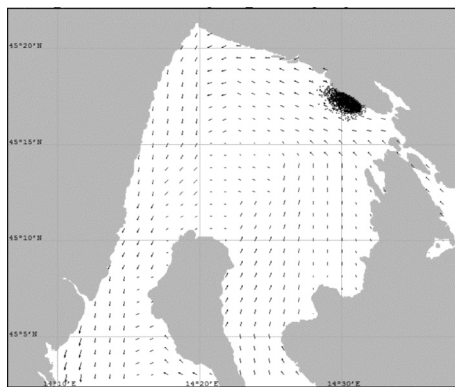
Slika 27. Stanje nakon 66 sati

U ovom slučaju, ako se pravodobno ne primjene odgovarajuće mjere zaštite od onečišćenja, može se očekivati sljedeće:

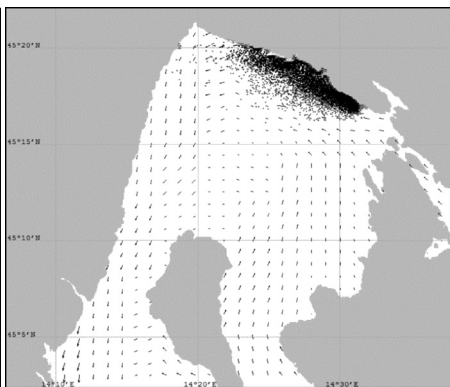
- prve količine izlivena tekućine dospjet će do obala Cresa nakon 20 do 22 sata, ovisno o prevladavajućoj brzini i smjeru morske struje,
- očekivana širina mrlje biti će između 4 i 11 kilometara, ovisno o temperaturi mora te viskoznosti i disperzivnosti tekućine,
- nakon 120 sati približno 22.000 tona nafte (*medium crude*) biti će na obali; s obzirom na vrlo veliku pretpostavljenu količinu nafte u moru za očekivati je da će barem 1.000 tona i dalje biti u moru odnosno podložno utjecajima vjetera i mora dok će preostala količina (približno 16.500 tona) disperzirati u vodi odnosno evaporirati,
- duljina onečišćene obale procjenjuje se na najmanje 25 kilometara,
- u manjoj mjeri ugroženo je (ovisno o promjenama struje i vjetera) između 45-55 kilometara obale.

4.6. Nasukavanje broda ispred Urinja

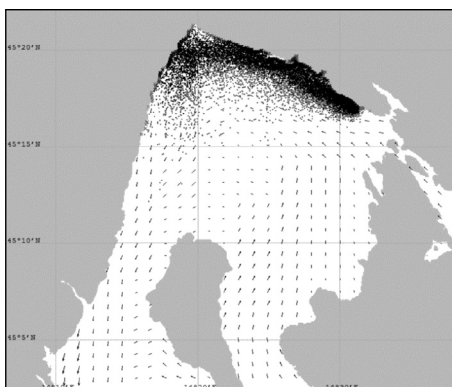
Ovaj predložak je po svojim obilježjima izvedenica prethodnog slučaja te predložka u kojem je obrađeno nasukavanje u blizini terminala Omišalj. Bitno obilježje ovog slučaja je veća količina izlivena tekućine, veća blizina broda obali te manja brzina vjetera zbog čega dolazi do manje brzine kretanja mrlje no zato dolazi i do njezine veće disperzije. Kako je ovaj predložak razvijen kao najnepovoljniji slučaj (najveća šteta), brzina vjetera (ESE, 2 m/s) izabrana je na način da, uz utjecaj morskih struja proizvede najnepovoljniji ishod.



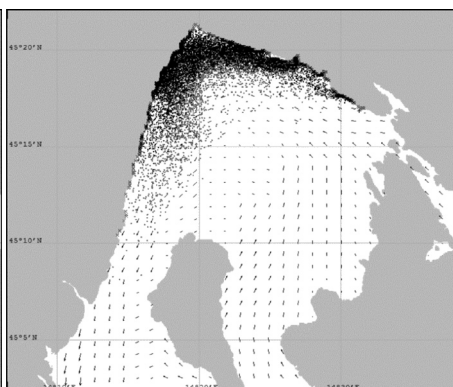
Slika 28. Stanje nakon 6 sati



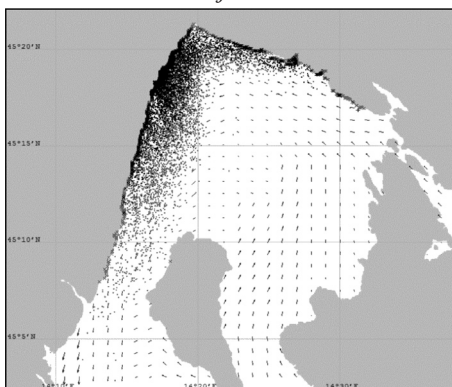
Slika 29. Stanje nakon 24 sata



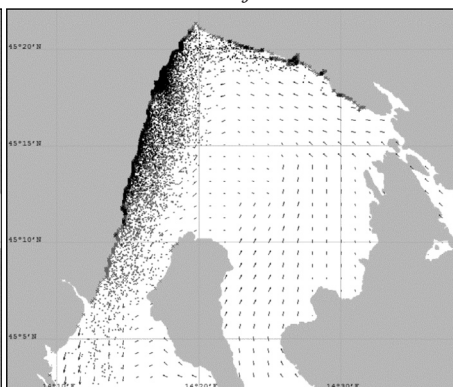
Slika 30. Stanje nakon 48 sati



Slika 31. Stanje nakon 72 sati



Slika 32. Stanje nakon 96 sati



Slika 33. Stanje nakon 120 sati

U ovom slučaju, ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere zaštite od onečišćenja, može se očekivati sljedeće:

- očekivana širina mrlje uz obalu biti će između 2 i 4 kilometra, ovisno o temperaturi mora te viskoznosti i disperzivnosti tekućine,
- nakon 120 sati približno 21.000 tona nafte biti će na obali; s obzirom na vrlo veliku pretpostavljenu količinu nafte u moru za očekivati je da će barem 15.000 tona i dalje biti u moru odnosno podložno utjecajima vjetrova i mora dok će preostala količina (približno 24.000 tona) disperzirati u vodi odnosno evaporirati i
- duljina onečišćene obale nakon 120 sati procjenjuje se na najmanje 40 kilometara te je izvjesno da će onečišćenje zahvatiti i obalu Istre odnosno zapadnu obalu Cresa i Lošinja, ovisno o kretanju vremena.

5. Zaključak

Sustavnim izborom i raščlambom predložaka moguće je uspješno ocijeniti razinu djelotvornosti za zadato stanje opremljenosti i organizacijski ustroj. Stoga se nastavak rada na projektu odnosno razvoj numeričke ocjene djelovanja za svaki pojedini predložak smatra potpuno opravdanim.

Pri izradi predložaka nužno je slijediti pristup u okviru kojega se pri izboru početnog i sljedećih događaja primjenjuje načelo najnepovoljnijeg događaja odnosno načelo najvjerojatnijeg događaja na način kako je to prikazano u ovom radu.

Raščlamba predložaka već i tijekom razvoja ukazuje na značajne mogućnosti unapređenja postojećih mjera i postupaka zaštite od onečišćenja velikih razmjera i to izravno, dobivanjem boljeg uvida u dinamiku mogućeg razvoja događaja ili neizravno, primjerice korištenjem predložaka pri uvježbavanju uklanjanja onečišćenja.

Konačno, u okviru daljnjeg rada nužna je izrada "kataloga" obalnog ruba kojim bi se utvrdili: 1) dijelovi koji se nastoje zaštititi od onečišćenja, 2) dijelovi obale (uvale) u kojima je moguće prikupljanje većih količina onečišćujuće tvari, te 3) preostali dijelovi obale.

Pozivne bilješke

1. Anderson, C.M., La Belle, R.P., *Estimated Occurrence Rates for Analyses of Accidental Oil Spills on the US Outer Continental Shelf*, Oil and Chemical Pollution, No. 6, 1990
2. Anderson, C.M., La Belle, R.P., *Comparative Occurrence Rates for Offshore Oil Spills*, Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 1, No. 2, 1994
3. Anderson, C.M., La Belle, R.P., *Update of Comparative Occurrence Rates for Offshore Oil Spills*, Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 6, No. 5/6, 2000
4. Etkin, D.S. *Worldwide Analysis of Oil Spill Cleanup Cost Factors*, *Proceedings*, Twenty-Third Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar, Environment Canada, Ottawa, Ontario, 2002.
5. *Selection Guide for Oil Spill Applied Technologies: Volume 1 - Decision-Making*, Scientific and Environmental Associates, Inc., 2002
6. *Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments*, American Petroleum Institute, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Coast Guard, U.S. Environmental Protection Agency, 2001
7. *Shoreline Countermeasure Manual – temperate coastal environment*, National Oceanic and Atmospheric Administration, US, 1992
8. *Offshore pollution Manual*, National Oceanic and Atmospheric Administration, US, 1998
9. Mjerenja Hrvatskog hidrografskog institute iz 1981. godine (od 06.veljače do 23. ožujka te od 07. srpnja do 8. kolovoza 1981).

Damir Zec
Vlado Frančić
Juraj Bukša

Scenario-based Evaluation of Oil Spill Clean-up Operations Effectiveness

Summary

The paper presents the outcomes of the project initiated at the county level for evaluation of the effectiveness and upgrading of the county organisational structure responsible for actions necessarily required in cases of major ship pollutions. In principle, the evaluation of effectiveness as well as possible organisational and other improvements have been based on emergency drills in respect of a model occurrence. Specifically, the paper presents the methodology of the development and selection of models meeting the requirement of being representative and allowing for numerical measurement of effectiveness. The choice of models has been based on a mixed approach where both the Worst Case Scenario and the Most Probable Scenario are appropriately used. For the purpose of the project, there are two Worst Case Scenario sub-groups minutely elaborated in the paper, i.e. the Maximum Environmental Damage Scenario and the Maximum Effort Scenario. Finally, based on the methodology developed, there follows the selection of the pollution occurrence models for evaluation of the effectiveness of the sea pollution protection system and clean-up operations within the area under the county competence as well as proposals for preliminary actions to improve the activities in respect of such models.

Key words: ship pollutions, numerical measurement, protection system.

Valutazione del livello di efficienza per affrontare l'inquinamento marino in base all'analisi di modelli

Summary

Nel lavoro si presentano i risultati di un progetto promosso dalla Contea litoraneo-montana per valutare il livello di efficienza e perfezionamento dell'organismo di intervento conteale istituito per casi di inquinamento causato da navi. In linea di massima, la valutazione del livello di efficienza ed organizzazione si basa sulla verifica delle capacità operative elaborate su una serie di modelli che simulano possibili occorrenze.

Viene illustrato in particolare il processo metodologico, la scelta dei modelli che adempiano i criteri di rappresentatività e si espone il metodo numerico di valutazione (misurazione) dell'efficienza.

La scelta dei modelli è inoltre dettata da un procedimento combinato che implica uno scenario di eventi di grave entità (Worst Case Scenario) e di uno scenario di eventi di alta probabilità (Most Probable Scenario).

Per esigenze progettuali vengono inoltre dettagliatamente elaborati due sottotipi di eventi di grave entità: il primo, di norma, è uno scenario di massimo danno all'ambiente (Maximum Environmental Damage Scenario), il secondo prende in considerazione il principio di massimo sforzo (Maximum Effort Scenario) sostenuto dai preposti servizi.

In fine, la scelta di modelli di casi di inquinamento, effettuata grazie ad un sofisticato procedimento metodologico, permette la valutazione del livello di efficienza del sistema di salvaguardia e neutralizzazione degli effetti di inquinamento marino nella regione della Contea litoraneo-montana. In base a questi modelli si fanno considerazioni ed avanzano proposte allo scopo di migliorare il livello di capacità operativa.

Parole chiave: inquinamento dalle navi, analisi numerica, sistema di salvaguardia.