

**Priročnik za ukrepanje
ob okoljskih nesrečah II**

**TEHNIKE ZA NADZOR
ONESNAŽEVANJA**



**RIVER SHIELD 5D189
INTERREG III B CADSES**



VSEBINA

1 UVOD	3
2 NADZOR ONESNAŽEVANJA POVRŠINSKIH VODA.....	4
3 ODSTRANJEVANJE ONESNAČEVAL IZ POVRŠINSKIH VODA ...	6
4 SANACIJA REČNIH BREGOV	8
5 ODSTRANJEVANJE ONSENAŽEVAL IZ TAL	10
6 ČIŠČENJE IN SANACIJA PODTALJA.....	12
7 PRILOGA.....	14

1 Uvod

Ta priročnik za ukrepanje ob okoljskih nesrečah je bil izdelan v okviru "River Shield" projekta, ki se sofinancira iz INTERREG IIIB CADSES programa pod referenčno številko 5D189.

Namen projekta je zaščita rek pred onesnaženjem zaradi industrijskih nesreč. Izvaja se v sodelovanju okoljevarstvenih institucij iz Grčije, Madžarske, Poljske, Češke republike, Slovenije in Bolgarije. River Shield projekt vključuje izmenjavo izkušenj ter prenos in razširjanje znanj. Med procesom izvajanja projekta bodo izdelane smernice dobrih praks in zaključna poročila. Glavne projektne dejavnosti in rezultati so predstavljeni na spletni strani www.rivershield.org.

Izdelani so bili trije priročniki za ukrepanje ob onesnaženjih zaradi industrijskih nesreč, ki ogrožajo predvsem reke. Tema prvega priročnika je pripravljenost in odziv na izredne razmere, drugi obravnava posebne tehnike za nadzor onesnaževanja, tretji priročnik pa je namenjen operativni podpori. Ta priročnik govori predvsem o tehnikah za nadzor onesnaževanja zaradi izlitijske nafte, kar so najpogostejše okoljske nesreče. Po EU zakonodaji o varstvu pri delu (SEVESO II Directive) so ogljikovodikova goriva, ki predstavljajo 40% nevarnih snovi, uvrščena v prednostno področje. Druge v vodi netopne nevarne snovi lahko obravnavamo na podoben način. Metode za obdelavo drugih (anorganskih, radioaktivnih, eksplozivnih...) nevarnih snovi so predstavljene v prilogi.

Tehnike za nadzor onesnaževanja delimo v tiste, ki se izvajajo takoj po nesreči in katerih cilj je zadrževanje širjenja onesnaženja in v kasnejše, katerih namen je zmanjšati posledice na najmanjšo mero in sanacija okolja. Dalje tehnike nadzora delimo glede na vrsto in lokacijo onesnaženega območja.

Vse zapisano v priročnikih in na splošno vsi rezultati in aktivnosti projekta odražajo mnenja River Shield partnerjev in nikakor ne Evropske komisije, ki le sofinancira projekt.

2 Nadzor onesnaževanja površinskih voda

Posledica razlitja nafte v tekočih vodah je hitro širjenje onesnaženja in stopnjevanje okoljskih posledic. Zato je nujno:

- pridobiti ustrezna sredstva za zadrževanje razlitja nafte;
- nemudoma izvajati pravilne tehnike za nadzor onesnaževanja.

Začetni ukrepi vključujejo izbiro ustrezne tehnike nadzora onesnaževanja in mesto intervencije. Izbrana tehnika in mesto morata omogočati zbiranje onesnaževala. Zato je potrebno upoštevati naslednje parametre:

Izbira mesta intervencije:

- lastnosti površinske vode, globina, širina in hitrost;
- možnost dostopa za osebje in tehnična sredstva;
- občutljivost bližnjega okolja in zaščitna zakonodaja.

Delo v počasi tekočih in mirnih vodah je lažje kot v hitro tekočih in razburkanih. Zato je bolje, da pregrade postavimo v širšem delu reke, kjer je hitrost toka manjša, kot v ozkih delih s hitrim tokom.

Izbira tehnike

Pritrjene in/ali plavajoče pregrade se uporabljajo predvsem za zajezitev širjenja razlite nafte. Pregrade morajo biti prilagojene globini, širini in hitrosti vode.

Lastnosti vodnega sprejemnika			Vrsta pregrade
Globina	Širina	Hitrost vode	
< 0.5 m	Katerakoli širina	Katerakoli hitrost	Pritrjena
0.5 - 1 m	≤ 5 m	≤ 0.5 m/sec	Pritrjena in/ali plavajoča
> 1 m	> 5 m	0.5 - 1.5 m/sec	Plavajoča

Pritrjene pregrade gradimo iz materialov, kot so:

- vreče zemlje ali peska, ki jih naložimo eno na drugo na dno vodnega sprejemnika;
- snopi slame, ki jih postavimo navpično enega na drugega v dve vzporedni vrsti;
- lesene plošče in grede postavimo na dno reke, nasprotno smeri toka;
- mreže iz absorpcijskega materiala od brega do brega, ki jih pritrdimo na drogove na bregovih in na dnu reke.

Pritrjene pregrade uporabljamo pri manjših globinah, ki ne presegajo 5 m. Delimo jih na pregrade, ki dovoljujejo pretok vode in tiste, ki tok vode zaustavijo. Zadnje je lažje zgraditi, vendar se pogosto zgodi, da se nafta prelije preko. Uporabljamo jih lahko torej le pri manjših pretokih. Vse pritrjene pregrade zahtevajo čvrsto postavitvev in pogoste preglede njihovega stanja.

Plavajoče pregrade so namenjene zaježitvi onesnaževala na površini tekoče vode. So predizdelane in obstajajo v različnih oblikah in velikostih. Uporabimo jih lahko za preusmerjanje toka onesnaževala, za zaščito občutljivih območij (prestrezne pregrade) in za odstranjevanje onesnaževala iz določenega območja (preusmeritvene pregrade).

Plavajoče pregrade povzročajo povečanje hitrosti vodnega toka in vrtnčenje. To pospeši mešanje nafte z vodo, pri čemer nekaj nafte uide. Ta pojav lahko zmanjšamo s potopitvijo pregrade le do 20% rečne globine.

Način postavitve plavajočih pregrad izberemo glede na hitrost rečnega toka. Navpično postavitvev uporabimo pri hitrostih manjših kot 0,3 m/s. Kotno postavitvev izberemo pri hitrostih med 0,3 in 1,2 m/s, kar zmanjša hitrost vode in usmeri onesnaževalo na zbirno mesto na rečnem bregu. Običajno postavimo dve plavajoči kotni pregradi. Postavitvev pregrad v obliki črke V uporabimo, če je hitrost vodnega toka večja od 1,2 m/s. Dolžina pregrade mora biti vsaj štirikrat večja od širine reke, da bi zagotovili odstranitev onesnaževala z obeh bregov reke.

3 Odstranjevanje onesnaževal iz površinskih voda

Tehnikam za nadzor onesnaževanja sledijo metode odstranjevanja onesnaževal, ki jih izvajamo v dveh korakih:

1. Odstranitev debelega sloja nafte s površine vodnega sprejemnika:
 - a. uporaba posnemalec na širokih rekah, skupaj s plavajočimi pregradami,
 - b. uporaba črpalk, ki vsesavajo nafto z vodne površine, če je tok počasen in miren.
2. Odstranitev tankega sloja nafte z vodne površine z uporabo naravnih ali umetnih absorpcijskih materialov, kot so slama, žagovina, suho listje ali specialni petrokemični proizvodi, kot sta polipropilen in poliuretanska pena. S temi materiali prekrijemo preostalo nafto in jih kasneje pobereemo z običajnimi orodji.

Izbira **oljnega posnemalca** je odvisna od lastnosti vodnega sprejemnika, viskoznosti onesnaževala in specifičnih delovnih parametrov posnemalca.

- Posnematci, ki zadržujejo nafto, imajo ščetke, kolute, vrvi itd., ki so narejeni iz materialov, ki zadržijo onesnaževalo. Kasneje onesnaževalo odstranimo iz zadrževalnih površin posnemalca in uskladiščimo. Taki posnematci so učinkoviti pri tankih slojih onesnaževala in v vodotokih z naplavinami.
- Posnemalec v obliki vrše deluje z majhno prilagodljivo pregrado, ki dovoljuje tok nafte nad svojim robom v zbirni bazen. Nameščen je na plavajoči napravi, ki jo dvignemo z ročno upravljanim žerjavom. Njihova uporaba je lahka in učinkovita za onesnaževala različnih viskoznosti.
- Hidrodinamični posnematci uporabljajo hidrociklon naravnega toka ali naprave za umetni dotok mešanice vode in nafte. Delovanje temelji na nastavitvi plošče, ki nafto potisne nad vodo, kjer se jo nato odstrani.

- Vrvni posnemalci delujejo na osnovi premičnih pasov absorpcijskih materialov, medtem ko tračni posnemalec uporablja plavuti, ki z delovanjem pod kotom zbirajo nafto. Odstranjena mešanica nafte in vode se zbira v usedalni bazen, kjer se nafta dokončno odstrani iz površine vode. Ti usedalniki so učinkoviti pri visokih hitrostih vode. V rekah z globino manjšo od 0,3 m je priporočljiva raba vravnega posnemalca.

Obstajajo različne vrste **sesalnih črpalk**: rotacijske-centrifugalne, polžne, batne in membranske. Izbira najustreznejše naprave je odvisna od vrste vodnega sprejemnika, viskoznosti nafte, prisotnosti naplavin, nastajanja vodno-oljne emulzije in specifičnih delovnih lastnosti črpalke.

4 Sanacija rečnih bregov

Izbira ustrezne tehnike sanacije je odvisna od:

- upoštevanja zdravja in varnosti osebja;
- zgradbe rečnih bregov – obstoj skal, kamnov, vrsta prsti itd.;
- količine nakopičene nafte;
- globine pronicanja nafte v bregove;
- dostopnosti za osebje in opremo;
- ekološke občutljivosti območja;
- trenutnih vremenskih razmer.

Proces sanacije prične z odstranjevanjem debelih nanosov nafte. Temu sledi čiščenje območja in stvari, ki so prekrite z nafto. Na koncu odstranimo še rahle sledi onesnaženja. Sanacijske metode vključujejo fizične, biološke in kemične postopke.

Fizični postopki vključujejo: naravno razgradnjo, kjer je dostop težak, ali če bi drugi postopki povzročili še večje težave; uporabo absorpcijskih materialov, ki so učinkoviti, če nafta ni zalepljena na druge površine; ročno odstranjevanje onesnaženih snovi, kjer je onesnaženje omejeno; uporabo specialnih vozil na peščenih in prodnatih obrežjih; sekanje in odstranjevanje kontaminiranih rastlin; izpiranje pod nizkim pritiskom s toplo vodo na kamnitih in skalnatih obrežjih; izpiranje skal, kamnov in umetnih objektov pod visokim pritiskom; uporabo sesalno-tlačnih cistem za stoječo nafto; uporabo ročnih orodij, če je onesnaženje omejeno in so druge tehnike neuporabne; stroje za zemeljska dela, če je dostop možen in je potrebno odstraniti velike količine materiala; peskanje za odstranitev naftne prevleke s trdih površin; zažiganje, kjer so količine dovolj velike in ni težkih olj ali emulzij; ta postopek je potrebno pazljivo spremljati. V večini primerov imajo fizični postopki majhne okoljske posledice in so napogosteje uporabljene remediacijske tehnike.

Kemične postopke lahko izvajamo samo z dovoljenjem pristojnih organov oblasti. Obstajata dve vrsti kemičnih snovi, ki jih uporabljamo kot čistila: topne, ki se raztopijo v vodi za čiščenje in netopna topila, ki jih uporabimo 15 do 30 minut pred izpiranjem z vodo. Izbira ustrezne kemikalije temelji na možnosti, da lahko zberemo odpadno vodo. Uporabe kemikalij pa se poslužimo le kot zadnje možnosti sanacije onesnaženja.

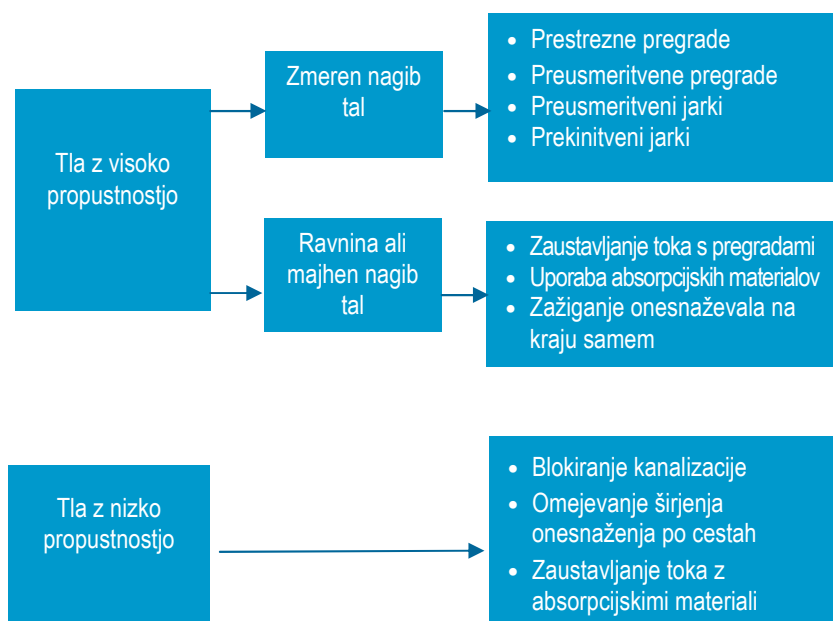
Biološke postopke običajno izvajamo v zadnji fazi sanacije, ker jih ne moremo uporabiti za stoječo nafto ali nakopičen katran. To metodo uporabimo, če nafta ostane na območju in je ne odnesejo bližnje vode. Uporabjamo dve vrsti gnojil: tekoče snovi, ki zadržujejo nafto in jih razpršimo na območje po predhodnem segrevanju na približno 30°C, da so bolj tekoče; in hranilne snovi v obliki peletov, ki jih potresemo po onesnaženem območju z roko ali ustrezno vrtnarsko opremo. Potresanje gnojil ponavljamo glede na vrsto onesnaženja in gnojilo. Okoljske posledice so majhne, če je uporaba pravilna. Biološke metode uporabljamo, ko drugih postopkov ne moremo izvesti.

5 Odstranjevanje onesnaževal iz tal

Onesnaženje zaradi industrijske nesreče lahko ogrozi vode in tla. V obeh primerih je potrebno onesnaženje nadzorovati. Parametri, kot so vrsta zemljišča, nagnjenost tal in obseg izpusta, igrajo ključno vlogo pri načrtovanju ustrezne odzivne operacije. Glavni cilji ukrepanja so:

- pravočasno ukrepanje in omejitev izpusta blizu vira;
- zdravje in varnost osebja in zmanjšanje možnosti požara;
- preprečevanje onesnaževanja površinskih in podzemnih voda, drugih občutljivih okoljskih sprejemnikov in kanalizacije;
- zaščita okolja in bližnje infrastrukture.

Postopki za **omejevanje onesnaževanja** obsegajo metode, ki zberejo onesnaževalo na omejenem območju, ki je bilo ustrezno pripravljeno za ta namen. Spodnji grafikon prikazuje glavne smernice:



Učinkovitost zgoraj omenjenih metod zmanjšuje nedostopnost območja nesreče, čas, potreben za njihovo delovanje, težavnost in skalnatost zemljišča, okoljske posledice izkopavanj in prisotnost naravnega vodnega toka.

Tehnike **zbiranja onesnaževal** vključujejo uporabo strojev in opreme za izkopavanje in odstranjevanje kontaminirane zemlje, zbiranje stoječe nafte v vakuumske cisterne, črpalke in posnemalec, absorpcijo onesnaževala z umetnimi in naravnimi materiali, izpiranje zemlje z vodo pod pritiskom in poplavljanje območja z vodo, da se onesnaževalo dvigne.

Uporaba teh metod ima lahko pomembne okoljske učinke, kot na primer: motenje flore in favne, ustvarjanje velikih količin odpadkov (kontaminirana zemlja, vode, absorpcijski materiali) in širjenje onesnaženja na prej neogrožena območja. Zato moramo tehnike zbiranja onesnaževal izbirati in izvajati pazljivo.

6 Čiščenje in sanacija podtalja

Onesnaženje podtalja lahko povzroči vertikalno prodiranje onesnaževala iz površine, kontaminirane podtalne vode in puščanje podzemnih cevovodov. Tehnike nadziranja in sanacije morajo biti uporabljene predvsem v prvem primeru.

Obdelovanje zemlje in obdelava tal se izvajata za zmanjševanje koncentracije onesnaževal z biorazgradnjo. Uporaba te metode je enostavna, poceni in učinkovita za organske snovi, ki se počasi razgrajujejo. V ugodnih pogojih zahteva malo časa, od šestih mesecev do dveh let, vendar zahteva velike površine za izvajanje. Prisotnost težkih kovin lahko prepreči razvoj mikroorganizmov. Hlapljive snovi utegnejo prej izhlapeti, kot se biorazgraditi, kar lahko povzroči onesnaženje zraka zaradi izparin in prahu. V takem primeru je potrebno napraviti neprehodno podplast za zaustavitev uhajanja nafte.

Biokupi so proces podoben obdelovanju zemlje na izkopanih tleh. Ima enake prednosti in slabosti kot obdelovanje zemlje, vendar je zanj potrebno manj prostora. Težko pa je doseči več kot 95% zmanjšanje, predvsem če so koncentracije nafte velike.

Bioventilacija pospešuje delovanje mikroorganizmov v tleh z dovajanjem zraka. Za uporabo je potrebno malo časa, običajno je postavitve opreme enostavna, uporablja se lahko v območjih s težkim dostopom in je relativno poceni. Visoke koncentracije nafte v tleh so lahko strupene za mikroorganizme. Zračjenja pa ne moremo izvajati v težko propustnih tleh. Uporablja se lahko le v sloju zemlje do podtalne vode. Učinkovitost te metode je včasih omejena in pogosto so potrebni dodatni ukrepi.

Pri izvajanju zgoraj navedenih tehnik se ustvarjajo naftni odpadki, rezultati pa so neenaki zaradi različnosti tal v kontaminiranih območjih. Pri izbiri najbolj primerne tehnike si lahko pomagamo z razlikovanjem naslednjih primerov:

Primer 1: Razdalja med linijo, do koder je v zemljo prodrlo onesnaženje in gladino podtalnice je manj kot 1 m. Če je na razpolago dovolj prostora, uporabimo tehniko obdelovanja zemlje, če pa je prostor omejen, uporabimo biokupe.

Primer 2: Razdalja med linijo, do koder je v zemljo prodrlo onesnaženje in gladino podtalnice je od 1 do 3 m. Uporabimo tehniko bioventilacije skozi vrtine za dovod zraka.

Primer 3: Razdalja med linijo, do koder je v zemljo prodrlo onesnaženje in gladino podtalnice je več kot 3 m. Uporabimo tehniko bioventilacije skozi vrtine za dovod zraka.

Praviloma mora biti zemlja s koncentracijo nafte višjo od 50.000 PPM izkopana in odstranjena, ne glede na uporabljeno tehniko biorazgradnje.

Matrika postopkov remediacije onesnaženega okolja

	Nehalogenirane HOS	Halogenirane HOS	Nehalogenirane PHOS	Halogenirane PHOS	Goriva	Anorganske snovi	Radioaktivne snovi	Eksplozivne snovi
Prst, sedimenti, živa skala in blato								
In-situ biološka obdelava								
Bioventilacija	✓✓	~	✓✓	X	✓✓	X	✓✓	X
Stimulirana bioremediacija aerobna / anaerobna	✓✓	✓✓	✓✓	~	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Fitoremediacija	✓	✓	✓	~	✓	✓	X	X
In-situ fizikalna in kemična obdelava								
Kemična oksidacija	✓	✓	X	✓	X	~	X	✓
Elektroseparacija	✓	✓	✓	✓	X	✓✓	✓	X
Fizikalna separacija	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X
Izpiranje prsti	✓✓	✓✓	✓	✓	✓	✓✓	X	X
Vaporizacija	✓✓	✓✓	X	X	✓✓	X	X	X
Solidifikacija / stabilizacija kemična / s cementom	X	X	✓	✓	X	✓✓	✓✓	X

In-situ termična obdelava								
Termična obdelava	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	X	X
Ex-situ biološka obdelava								
Biokupi	✓✓	✓✓	✓	~	✓✓	~	X	X
Kompostiranje	✓	✓	✓	~	✓✓	X	X	✓✓
Obdelovanje zemlje	✓	✓	✓✓	✓	✓✓	X	X	~
Uporaba gnojevke	✓	✓✓	✓✓	~	✓✓	~	X	✓✓
Ex-situ fizikalna in kemična obdelava								
Kemična ekstrakcija Kislina / topila	✓	✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	✓	X
Kemična oksidacija	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	X	✓
Dehalogenizacija	X	✓✓	X	✓✓	X	X	X	✓
Separacija magnetna / fizikalna	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X
Izpiranje tal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
Solidifikacija / stabilizacija	X	X	✓	✓	X	✓✓	✓✓	X
Ex-situ termična obdelava								
Dekontaminacija z vročim zrakom	X	X	X	X	X	X	X	X
Sežiganje	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	X	✓✓
Odprto sežiganje / odprta detonacija	X	X	X	X	X	X	X	✓✓
Piroliza	✓	✓	✓✓	✓✓	✓	X	X	X
Termalna desorpcija visoka / nizka temperatura	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	X	✓✓

Zadrževanje								
Prekritje odlagališča	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Alternativna prekritja odlagališča	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Druge obdelave								
Izkopavanje, ponovna uporaba in ex-situ odlaganje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Podtalnica, površinske vode in izcedne vode								
In-situ biološka obdelava								
Stimulirana biodegradacija	✓✓	~	✓✓	~	✓✓	~	X	✓
Naravno zmanjševanje onesnaženja	✓✓	✓	✓	✓	✓✓	X	X	X
Fitoremediacija	✓	✓	✓	✓	✓	~	X	X
In-situ fizikalna in kemična obdelava								
Razprševanje	✓✓	✓	✓	✓	✓✓	X	X	X
Bio absorpcija	✓	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	X	X
Kemična oksidacija	✓	✓	X	✓	X	~	X	✓
Smerne vrtine	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Dvofazna ekstrakcija	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	X	X
Termična obdelava	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	X	X
Hidroseparatorija	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
Odstranjevanje zemljin	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X
Pasivne / reaktivne pregrade	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	~	X	✓✓

Ex-situ biološka obdelava								
Bioreaktor	✓✓	✓✓	✓✓	~	✓✓	X	X	✓✓
Rastlinska čistilna naprava	✓	✓	✓	~	✓	✓✓	X	✓✓
Ex-situ fizikalna in kemična obdelava								
Adsorpcija / absorpcija	✓	✓	✓	✓	X	✓✓	~	X
Oksidacijski procesi · UV fotoliza · UV oksidacija	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	~	~	✓✓
Ekstrakcija z vpihavanjem zraka	✓✓	✓✓	X	X	X	X	X	X
Granuliran aktivni ogljik	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	~	X	~
Izčrpavanje podtalnice	✓	✓	✓	~	✓	✓	X	✓
Ionska izmenjava	X	X	X	X	X	✓✓	✓	X
Precipitacija / koagulacija / flokulacija	X	X	X	X	X	✓✓	✓	X
Separacija destilacija / filtriranje kristalizacija / membranski procesi reverzna osmosa	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	~	~	X
Razprševanje vode	✓✓	✓✓	X	X	X	X	X	X
Zadrževanje								
Fizične pregrade zaščitni zidovi/ bio pregrade pregradne plošče	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	X	✓✓
Injiciranje skozi vrtine	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Razlaga simbolov

✓✓	Velika uporabnost
✓	Zmerna uporabnost
~	Uporabnost odvisna od onesnaževala
X	Neuporabnost



RIVER SHIELD 5D189
INTERREG III B CADSES

